ELABORATION D'UN MODELE DE SIMULATION DU BILAN HYDRIQUE SUR SOL ANDIQUE

M. VAKSMAN

Mars 1988

ELABORATION D'UN MODELE DE SIMULATION DU BILAN HYDRIQUE SUR SOL ANDIQUE

M. VAKSMAN

Mars 1988

Résumé

L'IRAT dispose à la Réunion d'un réseau d'essais multi-locaux développés sur des sols d'origines volcaniques. Les propriétés particulières de ces sols ont motivé une étude de leur fonctionnement hydrique avec une orientation agronomique liée aux besoins en eau des cultures.

Les sols de la Réunion présentent des caractères andiques dont les propriétés particulières vis-à-vis de l'eau sont encore mal connues. Ce travail s'est orienté vers la détermination des principaux mécanismes dont dépend le devenir de l'eau au champ. L'utilisation d'un humidimètre neutronique a permis d'étudier assez précisément l'évolution des stocks hydriques dans le temps et de mettre au point un modèle d'estimation de l'évapotranspiration réelle en fonction de l'humidité du sol.

Le modèle de simulation du bilan hydrique, réalisé à partir de ces données, permet d'étudier l'évolution des stocks au cours d'une campagne. Il s'agit d'un outil de diagnostic, tant au niveau méthodologique pour l'aide apportée à l'interprétation des mesures neutroniques qu'au niveau agronomique sur les rendements.

I - INTRODUCTION

Le dispositif expérimental mis en place par l'IRAT à la Réunion consiste en un réseau multilocal d'essais d'irrigation au goutte à goutte sur canne à sucre. Parmi les objectifs qui ont été assignés à ce programme, retenons le zonage des besoins en eau et les normes de l'irrigation au goutte à goutte.

Il s'est rapidement avéré que les sols sur lesquels ces essais ont été développés avaient des caractéristiques très particulières en regard de leur comportement hydrodynamique.

Afin de comprendre les phénomènes régissant leurs spécificités hydriques, l'IRAT a commencé des travaux d'étude des sols à caractère andique.

Le choix de la méthodologie employée est conditionné par des caractéristiques porales spécifiques de ces sols qui leurs confèrent de fortes humidités, dont une grande partie est difficilement disponible pour les plantes, et, une considérable hétérogénéïté spatiale des paramètres physiques.

Face à ces particularités, les méthodes classiques d'évaluation de l'état hydrique du sol s'avèrent inefficaces, de sorte qu'il est souvent difficile au praticien, d'évaluer les besoins en eau des plantes.

Le travail présenté ici s'est orienté vers la détermination des principaux mécanismes des transferts d'eau pour aboutir à l'élaboration d'un modèle de simulation susceptible de reproduire les observations et, de permettre ainsi d'aboutir à terme à des plannings d'irrigation raisonnés. [6]

II - LE MILIEU PHYSIQUE

II - 1 - LE CLIMAT

Le climat de l'île de la Réunion est tropical, soumis à l'influence des alizés. On distingue deux saisons, l'une chaude et humide de décembre à avril et l'autre fraîche et relativement sèche de mai à novembre.

Sous l'effet des alizés et d'un relief très contrasté (l'île culmine à plus de 3000 mètres d'altitude), s'individualisent une côte au vent excessivement arrosée et une côte sous le vent plus sèche. Dans chacune de ces régions, les paramètres climatiques évoluent en fonction de l'altitude (gradient thermique de 0,6 à 0,7°C/100 m).

La carte des isohyètes moyennes annuelles présentée en figure 1 doit être abordée avec précaution. Il est essentiel de souligner la grande variabilité interannuelle des précipitations liée au nombre et à l'importance des dépressions cycloniques qui passent au large de l'île en été.

En conséquence, l'utilisation des moyennes pluviométriques n'a qu'un intérêt limité en agriculture, les problèmes étant plus liés à la répartition des pluies qu'à la valeur totale de la pluviométrie.

Le site étudié dans cet exposé, se situe à l'altitude de 320 mètres, au sud de l'île, dans la région de Saint-Pierre. La pluviométrie annuelle varie autour de 1200 mm et la saison sèche est toujours très marquée. La culture dominante de cette zone

est la canne à sucre.

II - 2 - LES SOLS

Généralités : L'évolution pédogénétique des sols de l'île est sous la double dépendance d'un régime pluviométrique à caractère cyclonique et de la présence d'un substrat volcanique pyroclastique finement divisé (cendres et cinérites). Ces deux facteurs contribuent à provoquer une altération très rapide du substrat et la formation de produits secondaires peu ou mal cristallisés regroupés sous le terme général de "substances amorphes". Les caractéristiques des sols de l'île sont très variables sur de courtes distances. Ces variations peuvent être attribuées à l'âge et au type de la roche mère mais sont surtout très régulières en fonction de l'altitude et donc du climat. Ce type de gradient altitudinal se rencontre fréquemment dans de nombreux pays volcaniques (COLMET DAAGE et LAGACHE, 1965 ; COLMET DAAGE et al., 1965, 1967 (1 et 2), 1969, 1970 ; GRANDJEAN, 1983...).

Le site d'étude : Le travail cité dans le cadre de cet exposé est realise sur un sol brun-andique développé sur cinérites en couche épaisse (TERRE-ROUGE, 320 m d'altitude).

L'évolution du sol de ce site combine des caractères ferralitiques (évolution chimique, importance de la fraction fine) et des caractères andiques qui s'extériorisent au niveau morphologique par une structure continue dans l'horizon B, des masses volumiques relativement faibles associees à de fortes capacités de rétention et par la présence de reliques cendreuses en cours d'altération.

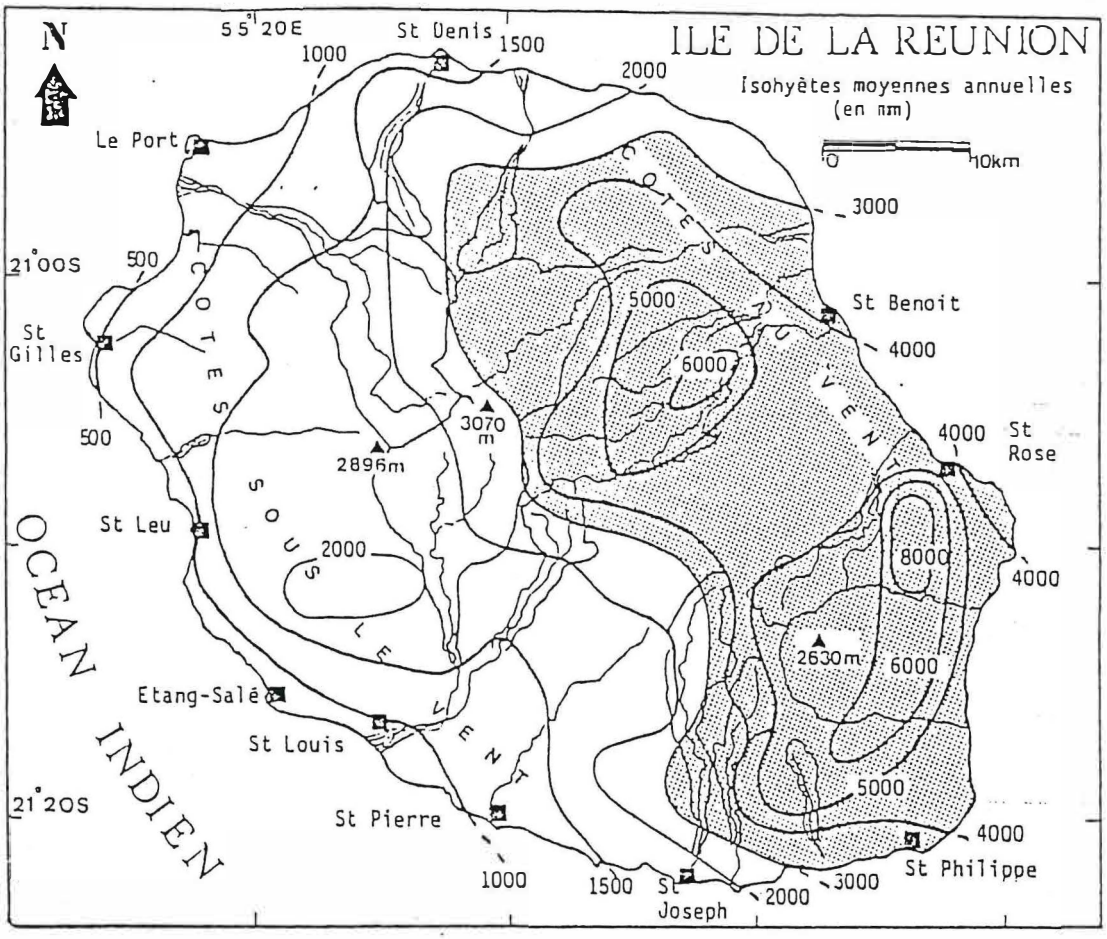
Le sol étudié, de couleur brun-rouge (10YR77), est acide (pH 4.7) et assez pauvre en matière organique (2 %). La fraction granulométrique argileuse (< 2 µm) est toujours importante et peut dépasser 70 % de la terre fine. Minéralogiquement, les argiles dominantes sont l'halloysite sur tout le profil et la métahalloysite en surface. La perméabilité à saturation est bonne à tous les niveaux (100 mm/h au double anneau de MUNTZ).

Depuis longtemps mis en culture, ce sol comprend sur les premiers 40 cm un horizon Ap (perturbé) formé d'agrégats polyédriques anguleux. Dans cet horizon, les teneurs en eau sont de l'ordre de 0,3 à 0,4 kg/kg, tandis que les masses volumiques apparentes sèches varient autour de 1 g/cm^3. Le développement racinaire est important et relativement homogène jusqu'à la limite d'apparition de l'horizon B.

La discontinuité entre les hozizons A et B est très nette, la structure devient brusquement continue, d'aspect massive à l'état humide et friable à l'état sec. Les masses volumiques sont plus faibles (entre 0,85 et 1 g/cm^3) et les teneurs en eau souvent supérieures à 0,5 kg/kg.

A la Réunion, ce type de faciès est commun à de nombreux sols de moyenne altitude (200 à 500 m). Il peut être considéré comme un sol de transition entre les sols ferralitisés du littoral et les andosols d'altitude. Ce sol est représentatif d'une vaste zone cultivée en canne à sucre et couramment irriguée, c'est pourquoi il a été retenu pour cette étude du fonctionnement hydrique lié à l'irrigation.

Figure 1 : Carte des isohyètes moyennes annuelles de l'île de la Réunion d'après ROBERT, 1985 et CLERC, 1987



III - METHODOLOGIE

Etant donné la forte variabilité spatiale des humidités, il n'est pas possible à partir de mesures ponctuelles de dissocier les variations spatiales et les variations saisonnières de teneur en eau. [4]

Si l'analyse de l'humidité d'un échantillon de sol ne peut être interprétée en terme de disponibilité de l'eau pour la plante, la sonde à neutrons permet la mesure des teneurs en eau de façon répétitive sur le même échantillon. Or, on met en évidence (cf. III.6.1) que l'hétérogénéïté spatiale des humidités ne se représente pas sur les mesures de bilans puisque les humidités prises en compte relèvent de volumes d'eau susceptibles de se déplacer sous l'effet des contraintes hydriques.

Le site expérimental (TERRE-ROUGE - altitude 320 mètres) est équipé de tubes d'accès pour la sonde à neutrons. Chaque parcelle (25 x 15 m) comporte trois tubes et une série de 5 tensiomètres. Le site est équipé d'une station météorologique automatique de type CIMEL qui donne accés aux données necessaires au calcul de l'évapotranspiration potentielle selon la formule de PENMAN. [2]

III - 1 - MODELISATION DU BILAN HYDRIQUE

Les mesures neutroniques sont, en général, discontinues, de sorte qu'il est délicat de vouloir en tirer directement les termes du bilan hydrique. Le cycle de l'eau au champ dépend de processus complexes au niveau des relations entre le sol, la plante et l'atmosphère. La simulation du bilan hydrique est une démarche simplificatrice dont le but est de permettre a l'utilisateur du modèle d'aborder le plus aisément possible le devenir de l'eau au champ. La réalisation d'un modèle consiste à identifier les mécanismes importants et à les décrire par l'intermédiaire d'une équation ou d'un équivalent physique.

La méthode agrométéorologique la plus simple pour évaluer les conditions d'alimentation hydrique d'une culture consiste à effectuer le bilan potentiel (Pluie - ETP). Ce bilan ne représente qu'une évaluation simplifiée de la réalité car il ne prend pas en compte le rôle de réservoir que joue le sol.

Les modèles utilisés pour étudier le bilan hydrique sont parfois complexes et tentent de décrire précisément les phénomènes. En matière d'organisation, on s'intéresse essentiellement à l'évolution du stock d'eau dans le sol afin d'optimiser les dates et les doses d'apport d'eau. Les modèles utilisés seront, par conséquent, plus simples car le gain de précision est souvent illusoire face aux autres incertitudes (doses apportées, réserve utile,...).

Le sol est représenté par un réservoir qui se vide et se remplit en fonction des épisodes pluvieux, des irrigations et de la demande évaporative. L'évolution des stocks est calculée

par l'intermédiaire de l'équation traditionnelle du bilan hydrique :

$$DS = P + I - Dr - Ru - ETR$$

ou DS est la variation de stock en eau du sol (mm),
P est la pluie utile (mm),
I est la dose d'irrigation (mm),
Dr représente les pertes par percolation (mm),
Ru représente le ruissellement (mm),
ETR est l'évapotranspiration réelle de la culture (mm).

Connaissant les caractéristiques du sol et de la plante, cette équation permet d'étudier l'évolution de la réserve en eau du sol par l'intermédiaire des données climatologiques.

A partir d'un stock hydrique initial au jour j (S_j), on calcule le stock au jour j + 1 (S_{j+1}) par la relation récurrente :

$$S_{j+1} = S_j + P_{j+1} + I_{j+1} - Dr_{j+1} - ETR_{j+1} \quad R_{j+1}$$

où P_{j+1}, I_{j+1}, Dr_{j+1}, ETR_{j+1}, Ru_{j+1} sont respectivement les pluies, les irrigations, le drainage , l'évapotranspiration réelle et le ruissellement du jour j+1.

La réalisation de la simulation consiste à répéter cette opération chaque jour et à tracer l'évolution des stocks.

Sous canne à sucre, sur le site étudié, le ruissellement est en général très réduit, ce qui ramène l'élaboration du modèle à la détermination des <u>processus de drainage</u> (Dr) et de <u>prélèvements racinaires</u> (ETR).

III - 2 - METHODE D'ETUDE DES CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES

Les caractéristiques hydrodynamiques ont été étudiées par la méthode du drainage interne (HILLEL et al, 1972). Le sol est amené à un état proche de la saturation puis couvert d'une bâche plastique et de terre afin de limiter les échanges d'eau et de chaleur avec l'atmosphère.

La surface du sol se trouve ainsi dans des conditions de de plan de flux nul ; c'est-à-dire que le débit Q à travers le plan de côte Z = O est nul.

La loi de DARCY généralisée aux sols non saturés permet alors de calculer les transferts d'eau à travers un plan de profondeur Z

$$Q = - K (h) \frac{dH}{dZ}$$

où $\frac{dH}{dZ}$ est le gradient de charge

La sonde à neutrons nous permet d'obtenir la variation de stock, en fonction du temps (Q), et les tensiomètres le gradient de charge hydraulique $\frac{dH}{dZ}$

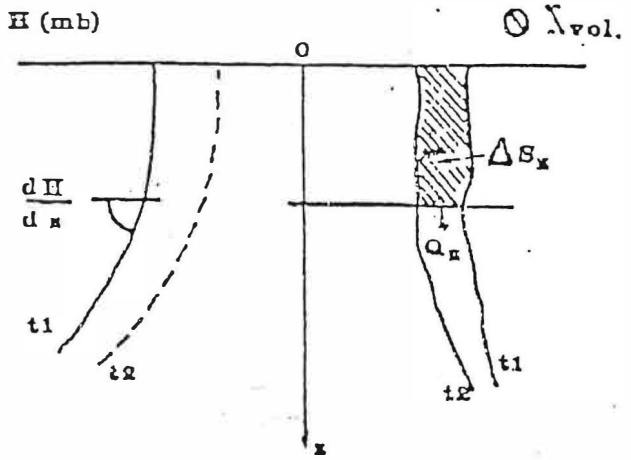


Figure 2 : Principe de calcul de la conductivité hydraulique
a. détermination du gradient de charge
b. détermination du flux

La conductivité peut alors être calculée par :

$$K = (ds/dt) \ / \ (dH/dZ)$$

On voit donc que la simple connaissance de K (h) en un site permet de calculer aisément les flux en fonction du gradient de charge.

L'étude de la dynamique de ressuyage du sol et l'évolution des profils tensiométriques permet en outre d'établir la courbe de conductivité hydraulique d'un sol non saturé ainsi que le stock maximal que le sol peut retenir. [5]

III - 3 - METHODE D'ETUDE DES PRELEVEMENTS RACINAIRES

L'étude de la dynamique de l'extraction racinaire est réalisée par un suivi précis de l'évolution des profils hydriques. En effet, si la sonde à neutrons permet de quantifier les variations de stocks, elle ne donne, en première analyse, que des renseignements peu précis sur la dynamique de fonctionnement du système sol-plante-atmosphère.

Pour une tranche de sol, la consommation hydrique de la plante, dépend de la densité du système racinaire, de l'âge de la plante et du type des racines, des caractéristiques hydrodynamiques du sol et de l'humectation des autres horizons.

La sonde à neutrons ne permet pas de distinguer chacun de ces facteurs mais elle donne une assez bonne image de leurs interactions.

La méthode employée consiste à isoler des périodes suffisamment sèches pour pouvoir négliger le drainage et donc, assimiler les variations de stocks mesurées par la sonde à l'évapotranspiration réelle (ETR). Ce type de situation se rencontre fréquemment en saison sèche et l'absence de percolation d'eau en profondeur est vérifiée par tensiométrie.

Sur chacune des périodes sèches, nous isolons des couples de mesures pour lesquels la variation de stock est suffisamment grande par rapport aux incertitudes liées à la méthode neutronique. Entre deux mesures, nous disposons

- de la variation de stock DS qui est mesurée,
- de l'ETP cumulée (ΣETP) qui est calculée,
- du stock moyen de l'horizon considéré (Smoy), sommé depuis la surface jusqu'à la côte Z.

En l'absence de drainage, le rapport DS/ΣETP est une évaluation du rapport ETR/ETP.

IV - RESULTATS ET DISCUSSION

IV - 1 - CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES

Les courbes de rétention (succion-humidité volumique) sont présentées en figure 3. La faible gamme de succion que le tensiomètre aborde ne permet pas d'évaluer la réserve utile dans sa totalité. Toutefois, ces courbes montrent que pour une même humidité, l'eau de l'horizon profond ($>$ 50 cm) est retenue sous une succion plus forte et, est donc moins disponible (courbe décalée vers les fortes humidités). Il s'agit là d'une propriété liée aux caractères andiques plus prononcés dans les horizons profonds.

Les courbes de conductivité hydraulique en fonction de la succion montrent un comportement en apparence de type sableux (figure 4).Les mouvements de l'eau sont d'abord très rapides et deviennent très vite négligeables lorsque le sol s'assèche. Cette décroissance rapide de la courbe de conductivité rend délicate l'application de la loi de DARCY dans ce type de milieu. Par ailleurs, l'erreur relative sur le calcul devient trop importante par rapport aux quantités d'eau mises en jeux. On peut toutefois conclure qu'à la suite d'une forte pluie, l'eau excédentaire aura tendance à percoler très rapidement.

Par conséquent, au niveau du modèle, on peut considérer qu'à la suite d'une forte pluie le drainage est immédiat et correspond à l'excès d'eau par rapport à la capacité de rétention du sol.

Le stock maximum ainsi déterminé a été de 490 mm sur 1 m de profondeur.

Figure 3 : Courbes de rétention (méthode tensioneutronique sur les horizons Ap et B du site de Terre-Rouge

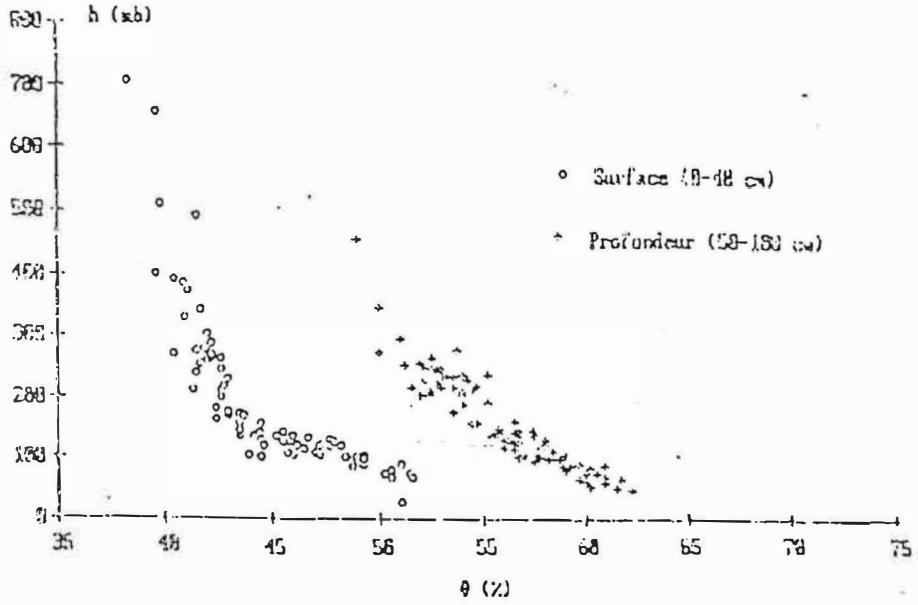
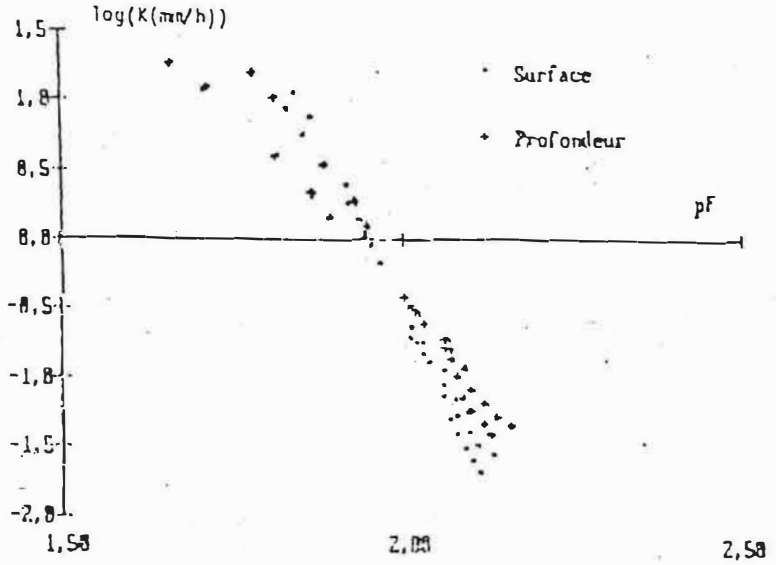


Figure 4 : Courbes de conductivité hydraulique en fonction du pF sur le site de Terre-Rouge.

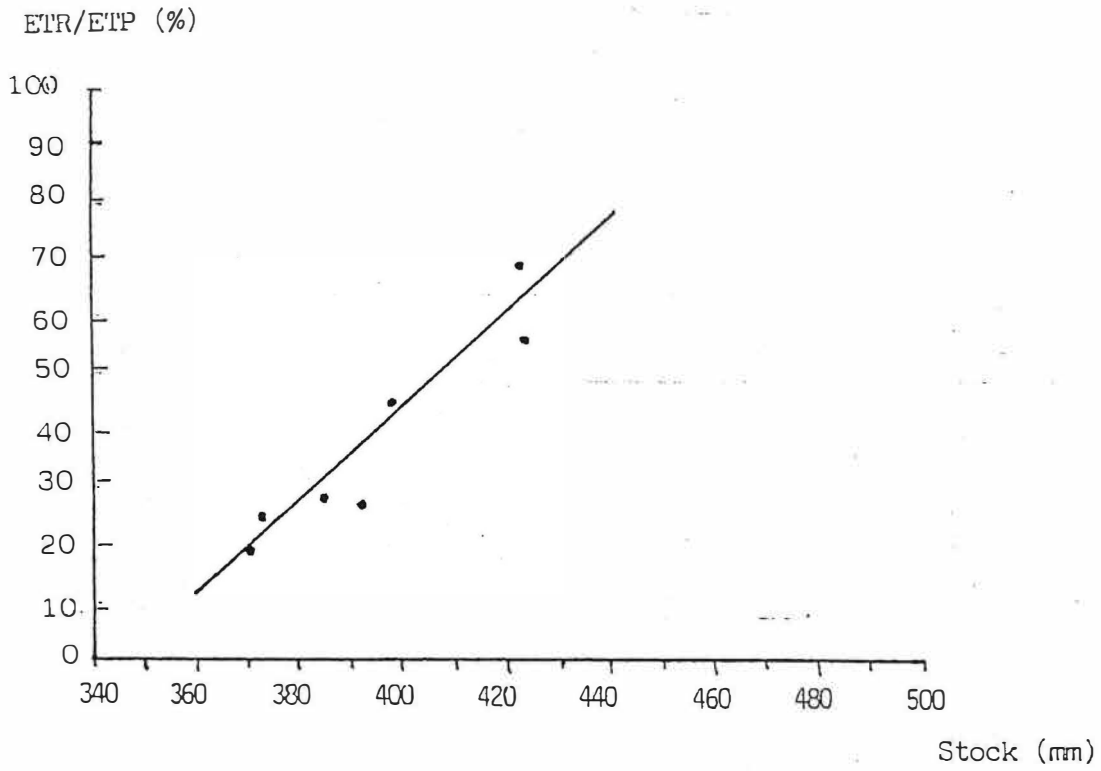


IV - 2 - PRELEVEMENTS RACINAIRES

Le suivi de quatre périodes sèches, a permis d'obtenir sept points de la relation ETR/ETP = f(Stock). La figure 5 donne la relation pour une profondeur de 1 m, on voit que dans la gamme des teneurs en eau étudiée, un modèle linéaire suffit à expliquer l'atténuation de l'évapotranspiration avec l'assèchement. La valeur instantanée du rapport ETR/ETP s'exprime donc en fonction du stock hydrique par la formule :

$$\frac{ETR}{ETP} = 0,83.Stock\ (mm) - 289$$

Figure 5 : Relation ETR/ETP en fonction du stock hydrique (Smoy) sur une profondeur de 1 mètre



IV - 3 - ORGANIGRAMME DU PROGRAMME DE SIMULATION

IV - 3 - 1 - Evaluation des prélèvements racinaires

Le modèle de prélèvement racinaire est étendue pour les fortes humidités en considérant que l'alimentation hydrique devient optimale. Le rapport ETR/ETP prend alors la valeur du coefficient cultural Kc de la plante pour la période considérée.

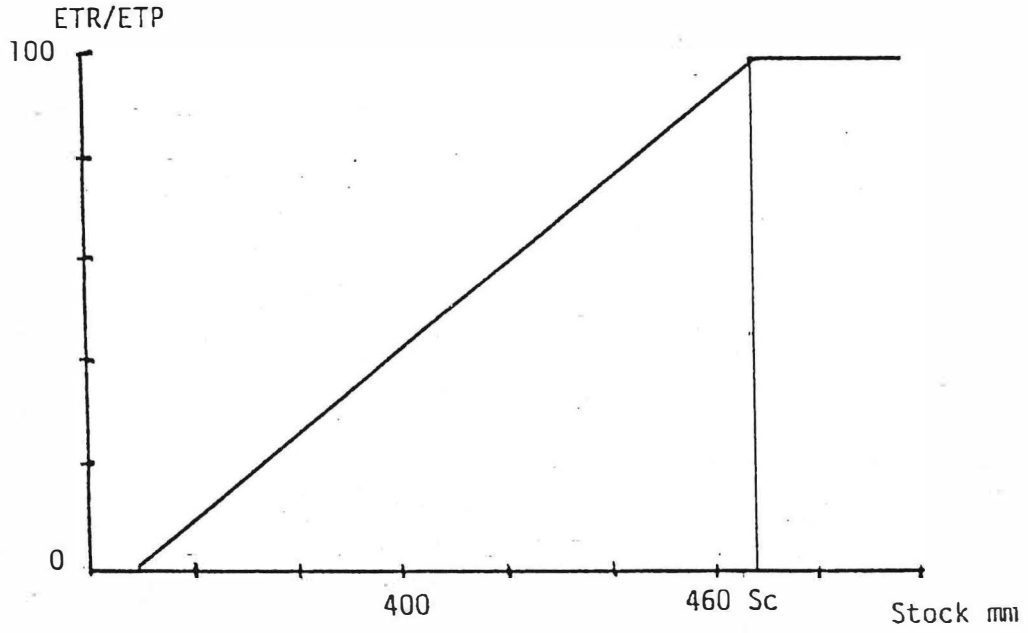
Le point critique (Sc), qui sépare le stock hydrique en un domaine facilement utilisable et un domaine difficilement utilisable, peut s'interpréter comme le seuil de régulation stomatique. Ce seuil varie en fonction de la nature du sol et du type de culture pratiquée. Le graphique de la figure 6 représente ce modèle; le rapport ETR/ETP décroit linéairement

de Kc à 0 lorsque le stock passe en-dessous du point critique. On a donc :

$$ETR/ETP = Kc \quad \text{si stock} > \frac{Kc-b}{a}$$

$$ETR/ETP = 0,83.Stock - 289 \quad \text{si stock} \leq \frac{Kc-b}{a}$$

Figure 6 : Relation entre le rapport ETR/ETP et le stock hydrique du sol



IV - 3 - 2 - Evaluation du drainage

Si une pluie ou une irrigation amène le stock à un niveau supérieur à la capacité au champ (Scc), on estime le drainage à l'excédent d'eau et le stock est ramené à la capcité au champ.

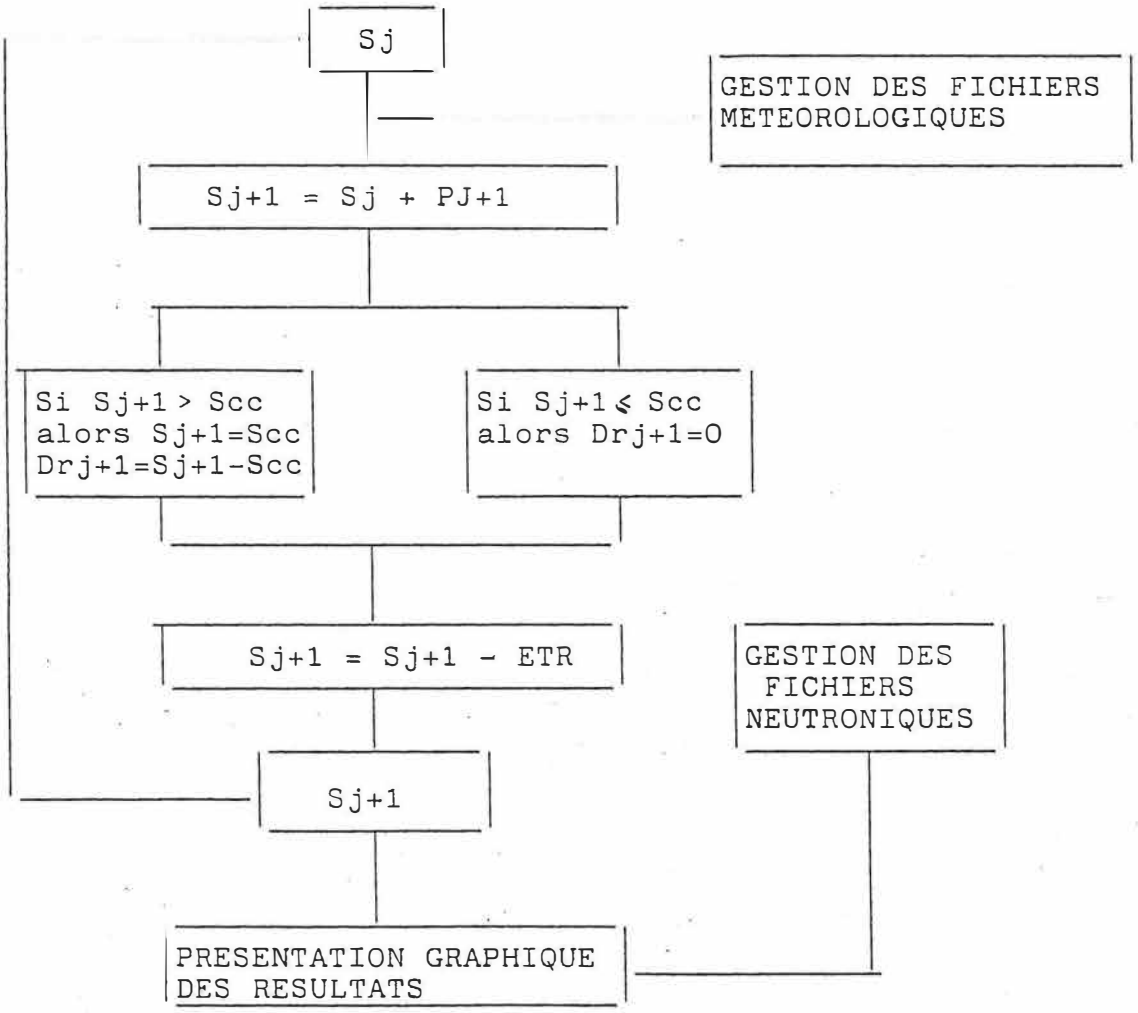
Si Stock Scc | Drainage = Scc - Stock
Stock = Scc

L'hypothèse de la rapidité du drainage se trouve confirmée par la constance des stocks mesurés à la suite d'une pluie excédentaire (figure 10). Ce stock maximal est pris comme valeur de stock à la capacité au champ dans le modèle.

IV - 3 - 3 - Organigramme

Les données maintenant disponibles sont introduites dans le modèle de simulation et utilisées selon l'oganigramme simplifiée suivant

Figure 7 : Organigramme simplifié du modèle de simulation



IV - 4 - VALIDATION DU MODELE

Un suivi régulier de l'évolution du stock hydrique, pour la période allant de septembre 1984 à avril 1986 permet de vérifier l'adéquation du modèle (figure 8). Le simple tracé du nuage de points représentant les stocks calculés en fonction des stocks mesurés (figure 9) montre bien que le modèle prend en compte la majeure partie des variations de stocks observés.

IV - 5 - LIMITES D'UTILISATION DU MODELE

Le modèle proposé ne cherche pas une formulation trop précise des phénomènes. Il s'agit de limiter le nombre de paramètres d'entrée (sol-plante-climat) afin que le domaine d'application soit le plus large possible. De plus, le gain de précision obtenu en détaillant la dynamique de l'eau au champ serait illusoire face aux incertitudes sur les paramètres d'entrée (pluie, réserve utile,....). Cela est particulièrement vrai dans le cas de l'avertissement à l'irrigation ou l'incertitude sur la dose apportée est déjà grande.

En particulier, le mécanisme régissant l'ETR a été établi au champ par l'étude du dessèchement sur de courtes périodes de temps. Cette méthode permet de déceler le fonctionnement rapide mais n'aborde pas les flux lents qui ne s'extériorisent pas par des variations d'humidité mesurable à la sonde. Ainsi sur une longue période sèche, il est possible de mettre en évidence un assèchement des horizons profonds (figure 10). Ces flux, ne jouent pas un grand rôle dans le calcul des doses et fréquences d'irrigation mais peuvent jouer un rôle agronomique non négligeable dans l'explication des rendements et serait susceptible d'expliquer l'impact relativement faible du déficit hydrique en culture pluviale.

IV - 6 - UTILISATIONS DU MODELE

IV - 6 - 1 - Aide au suivi neutronique

Les grands axes du fonctionnement hydrique d'une culture peuvent se déduire simplement de l'étude des profils d'humidité. Réciproquement, l'utilisation d'un modèle de bilan hydrique en relation avec des mesures "in situ" de l'humidité du sol permet de vérifier directement la cohérence des mesures neutroniques avec les données météorologiques.

Par rapport à la mesure de stock qui est essentiellement ponctuelle, le lissage, par le modèle, de leur évolution dans le temps permet de mieux conceptualiser les phénomènes étudiés.

Un des problèmes inhérent à tout suivi neutronique est de savoir dans quelle mesure il est possible d'extrapoler à toute une parcelle les résultats obtenus en un seul endroit.

Figure 8 : Validation du modèle, les points représentent les mesures neutroniques et le trait continu les stocks calculés par la simulation

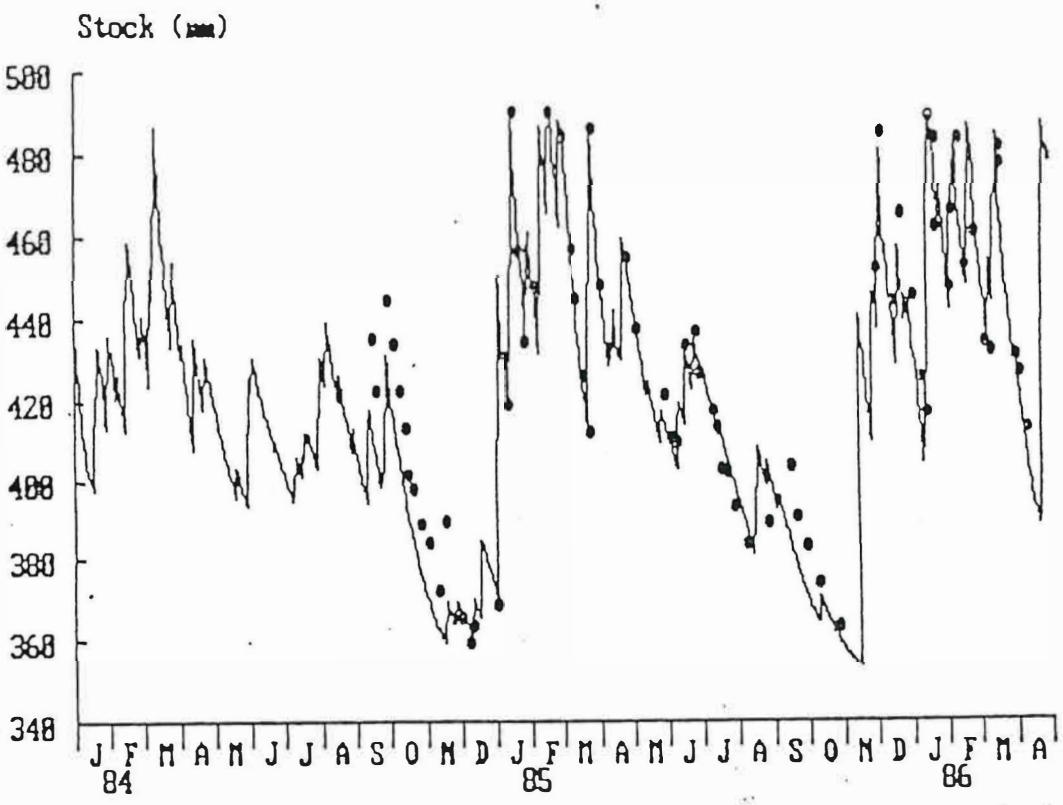


Figure 9 : Comparaison des stocks mesurés par la sonde et calculés par le modèle

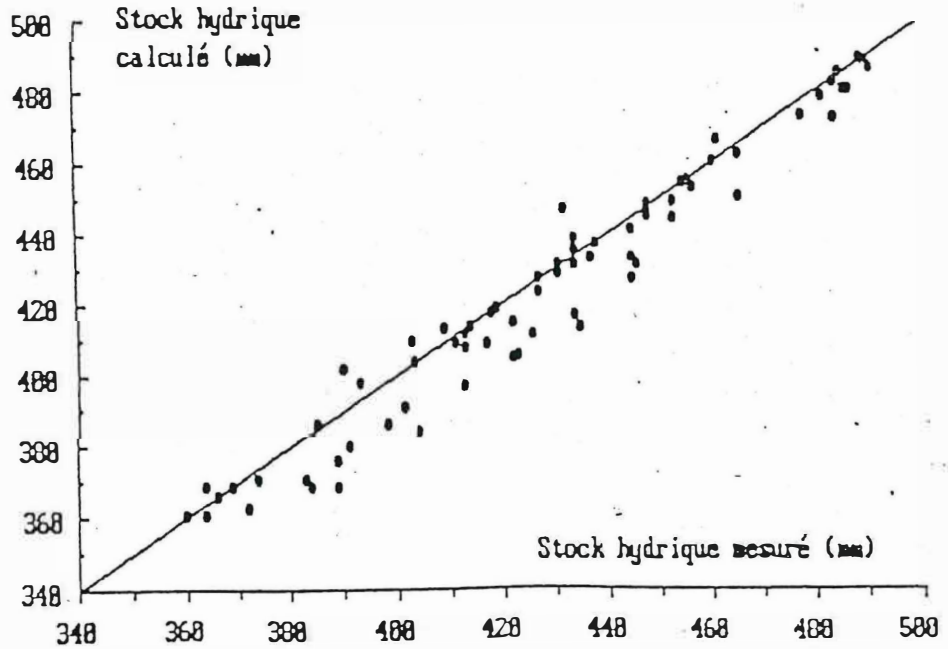
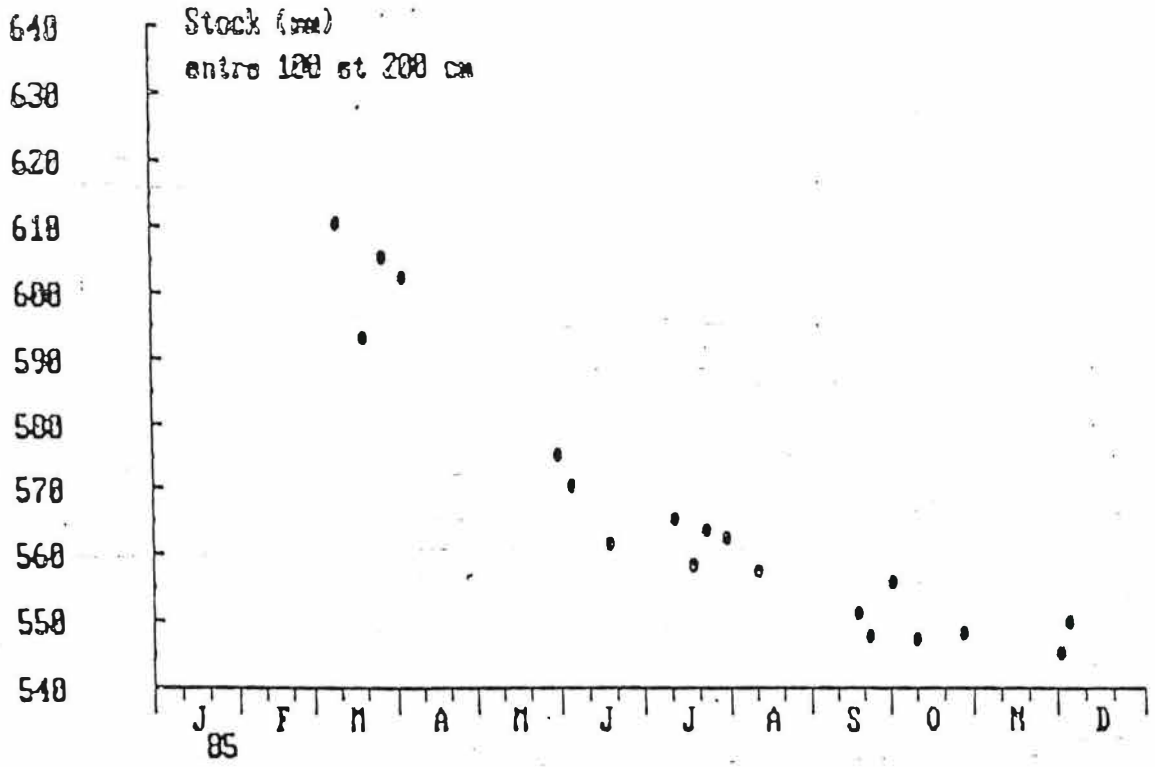
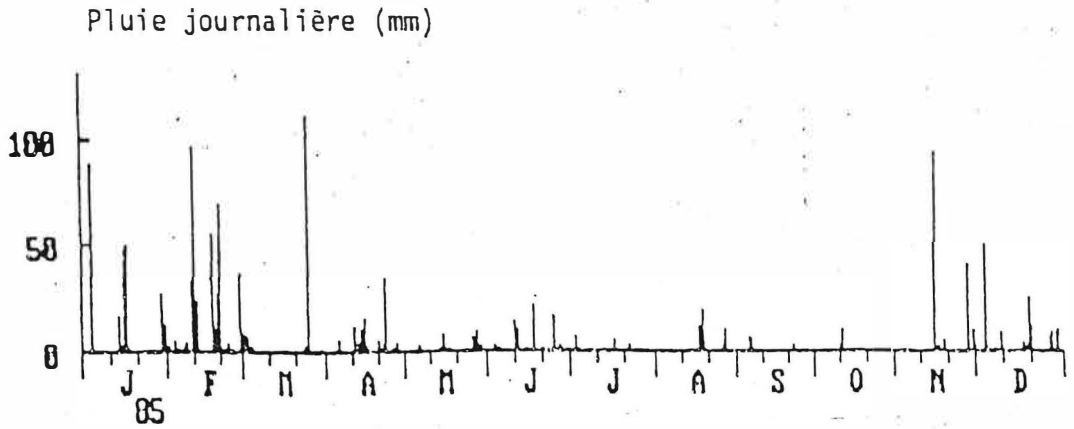


Figure 10 : Mise en évidence de la participation des horizons profonds (entre 100 et 200 cm) et pluviométrie de la période correspondante



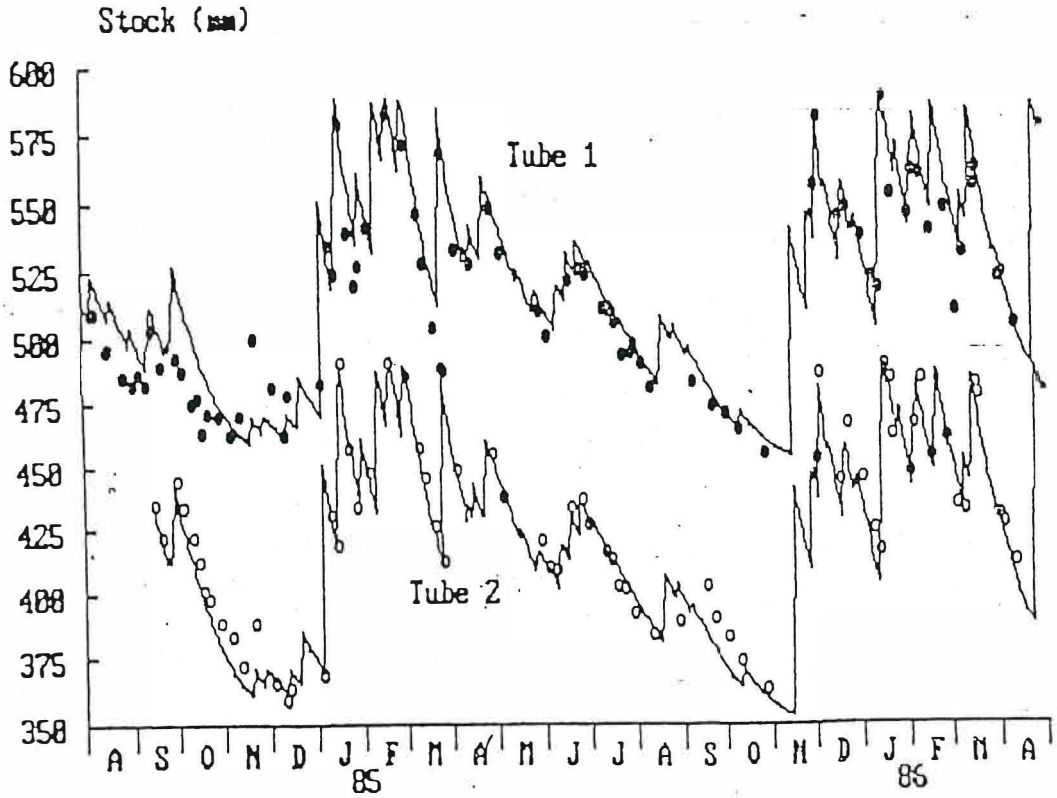


Dans le cas des andosols, la variation spatiale est très importante mais semble liée au fait qu'une grande partie de [7] l'eau se trouve dans une porosité de trop faible diamètre pour être accessible aux plantes. Si on fait l'hypothèse que l'hétérogénéïté concerne plus la mesure d'humidité que le fonctionnement réel du sol, le même modèle doit pouvoir expliquer l'évolution des stocks en un autre emplacement.

Sur la parcelle étudiée, un tube voisin montre sur un mètre de profondeur un stock à la capacité au champ de 600 mm, supérieur de 110 mm à celui du tube qui a servi à élaborer le modèle. Si nous supposons que le comportement est, malgré tout similaire, le seul paramètre à modifier est le stock à la capacité au champ. La courbe ETR/ETP en fonction du stock est simplement recalée sur la nouvelle capacité au champ.

La figure 11 montre que le modèle rend bien compte de l'évolution des stocks sur ce nouveau tube. Par la suite, il suffira donc de connaître la valeur du stock à la capacité au champ pour élargir le modèle à l'ensemble des tubes d'un même site.

Figure 11 : Evolution des stocks hydriques sur deux tubes de la même parcelle. Mise en évidence de l'unicité du modèle



Ainsi, malgré l'hétérogénéïté spatiale des mesures d'humidité, le fonctionnement hydrique en plusieurs endroits d'une même parcelle reste très semblable. Ceci nous amène à supposer que la variabilité spatiale a peu de répercussions sur le régime hydrique et donc que la structure de la porosité "fonctionnelle" au sens agronomique varie moins que celle de la porosité totale. La méthodologie proposée peut aussi servir dans d'autres conditions où l'hétérogénéïté du milieu amène une indétermination similaire sur la signification des mesures de teneur en eau (sols gravillonaires, sols stratifiés).

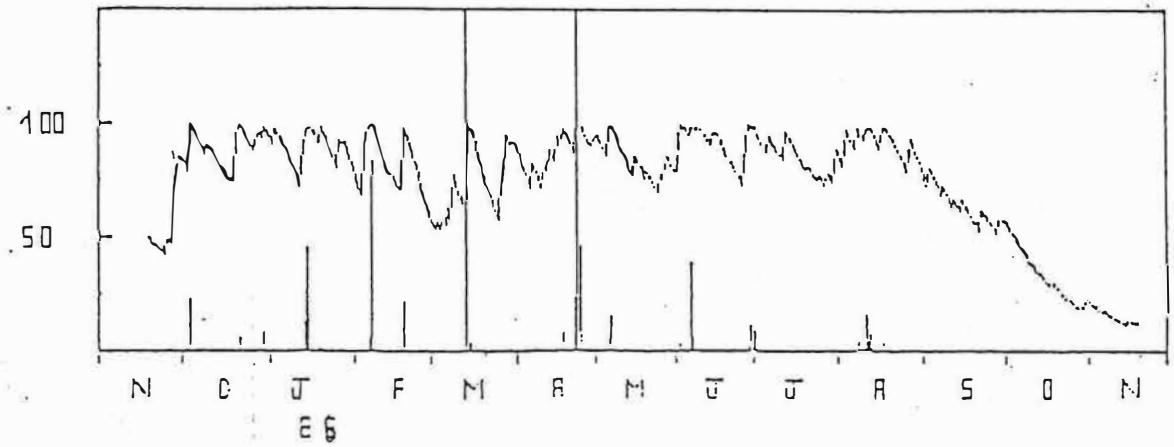
IV - 6 - 2 - Analyse d'un résultat de récolte en terme de bilan hydrique

Le faible nombre de paramètres nécessaires au fonctionnement du modèle permet d'envisager sa généralisation dans d'autres conditions. La simulation du bilan hydrique permet ainsi, l'évaluation annuelle et interannuelle des principales contraintes climatiques, il s'agit de l'utilisation la plus classique de ce genre de modèle (HALL et HEAVEN, 1970 ; LEWIN, 1972,1973 ; DAUDET et ARCHER, 1978 ; RAMBAL et CORNET, 1982 ; FOREST et KALMS, 1984).

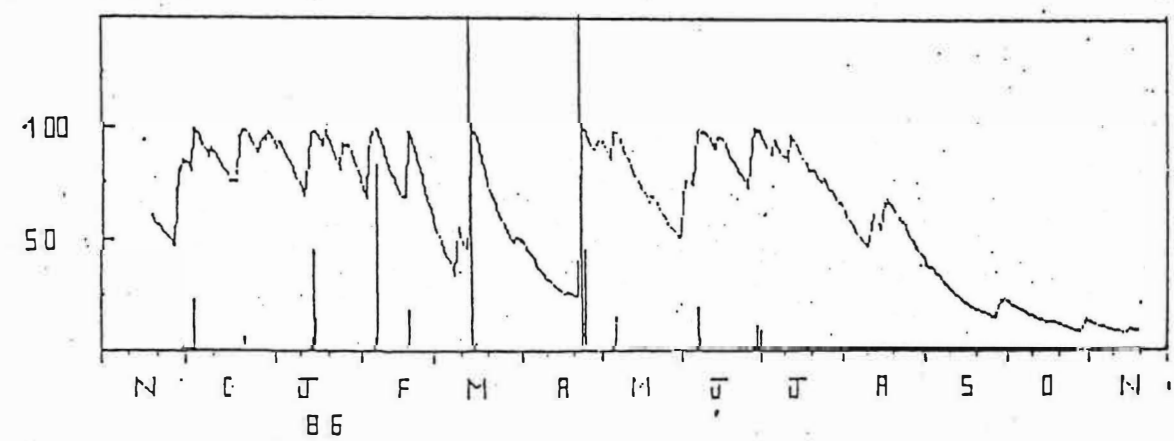
Pour cela, nous sommes amenés à représenter non plus l'évolution du stock hydrique mais celui de la "réserve en eau disponible".

Sur la figure 12 sont détaillés les bilans hydriques simulés d'un essai comparatif entre une canne pluviale et une canne [3] irriguée à l'ETM (1986). Le fait qu'aucune différence de rendement n'ait été mise en évidence entre les deux traitements est justifié par un bilan hydrique "cannes pluviales" très satisfaisant, malgré quelques périodes relativement "plus sèches" et qui n'ont eu aucune influence sur la récolte.

FIG. 12 : EVALUATION DES STOCKS HYDRIQUES SIMULES SUR CANNES IRRIGUEES ET CANNES PLUVIALES SUR LE SITE EXPERIMENTAL DE TERRE-ROUGE



A- CANNES IRRIGUEES



B- CANNES PLUVIALES

V - CONCLUSION

L'ensemble des travaux et des résultats qui ont été exposés ici, montrent bien les difficultés auxquelles l'expérimentation agronomique peut être confrontée dans ce type de milieu hétérogène. L'utilisation d'une sonde à neutrons est délicate car les profils hydriques sont complexes et l'humidité mesurée ne peut être directement traduite en terme de disponibilité de l'eau.

L'étude de la dynamique de l'extraction racinaire d'une culture de canne à sucre montre que l'atténuation de l'ETR avec l'assèchement du sol peut être approchée par un simple modèle linéaire. La modélisation qui en résulte envisage la majeure partie des variations de stocks observés à l'exception des transferts lents en provenance des horizons profonds qui ne peuvent être mis en évidence sur de courtes périodes sèches.

Toutefois, la précision des résultats obtenus suffit à donner un bon aperçu du fonctionnement général du sol et permet, notamment, de raisonner plus précisément les irrigations en fonction des données météorologiques.

Le modèle obtenu doit être conçu comme un outil de diagnostic :

- Au niveau méthodologique, malgré l'hétérogénéïté spatiale des paramètres physiques, on observe une relative homogénéïté de la porosité "fonctionnelle" au sens agronomique. Ce résultat est un préalable nécessaire à toute expérimentation agronomique car il permet d'envisager l'extrapolation des résultats et assure un domaine d'application le plus large possible.

- Au niveau agronomique, l'outil informatique permet de traiter rapidement de nombreuses données qui pour le non-spécialiste s'avèrent souvent difficiles à interpréter. L'utilisation d'un modèle de simulation du bilan hydrique permet d'obtenir une évaluation rapide de l'évolution des stocks ou de la réserve en eau du sol et donc de mieux concevoir l'influence probable des paramètres climatiques.

Ce type de travail permet la quantification des contraintes climatiques, l'étude de leur influence sur la productivité des cultures et l'évaluation des quantités d'eau nécessaires aux irrigations (pilotage, estimation des besoins de pointes, calage des cycles culturaux).

Le travail présenté ici, a été établi par les suivis de cultures pluviales ou irriguées par aspersion. Un effort reste à faire dans le domaine de l'irrigation localisée qui suivant le cas peut se comporter différemment dans la mesure où l'on ne gère plus un "réservoir sol".