

NN31545.0008

Nosa N° 8¹da juli 1957
La mise en valeur des terres salées

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

par
C. van den Berg

BIBLIOTHEEK DE HAFF
Droevendaalsesteeg 3a
Postbus 241
6700 AE Wageningen

Quoique les terres salées se présentent dans le monde entier elles sont les plus fréquentes dans les régions arides et semi-arides de la terre. Elles doivent leur origine au fait que l'eau répand les sels dissolubles dégagés de l'effritement des pierres et que ces sels sont concentrés par l'évaporation de l'eau. C'est pourquoi il existe un rapport étroit entre la topographie et la présence de terres salées: En des régions relativement basse le courant de l'eau s'arrête et les sels pourront fort bien se concentrer par suite de l'évaporation.

Aussi les mers, rivières et l'eau souterraine jouent-elles un rôle important quant à la formation de terres salées et les relations intimes entre l'hydrologie et la salinisation de sols seront évoquées à plusieurs reprises dans cette conférence.

Dans des régions arides ce sont souvent de grandes surfaces qui souffrent du sel; quand elles sont situées dans des régions d'irrigation les dégâts économiques et sociaux sont considérables. Dans ce cas également les facteurs hydrologiques jouent un rôle fort important.

Il est possible que la salinisation de terres ait influencé le déclin des anciennes cultures qui, il y a bien des Siècles ont fourni de si beaux résultats en Afrique du Nord et dans le Sud-Ouest d'Asie.

Les terres salées se forment par suite des circonstances suivantes:

1. Inondation immédiate du sol par l'eau de mer ou eau saumâtre.
2. Alluvion antérieure du sol en milieu salé lorsque plus tard l'eau s'est retirée et qu'il ne tombe plus suffisamment de pluie pour lessiver les sels.
3. Une irrigation qui ne permet pas la percolation d'eau dans le sous-sol de sorte que tous les sels amenés accumulent dans la couche supérieure du sol.
4. Une irrigation sans drainage suffisant ce qui provoque de hauts niveaux de la nappe phréatique ainsi qu'une salinisation par suite d'une remontée capillaire de l'eau souterraine.
5. La position peu profonde de la nappe causée par le transport d'eau souterraine de régions plus élevées et de possibilités de drainage insuffisantes.

134/0757/150/1

11 FEB. 1998



0000 0672 1050

1787035

Les sels dont il s'agit ici sont en principe les mêmes qui se présentent dans l'eau de mer, mais on peut dire cependant que ce sont surtout les chlorures les plus solubles qui causent le plus de difficultés et de ces chlorures surtout le chlorure de sodium.

En bien des cas le Na forme un important pourcentage des compositions de sels présents dans les terres salées.

Effet de la sulure

Il y a deux genres de désavantages causés par la présence de sels dans le sol:

1. Les sels dissolus dans l'humidité du sol atteignent une concentration si élevée qu'ils nuisent à la végétation et qu'ils empêchent même toute croissance. Il est presque impossible d'indiquer une limite critique pour cette concentration, les végétaux ayant une sensibilité très différente pour les sels (Fig. 1 et 2).
2. Les cations de la solution du sol influencent le rapport des cations absorbés à des particules d'argile et d'humus. Alors que dans un bon sol ordinaire les cations absorbés se composent surtout de calcium, celui-ci est remplacé en partie dans les terres salées par Na et Mg. Surtout le Na absorbé est extrêmement gênant car tandis que le calcium absorbé unit les particules d'argile et d'humus du sol en une matière grumuleuse, le Na absorbé possède la qualité de détériorer ce liage. Les miettes se décomposent et les fines particules rendent le sol amorphe et fermé. La perméabilité s'affaiblit de beaucoup.

Il importe d'attirer l'attention sur le fait que le Na absorbé ne peut exercer cette influence que quand la teneur en sel du sol est faible, par exemple après un lessivage de sels par suite d'irrigation.

La situation devient plus défavorable à mesure que les sols deviennent plus lourds et que la quantité de Na absorbé devient plus grande.

Dans ce cas de détérioration de la structure du sol également il est difficile d'indiquer la limite générale où commencent les difficultés. Quand on exprime la quantité de Na absorbé en pourcentages de la quantité totale de cations absorbés, l'on peut dire que 10 à 15% de Na absorbé dans les terres lourdes causent plus de difficultés pour la préparation de la terre et de la végétation que 15 à 20% de Na absorbé dans une terre légère.

Méthodes d'amélioration

Une fois qu'un sol s'est salinisé et contient une grande quantité de sels solubles, il n'existe plus qu'un moyen efficace pour atteindre une amélioration: le lessivage des sels par addition d'assez d'eau douce qui traverse le sol.

Dans les régions humides l'excès de la pluviométrie est la plupart du temps capable de causer la désalinisation; dans les régions arides il faut de l'eau d'irrigation de bonne qualité.

Si les conditions de drainage sont favorables, il faut une quantité d'eau comparable aux quantités employées durant une ou deux années d'irrigation normale.

Des essais faits sur un sol très calcaire d'Irak contenant 30% d'argile (au-dessous de 2 microns) donnaient les résultats suivants

couche	teneur en sel avant l'essai	teneur en sel après l'essai
0 - 30 cm	3,08 %	0,29%
30 - 60 cm	1,77 %	0,27%
60 - 100 cm	1,53 %	0,58%
100 - 150 cm	1,50 %	1,35%
150 - 200 cm	1,50 %	1,62%

Tableau 1: Essai de désalinisation en Irak.

Pour cette désalinisation on s'est servi de 1 400 mm d'eau dont 600 mm évaporaient. L'essai avait été fait en été. Pour la désalinisation 800 mm d'eau, qui étaient drainés en quarante jours, étaient donc efficaces.

L'infiltration moyenne était donc de 2 cm par jour. L'eau couvrait constamment le sol d'une mince couche, quoique l'amélioration du sol ne se soit pas encore tout à fait réalisée dans cet essai, les couches supérieures surtout sont bien désalinisées et plusieurs cultures sont devenues possibles.

Après une telle désalinisation d'autres difficultés s'imposent dans la plupart des cas, difficultés qui sont en rapport avec la mauvaise structure du sol et qui sont surtout causées par le Na absorbé.

C'est que le Na absorbé ne peut être supprimé entièrement par le lessivage. En analysant les sols qui ont été inondés d'eau de mer ainsi que les sols salés d'Iran et d'Irak on constate souvent que 30% du complexe absorbant est occupé par le Na. Après la désalinisation ce pourcentage paraît baisser jusqu'à 15 ou 20. Cette teneur est encore si élevée qu'il se présente de considérables difficultés avec la structure du sol, surtout sur des sols argileux.

Il en suit un labourage difficile de la terre, une mauvaise perméabilité de la couche supérieure et une mauvaise rentabilité.

En principe une amélioration de la structure du sol ne peut avoir lieu que quand le Ca prendra la place du Na absorbé. Ce procès ne peut seulement avoir lieu par nature quand le sol contient assez de CaCO_3 ou CaSO_4 . Les micro-organismes et les racines de plantes fournissent de l'acide carbonique, de sorte que CaCO_3 est changé en $\text{Ca}(\text{HCO}_3)$ mieux soluble. Le Ca est remplacé alors par le Na absorbé, tandis que NaHCO_3 peut être lessivé. Une teneur en CaCO_3 élevée et une grande production de CO_2 stimulent le procès favorable, qui prendra cependant toujours plusieurs années. En Hollande on prend une période de 10 ans environ pour les sols argileux qui contiennent 2 à 4% de CaCO_3 . Probablement une plus courte période est suffisante pour des sols argileux plus calcaires.

Une accélération du procès d'échange peut surtout avoir lieu par suite d'une addition au sol de mélanges, contenant bien du Ca soluble, surtout du CaSO_4 (sulfate de calcium hydraté) et du CaCl_2 . On se sert surtout de CaSO_4 (gypse) et alors en des quantités qui varient entre 2 et 20 tonnes par ha pour des terres qui contiennent 15% à peu près de sodium absorbé. Les plus grandes quantités sont nécessaires pour les sols les plus lourds. Par suite de CaSO_4 (ou CaCl_2) il est possible de rendre la structure en bon état en deux ans.

L'application de tels moyens d'amélioration est en tous cas nécessaire quand le sol ne possède pas de CaCO_3 ou de CaSO_4 parce que, manque d'ions de Ca, le Na absorbé ne peut être éliminé d'une façon naturelle.

Les quantités de gypse nécessaires sont alors un peu plus grandes que pour les sols contenant du CaCO_3 ou CaSO_4 .

Afin que l'échange de Na contre Ca ait lieu rapidement un trop grand dessèchement du sol doit être évité.

Salinisation des sols irrigués

Les solutions précédentes pour l'amélioration de terres salées sont la plupart du temps moins simples en pratique. L'application de gypse est assez coûteuse et ne pourra être rentable que sur des terres cultivées intensivement. De plus grandes difficultés se présentent encore pendant la première phase d'amélioration: la désalinisation par un surplus d'eau d'irrigation. C'est que

pour les sols désalinisés, mis en culture il sera toujours nécessaire de donner une quantité d'eau extra ce qui restreint le danger d'une nouvelle salinisation. Pendant la première phase du procès de désalinisation aussi bien que pendant la pratique d'irrigation qui succède, une quantité d'eau pénètre dans le sol vers une telle profondeur qu'elle arrive enfin à l'eau souterraine et élève la nappe phréatique.

Aussitôt que cette nappe phréatique a une profondeur d'environ 2 mètres au-dessous de la surface du sol, une quantité perceptible d'eau souterraine commence à émerger vers la couche supérieure par suite d'action capillaire. Après l'évaporation de cette eau les sels transportés restent dans le sol et attribuent ainsi à la salinisation. A mesure que la nappe souterraine s'approche plus de la surface par suite des irrigations, la montée capillaire et par conséquent l'accumulation des sels deviennent plus grandes. Il est évident que la salinisation va bien plus rapidement selon qu'il se présente plus de sels dans l'eau souterraine. Le lessivage de sels par suite d'une irrigation plus intense est impossible avec un haut niveau de la nappe phréatique. La seule chose qu'on atteigne est que la nappe finit par monter tout près de la surface.

Les quantités de sels qui par suite d'action capillaire sont amenées dans la couche supérieure sont approximativement calculables, quand la vitesse de transport capillaire est connue. Cette vitesse maximale, calculée comme une couche d'eau montée jusqu'aux différents niveaux et pendant 24 heures, est donné dans l'exemple du tableau 2.

Tableau 2. Montée capillaire maximale de l'eau souterraine dans différentes positions de la nappe phréatique (sol limoneux-argileux).

Profondeur de la nappe phréatique	Quantité d'eau montée jusqu'à la surface
0,25 mètre	7 - 10 mm par 24 heures
0,50 "	2 - 3 " " " "
1 "	0,5 " " " "
2 "	0,2 " " " "
3 "	0,07 " " " "
4 "	0,02 " " " "

Par le transport capillaire la nappe phréatique baisse il est vrai, mais cette baisse est la plupart du temps surpassée par la montée de la nappe par suite d'un surplus d'eau d'irrigation.

La façon de salinisation décrite ici est une des plus fréquentes et c'est pourquoi il est clair que bien des problèmes de terres salées sont en fait des problèmes hydrologiques où le mouvement de la nappe phréatique joue un rôle particulier.

D'après ce qui précède il est évident que l'amélioration de beaucoup de terres salées ne réussira pas sans empêcher une trop grande montée de la nappe. D'ailleurs, bien des terres salées souffrent déjà d'un trop haut plan d'eau souterraine et c'est justement pourquoi elles sont devenues salées. Des millions d'hectares de terres irriguées devaient être abandonnés par les fermiers parce que la culture était devenue impossible.

Les moyens d'abaisser la nappe phréatique sont le pompage et le drainage. Les méthodes sont assez bien connues qualitativement. Mais vu la grande importance du drainage, du pompage et en général du mouvement de l'eau souterraine il est désirable d'insister sur les possibilités d'une description quantitative.

-Pour cela un schéma simple sera développé.

Le courant de l'eau souterraine

Nous partons ici d'un schéma où deux canaux (ou rivières) sont chargés de l'évacuation d'eau et où dans les terres environnantes la nappe souterraine a une position supérieure à l'eau dans les canaux (voir figure 3).

S'il n'y a pas d'addition d'eau dans le sol souterrain, le mouvement de la nappe vers les canaux aura lieu d'après les circuits lessivés. On a constaté qu'une épaisse couche peut participer au mouvement pourvu que le sol soit assez perméable. La quantité d'eau évacuée est en rapport avec la perméabilité du sol, avec la distance des canaux, avec la hauteur de la nappe phréatique par rapport au niveau de l'eau dans les canaux et de l'épaisseur de la couche traversée selon la simple formule:

$$S = \frac{8 k Dm}{l^2}$$

Ici:

s = l'eau écoulée considérée comme un disque d'eau ayant une épaisseur de s (en mètres) sur toute la surface.

k = la perméabilité du sol (en m par 24 heures).

D = l'épaisseur dans la couche du sol dans laquelle le transport de l'eau a lieu.

m = différence entre la nappe phréatique et le niveau de l'eau dans le canal (en mètres).

l = la distance entre les canaux (en mètres).

Cette formule compte par exemple pour un profil dans lequel on trouve une couche homogène D sur une couche imperméable. (Si D est très grand il faut faire introduire un facteur de correction parceque près du canal toute la couche n'est pas disponible au courant).

Au moyen d'analyses de laboratoire et dans le champ on peut déterminer k et D, tandis que h et l peuvent être mesurés aisément. La valeur s x 1 000, représentant un disque d'eau en millimètres d'épaisseur indique un chiffre qu'on peut comparer immédiatement au nombre de mm de pluviométrie ou à un disque d'eau d'irrigation en mm.

La même formule peut être écrite:

$$l^2 = \frac{8 k D m}{s}$$

et on demande maintenant la distance entre les canaux de drainage pour obtenir une nappe phréatique déterminée. En ce cas là il faut en effet que l'écoulement soit connu.

Les formules ne sont plus tout à fait exactes, les problèmes s'étant simplifiés. Cependant les avantages sont si grands que l'application dans la pratique reste possible.

Calcul du drainage artificiel d'un sol salé

Afin d'illustrer cette application on devra vérifier d'après un exemple quelle décision il faudra prendre successivement afin d'en arriver à un drainage satisfaisant.

La figure 3 sera utilisée pendant l'explication.

L'exemple se rapporte à un sol alluvial situé dans un périmètre d'irrigation

assez uni où de l'eau souterraine salée est montée près de la surface du sol par suite de l'irrigation.

L'élévation de la nappe phréatique est le résultat des irrigations trop abondantes et non pas de voies d'eau dans les canaux d'irrigation, tandis qu'on réfléchit sur l'amélioration de la situation au moyen de drainage.

1e. La perméabilité du sol est mesurée de préférence à une grande profondeur. Supposons que l'on puisse fixer la perméabilité des premiers 10 mètres sur 1 mètre par 24 heures et qu'il se présente une couche mal perméable à cette profondeur.

2e. Ensuite il faut se demander ce qu'on exige quant à la profondeur de l'eau souterraine durant la période d'irrigation pour éviter des accumulations de sels dans les couches supérieures du sol.

Quand l'eau souterraine ne possède qu'une médiocre quantité de sel on pourra se contenter d'une profondeur de 1 mètre et demi. Si l'on accepte cette profondeur il en suit que celle des canaux d'irrigation devra être plus grande, une certaine pression étant nécessaire pour faire entrer l'eau souterraine dans les canaux. Si l'on prend pour cela 0,5 m et encore 0,25 m pour le remplissage minimal du canal de drainage il en suit que le canal de drainage doit avoir une profondeur de 2,25 mètres.

3e. Nous connaissons maintenant les termes k , D et m de la formule de sorte qu'il nous faut plus que trouver s . La quantité à drainer s est en rapport avec la question quelle quantité d'eau extra il faudra donner en irriguant (Cette eau percolera jusqu'à l'eau souterraine et élèvera la nappe) et en quelle période le drainage de ce surplus d'eau aura-t-il lieu.

La quantité extra d'eau d'irrigation se relie directement à la qualité de l'eau d'irrigation.

Plus celle-ci est salée plus l'irrigation devra être intense pour éviter l'accumulation de sels. La relation entre le surplus d'eau d'irrigation et la qualité de l'eau d'irrigation sera exposée en figure 4. Supposons que nous ayons une teneur en sel de 1 gram par litre, vu sur le schéma il faut ajouter environ 15% d'eau extra pour maintenir une teneur en sel inférieure à 0,12%. Si une irrigation normale demande 100 mm d'eau il faudra donc ajouter 15 mm à peu près, de sorte que cette quantité doit être drainée. Il faut que le drai-

nage de ces 15 mm soit complet avant que l'irrigation suivante ait lieu. Si les irrigations se succèdent en moins de deux semaines, il faut évacuer ± 1 mm par jour au moyen de drainage.

4. En remplissant ces données dans la formule de drainage nous obtenons maintenant:

$$l^2 = \frac{8 \times 1 \times 10 \times 0,5}{0,001} = 40\ 000$$

d'où il résulte que $l = 200$ mètres. Au lieu de canaux il est possible d'appliquer le drainage à tuyaux.

Résumé: En se servant de 100 mm d'eau d'irrigation par 15 jours contenant 1 gr. de sels par litre on pourra maintenir la teneur en sel du sol à un niveau passable et on gardera la nappe phréatique sur une profondeur de 1.50 mètre au moyen de canaux ou de tuyaux de drainage distancés de 200 mètres et à une profondeur de 1.50 mètre. Ceci compte pour une terre qui jusqu'à une profondeur de ca 10 mètres a une perméabilité de 1 mètre par 24 heures.

Outre par drainage il est aussi possible de baisser la nappe phréatique au moyen de pompes; il est cependant nécessaire qu'il se présente dans les terres souterraines une couche très perméable. Quand on pompe l'eau de cette couche, l'eau baissera dans la région qui entoure le puits.

Le système de drainage qui sera choisi dépend de toutes sortes de circonstances. Lorsque l'investissement est généralement plus grand pour un système de drainage que pour les pompes, les frais annuels pour un système de drainage sont plus bas. Un avantage des pompes sur le système de drainage est incontestablement le fait qu'on peut baisser la nappe phréatique à un niveau bien plus bas.

- - - - -

Il existe encore bien d'autres problèmes en rapport avec les terres salées et de leur amélioration. On n'a pu traiter ni les questions suivantes touchant

Les conditions physico- chimiques dans les terres salées

la variété dans le genre de sels dans le sol et l'eau

la variété dans la perméabilité des couches

ni les questions plus pratiques :

l'élévation de la nappe phréatique par suite de voies

d'eau dans les canaux d'irrigation,

les labourages des sols,

le choix des cultures

l'orientation des fermiers,

les frais et avantages du drainage,

ni bien d'autres problèmes. Mais je suis cependant convaincu qu'il sera possible de répondre à toutes ces questions en cherchant et en combinant minutieusement les données, si les connaissances fondamentales sont présentes.

C'est pourquoi d'ailleurs je me suis restreint à ne traiter que l'arrière pensée de quelques questions concernant l'amélioration de terres salées. C'est le drainage dont j'ai parlé en particulier, non pas pour considérer le drainage comme panacée des terres salées ni pour conseiller le drainage pour chaque projet d'irrigation, mais justement pour contrôler séparément chaque cas afin de voir si le drainage sera nécessaire ou non .

Il me semble qu'il faudra faire des recherches en projetant l'irrigation sur la position, la qualité et le mouvement de l'eau souterraine de sorte qu'il sera possible de faire des prévisions quant au drainage nécessaire. Sans un tel examen il se pourrait que le capital nécessaire pour l'aménagement d'un projet d'irrigation soit placé d'une façon peu rentable parce qu'il est souvent difficile de faire entrer plus tard un système de drainage dans un projet d'irrigation.

Là où tant de futurs guides du développement agricole, originaires des pays moins développés sont présents, j'exprime l'espoir qu'ils se réaliseront bien que les progrès techniques de l'agriculture faits dans leur pays doivent être basés sur une connaissance scientifique. Ceci compte surtout pour "la mise en valeur des terres salées".

Wageningen (Pays Bas), juillet 1957.

B.P.35

Instituut voor Cultuurtechniek
en Waterhuishouding.
(Institut de Recherches pour l'Aménagement pédologique et hydrologique).

RENDEMENT (100% = RENDEMENT NORMAL DE 30 TONNES PAR ha)

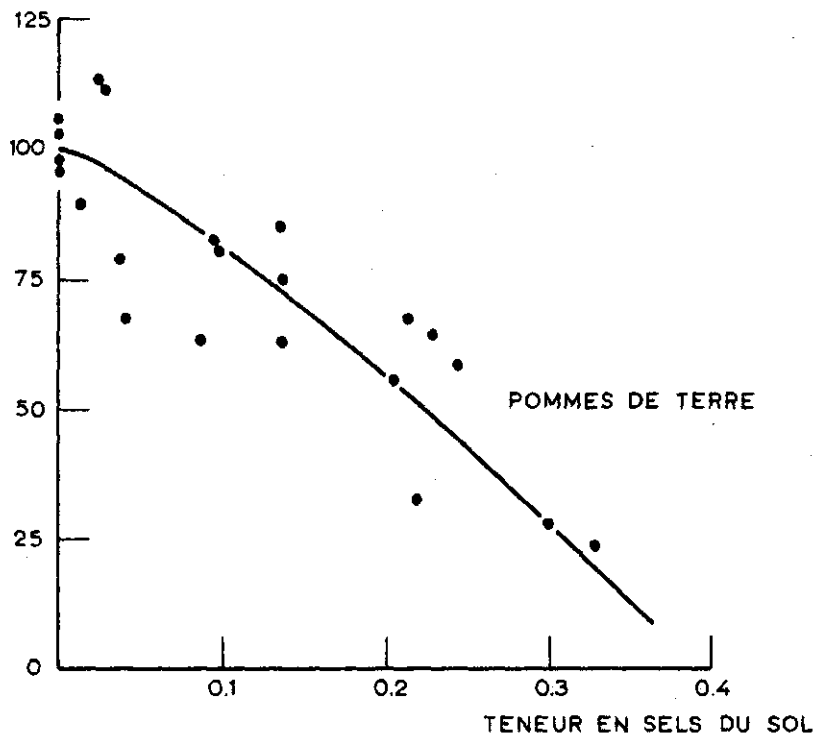


FIG.1 INFLUENCE DE LA TENEUR EN SELS (PRINCIPALEMENT NaCl) SUR LE RENDEMENT DE POMMES DE TERRE (PAYS-BAS)

RENDEMENT EN POURCENTAGES

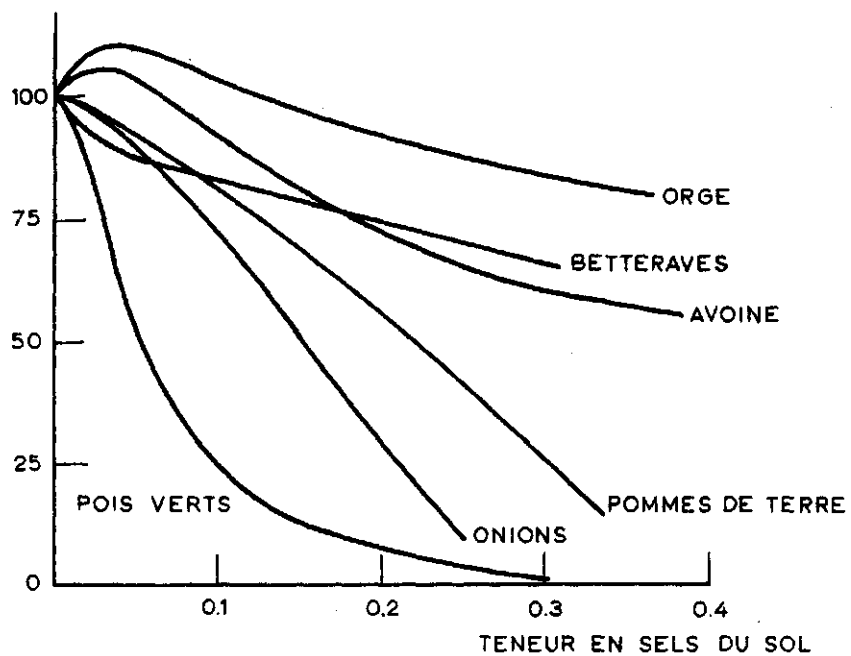


FIG.2 INFLUENCE DE LA TENEUR EN SELS (PRINCIPALEMENT NaCl) SUR LE RENDEMENT (PAYS-BAS)

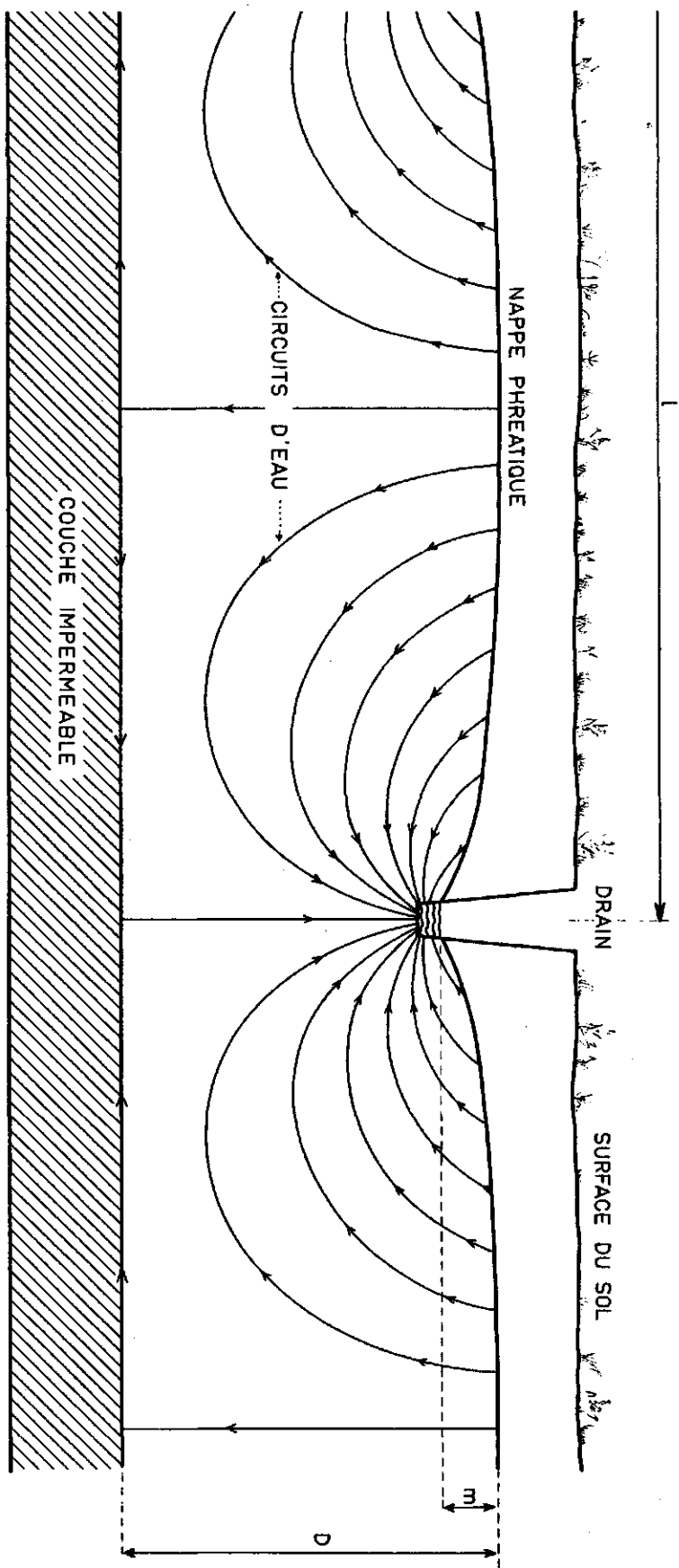


FIG 3 L'ECOULEMENT DE L'EAU SOUSTERRAIN VERS LE DRAIN (SCHEMATIQUE)

POURCENTAGE D'EAU A DRAINER

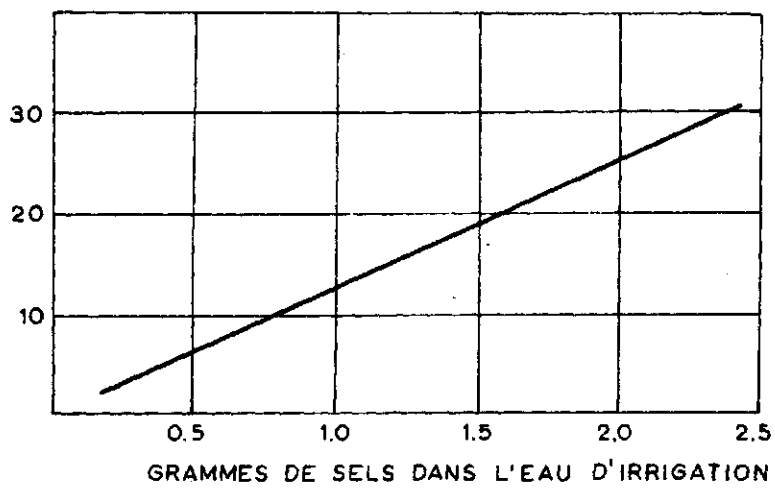


FIG. 4' RELATION ENTRE LA QUANTITE DE SELS DANS L'EAU D'IRRIGATION ET LE POURCENTAGE D'EAU D'IRRIGATION NECESSAIRE A DRAINER AFIN DE PREVENIR UNE ACCUMULATION DE SELS AU-DESSUS DE 0.12 % DANS LA COUCHE DE TERRE ENRACINEE