

PERMEABILITE DES SOLS

(METHODE PORCHET)

**D'après MM. DE BEUCORPS, DE CHEVRON - VILLETTE
L'ANGLE, PUJOS et ROEDERER**

(Méthode recueillies par : M. ROEDERER)

E-S 19

PERMEABILITE DES SOLS

(méthode PORCHET)

d'après MM. DE BEAUCORPS, DE CHEVRON-VILLETTE, LANGLE, PUJOS et
ROEDERER) méthodes recueillies par M. ROEDERER

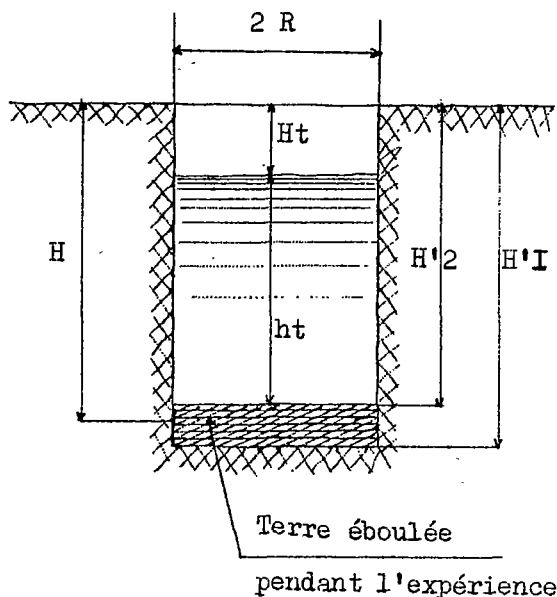
La méthode Porchet, bien qu'elle ne donne pas des résultats exacts en valeur absolue, est, dans la plupart des cas, très satisfaisante du point de vue ordre de grandeur; elle est de plus commode d'emploi sur le terrain.

Le seul ennui de cette méthode est la détermination de K quand on a construit la courbe de pénétration de l'eau : c'est ce problème qui a été résolu de différentes façons par quelques pédologues du MAROC, chaque méthode étant plus ou moins intéressante suivant l'échelle ou le but des prospections.

I - Rappel de la théorie de la méthode (LANGLE, DE CHEVRON-VILLETTE, PUJOS)

Creusons dans le sol, à l'aide d'une tarière de rayon R (en mètres) un trou d'une certaine profondeur H'I, remplissons d'eau ce trou et suivons l'infiltration de l'eau dans le sol en fonction du temps t.

Fig 1



La loi de Darcy nous donne :

$$Q_{l/s} = K_{m/s} \times S_{m^2} \times I$$

débit = coef.permé. x surface d'infiltration
x pente motrice

La surface d'infiltration est égale à :
surface des parois + surface du fond

$$2\pi R h + \pi R^2$$

si h est la hauteur d'eau en mètres à l'instant t.

En admettant que la pente motrice est peu différente de I, la relation s'écrit :

$$Q = K \times S = K (2\pi R h + \pi R^2) \\ = 2 K \pi R (h + R/2)$$

Pendant le temps dit, le plan d'eau baisse le dh et le débit est donc :

$$Q = -\pi R^2 \frac{dh}{dt} \text{ . Le signe - s'explique par}$$

le fait que Q est essentiellement positif, alors que la variation de h est négative.

$$\text{Donc : } Q - 2 K \pi R (h + \frac{R}{2}) = -\pi R^2 \frac{dh}{dt}$$

$$\frac{2K}{R} dt = -\frac{dh}{h + \frac{R}{2}}$$

En intégrant :

$$\frac{2K}{R} t = -L_0 \left(h + \frac{R}{2} \right) + Cte$$

Pour $t = 0$, $h = h_0$ hauteur d'eau initiale, et par conséquent

$$Cte = L_0 \left(h_0 + \frac{R}{2} \right)$$

$$\frac{2K}{R} t = -L_0 \left(h + \frac{R}{2} \right) + L_0 \left(h_0 + \frac{R}{2} \right)$$

Si nous passons aux logarithmes décimaux :

$$\log. \left(h + \frac{R}{2} \right) = \log. \left(h_0 + \frac{R}{2} \right) - \frac{2K}{2,3 R} t$$

Cette équation est de la forme $Y = A - B t$, avec $Y = \log. \left(h + \frac{R}{2} \right)$

$$A = \log \left(h_0 + \frac{R}{2} \right) = Cte, B = \frac{2K}{2,3R} = Cte.$$

Si nous portons les valeurs de $\log. \left(h + \frac{R}{2} \right)$, obtenues en fonction de t sur un papier millimétré où l'on a tracé deux axes de coordonnées gradués en temps pour les abscisses, et logarithmiquement en ordonnées nous obtiendrons une droite dont la pente, compte tenu des unités employées, sera égale à $tg \alpha = B = \frac{2K}{2,3R}$, R étant en mètres, ainsi que h .

D'où :

$$K = \frac{2,3 R}{2} tg \alpha$$

En calculant $tg \alpha$, on en déduit K .

Pratiquement, après avoir creusé le trou de profondeur H'_1 , on remplit le trou d'eau et l'on mesure à l'instant 0 le niveau de l'eau par rapport à un repère fixe, soit au moyen d'une règle, soit ce qui est plus précis, au moyen d'une tige montée sur flotteur coulissant librement dans un bâti gradué (fig.2), on peut aussi faire coulisser une tige recourbée en forme d'hameçon, et l'on notera le renseignement quand le bout de l'hameçon perce le niveau de l'eau (fig.3)

Soit H_0 la hauteur lue.

On recommence à des intervalles de temps réguliers, et, à la fin de l'expérience, on note la nouvelle profondeur du trou H_2 .

La différence $\frac{H'_1 + H'_2}{2}$ vient des éboulements en cours d'expérience.

$$\text{On prend } H = \frac{H'_1 + H'_2}{2}$$

$$\text{On a } h_0 = H - H_0$$

$$h_1 = H - H_1 \text{ etc}$$

$$h_t = H - H_t$$

et l'on peut construire le tableau suivant

t	H _t	h _t	h _t + $\frac{R}{2}$
t ₀	H ₀	H - H ₀	h ₀ + R/2
t ₁	H ₁	H - H ₁	h ₁ + R/2
t ₂	H ₂	H - H ₂	h ₂ + R/2
t ₃	H ₃	H - H ₃	h ₃ + R/2
t ₄	H ₄	H - H ₄	h ₄ + R/2
t ₅	H ₅	H - H ₅	h ₅ + R/2

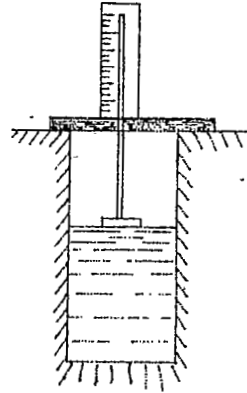


Fig 2

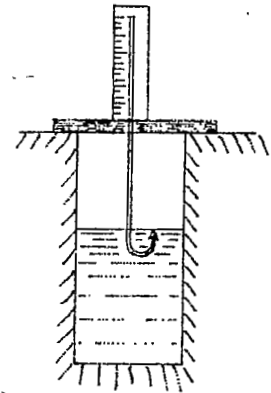


Fig 3

Ayant le tableau complet des valeurs de t et de (h + R/2), on trace sur un papier millimétré deux axes de coordonnées rectangulaires. On porte en ordonnée les valeurs de log (h + R/2) en utilisant, si on ne possède pas de papier semi-logarithmique, la graduation inférieure de la règle d'une règle à calcul.

On porte en abscisse le temps t.

Les points représentatifs se disposent suivant une ou plusieurs droites successives, la vitesse de filtration atteignant une certaine stabilité au bout d'un certain temps; il y aura donc plusieurs valeurs de K pour un même sol, K₁, K₂... Il peut être intéressant de connaître même les valeurs du début.

Pour connaître K, il faut mesurer la vraie pente de la droite correspondante et pour cela tenir compte des unités employées :

$$\text{tg} \alpha = \frac{Y/U_y}{x/U_x}$$

U_x étant l'unité utilisée pour les abscisses et U_y celle des ordonnées.

$$\text{d'où } K = \frac{2,3 R}{2} \text{tg} \alpha_1 \cdot U_x \cdot \frac{1}{U_y} \text{ m/sec.}$$

R étant en mètres

tg α₁ étant la pente de la droite mesurée sur le papier

$$\text{tg} \alpha_1 = \frac{Y}{x}$$

Exemple :

Si le trou a été fait avec une tarière de 8 cms de diamètre, l'échelle des abscisses étant 1 cm = 1 minute, soit 60 sec pour 1 cm, l'échelle des ordonnées ayant été

construite avec la graduation inférieure d'une réglette de règle à calcul de 25 cm.

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{3}{5},$$

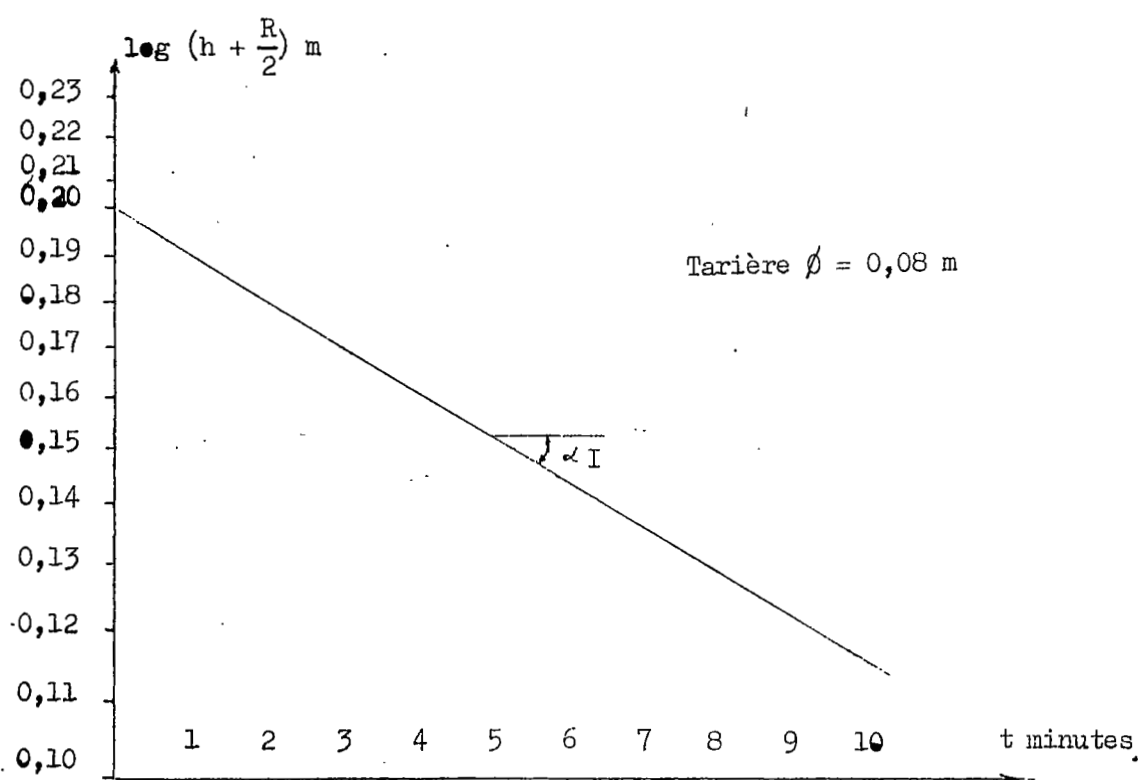
nous aurons $U_x = \frac{1}{60}$

$U_y = 25$ puisque l'unité logarithmique est de 25 cm

$R = 0,05$ (en mètres)

et $K = \frac{2,3}{2} \cdot 0,04 \cdot \frac{1}{60} \cdot \frac{1}{25} \cdot \frac{3}{5} \text{ m/sec}$

$K = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ m/sec}$



II - Méthodes de détermination de K -

Une fois la courbe construite, il faut calculer K; pour éviter les calculs qui sont fastidieux et sources d'erreurs, différentes méthodes sont proposées, chacune correspondant à un but ou à une échelle de cartographie différents.

a) Méthode employée aux Eaux et Forêts (de Beaucorps) -

On ne considère dans cette méthode que les mesures effectuées lors du deuxième remplissage du trou, la perméabilité du sol sec n'étant pas étudiée dans ce système.

Principe : Le trou mesure 50 cm de profondeur et la tarière a 10 cm de diamètre. On mesure le temps nécessaire pour que l'eau descende à 40 ou 45 cm et en déduit la valeur de K.

Pratiquement cinq à six relevés paraissent suffisants pour la détermination de la vitesse d'écoulement.

On déduit K du tableau suivant :

Profondeur du forage : 50 cm

Temps	15mn	30mn	50mn	65mn	80mn	100mn	130mn	160mn	320mn
Profondeur 40 cm	4.10^{-5}	2.10^{-5}	$1,2.10^{-5}$	9.10^{-6}	7.10^{-6}	6.10^{-6}	5.10^{-6}	$3,5.10^{-6}$	$1,8.10^{-6}$
Profondeur 45 cm	5.10^{-5}	$2,5.10^{-5}$	2.10^{-5}	$1,2.10^{-5}$	1.10^{-5}	8.10^{-6}	6.10^{-6}	5.10^{-6}	$2,5.10^{-6}$

Ainsi, si l'on a trouvé au bout de 50 minutes 42 cm, on saura immédiatement que la perméabilité est comprise entre $1,2.10^{-5}$ et 2.10^{-5} soit $1,5.10^{-5}$

De plus afin d'éviter à l'agent exécutant de perdre une journée sur un trou qui ne se vide pas, il suffit de lui indiquer que chaque fois que l'eau descend très lentement et met plus d'une demi-heure pour descendre de 20 cm, il lui suffira de mesurer le temps nécessaire pour que l'eau atteigne cette profondeur et d'en déduire la perméabilité d'après le tableau suivant :

Temps	36 mn	72 mn	100 mn	180 mn
Profondeur 20 cm	5.10^{-6}	$2,5.10^{-6}$	2.10^{-6}	1.10^{-6}

En effet, il serait ridicule d'attendre les dix heures nécessaires pour que l'eau atteigne 40 cm.

Remarques :

- 1) - Si la tarière ne mesure pas 10 cm de diamètre, K étant une fonction linéaire du diamètre, il suffit de multiplier le résultat trouvé pour K par $D/10$, D étant le diamètre de la tarière
- 2) - Si la profondeur n'atteint pas 50 cm, bien que ce soit celle la mieux adaptée aux buts poursuivis par la D.R.S., le tableau suivant donne les valeurs de K pour un trou de 30

Temps	10mn	20mn	50mn	70mn	100mn	140mn	200mn	500mn
Profondeur 15 cm	$3 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$6,5 \cdot 10^{-6}$	$4,5 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$2,3 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$6,5 \cdot 10^{-6}$
	$5 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$1,10^{-6}$	$5,10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-6}$	$3,5 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$1,10^{-6}$

Les Eaux et Forêts utilisent aussi l'abaque ci-jointe, construite pour une profondeur de 50 cm, l'échelle des ordonnées étant logarithmique U 25 cm, tandis que l'échelle des abscisses est de $U = 1/600$ I cm pour 10 minutes.

Cette abaque donne directement les renseignements sur la perméabilité du terrain.

Il est admis que les banquettes horizontales sont possibles pour $K = 1,2 \cdot 10^{-5}$

Il semble d'ailleurs possible d'utiliser cette abaque pour n'importe quelle profondeur de forage (N.D.L.R.)

Cette méthode semble intéressante pour une cartographie à grande échelle (minimum 1/50.000) de façon que l'on puisse creuser des trous assez éloignés et aller de l'un à l'autre en jeep, le temps de transport correspondant à l'intervalle entre les lectures.

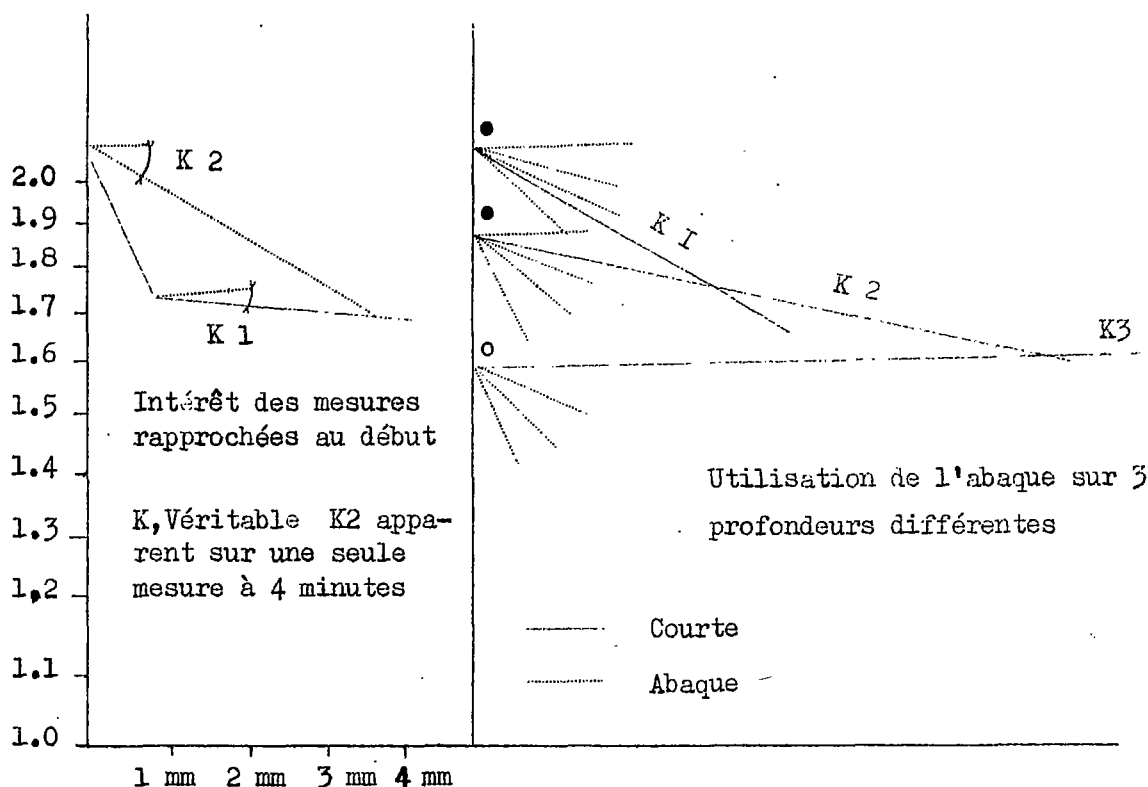
B - Méthode de CHEVRON-VILLETTE et ROEDERER -

Cette méthode a pour but l'étude de la perméabilité des sols à une cadence assez rapide puisque chaque mesure demande 20 minutes.

La mesure sur le terrain se fait suivant la méthode PORCHET classique, avec une tarière de 8 cm, les mesures étant faites à 15 sec., 30 sec, 45 sec, 1 mn, 2 mn, 3 mn, 4 mn, 5 mn, 6 mn, 8 mn, 10mn, 15 mn, 20 mn,

Les mesures du début, rapprochées, sont destinées à avoir la première portion de droite correspondant au sol sec, afin de réduire l'erreur commise sur le coefficient de la seconde droite: au début, la pente est forte et produirait une erreur sur le coefficient K normal du sol si l'on n'y faisait pas attention. Cette correction n'est importante que pour un temps de mesure aussi court que celui employé.

La courbe est construite avec, pour l'abscisse, 1 cm pour 1 minute et pour l'ordonnée, l'unité logarithmique égalant 25 cm.



La courbe une fois construite, on superpose à celle-ci l'abaque ci-jointe; cette abaque est valable pour n'importe quelle profondeur à condition de mettre le point 0 de l'abaque sur le point où la droite construite coupe l'axe des ordonnées.

Il suffit de lire en 10^{-6} les valeurs de K données par l'abaque.

Remarques :

- 1) - Dans le cas où l'on emploie une tarière de diamètre D différent de 8 cm, il suffit de multiplier le résultat obtenu par D/8.

De la même façon, si l'on emploie une autre échelle des temps, il suffira de multiplier, le résultat trouvé par l'abaque par le rapport des unités U' (nouvelle échelle) et U (échelle de l'abaque)

Si l'on emploie une autre échelle logarithmique, on multipliera le résultat lu sur l'abaque par le rapport :

U (échelle de l'abaque)

U' (échelle nouvelle)

Exemples :

Si l'abaque donne $60 \cdot 10^{-6}$, et que l'on a employé une tarière de 10 cm, une échelle de 1 cm pour 10 minutes, et une règle à calcul de 36 cm au lieu respectivement de 8 cm,

./.

1 cm pour une minute et une règle de 25 cm.

$$K = 60 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{10}{8} \cdot \frac{\frac{1}{600}}{\frac{1}{60}} \cdot \frac{25}{36} = 60 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{10}{8} \cdot \frac{1}{10} \cdot \frac{25}{36}$$

$$K = 5,2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

- 2) - Il est possible, sous certaines conditions d'employer, à défaut de l'abaque, un simple rapporteur; le chiffre lu sur le rapporteur sera celui de K, à 10⁻⁶ près.

Mais la valeur de α_1 augmentant de façon arithmétique tandis que K est fonction de $\text{tg} \alpha_1$, ces valeurs ne seront qu'approchées et seulement pour de petits angles; c'est ainsi que si l'on prend pour l'échelle des temps 1 cm pour 33,5 sec., tout en gardant la règle à calcul de 25 cm pour l'échelle des hauteurs, K est un peu inférieur à 1 (à 10⁻⁶ près) jusqu'à $\alpha_1 = 20^\circ$ et cette méthode devient inutilisable au dessus de $\alpha_1 = 40^\circ$.

(Voir le tableau et la courbe ci-jointe).

Quelle que soit l'échelle de temps prise, les valeurs de $\text{tg} \alpha$ augmentant très rapidement au dessus de 45°, il ne sera pas possible d'utiliser le rapporteur pour les valeurs élevées de K.

Exemple : en prenant 1 cm pour 40 sec

pour = 30, K = 26,56
 = 40, K = 38,60
 = 45, K = 46,00
 = 50, K = 54,82

∴ 1 cm pour 50 sec.

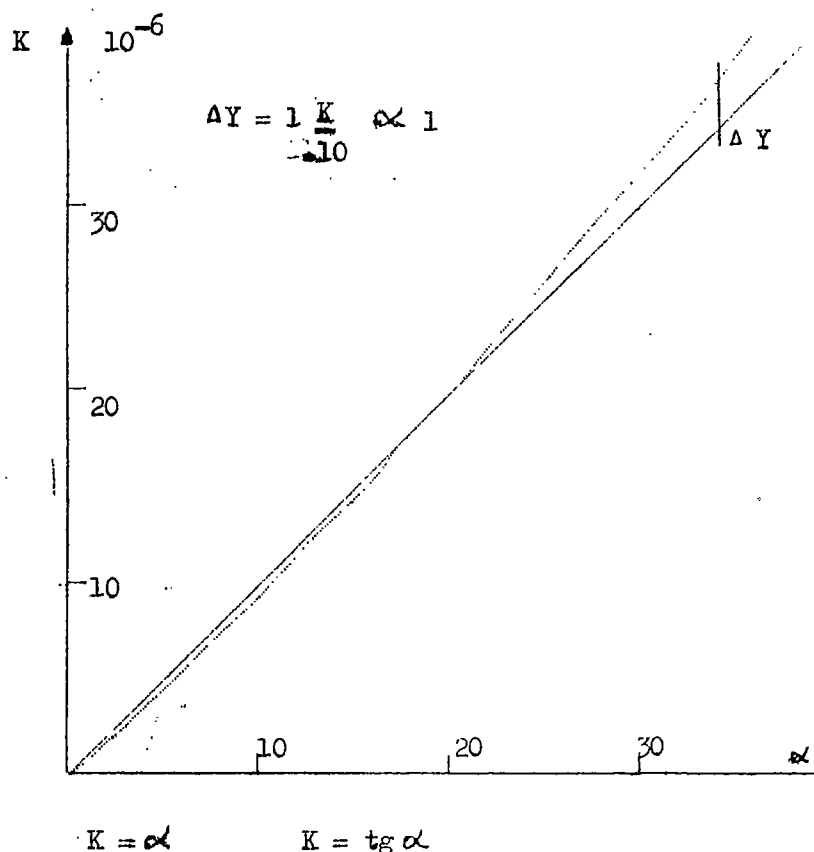
: pour = 45, K = 36,80
 : = 50, K = 43,86
 : = 60, K = 63,74

1	K	1	K	1	K
1	0,958	10	9,685	19	18,91
2	1,936	11	10,680	20	19,99
3	2,878	12	11,67	22	22,19
4	3,850	13	12,68	24	24,46
5	4,805	14	13,69	26	26,79
6	5,773	15	14,72	28	29,21
7	6,744	16	15,75	30	31,71
8	7,719	17	16,79	35	38,46
9	8,699	18	17,85	40	46,09

Tableau d'équidistance

$$\frac{K}{10^{-6}} = \text{tg} \alpha_1$$

Pour $\begin{cases} U_x = \frac{1}{33,5} \\ U_y = 25 \end{cases}$



Cette méthode est surtout intéressante pour les cartes à échelle réduite où le nombre de mesures sur un espace restreint est relativement important; on peut faire 3 répétitions de la mesure en un point donné en moins de 40 minutes au moyen de trois trous rapprochés, les lectures étant décalées de 6 minutes 30 secondes.

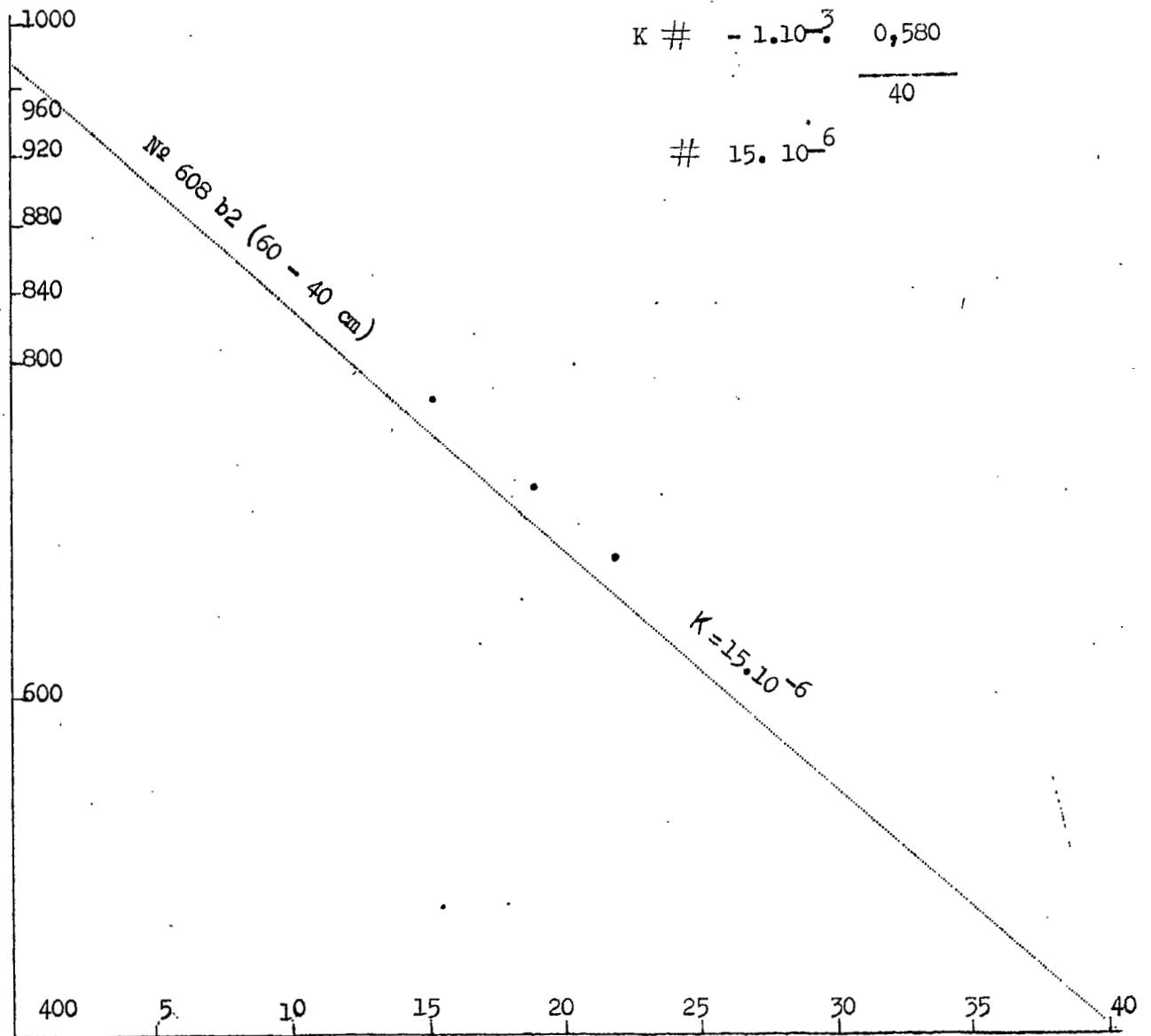
Les profondeurs à atteindre dépendent du but poursuivi : il est possible de faire une mesure par horizon, mais il peut être intéressant de prendre la perméabilité du sol juste au dessous de la semelle de labour, pour les terres cultivées.

C - Méthode PUJOS

Toujours basée sur la méthode PORCHET classique, cette variante consiste à déduire directement K de la pente $\text{tg } \alpha$ de la droite joignant dans sa partie moyenne les points de la courbe.

On prend pour échelle de temps 1 cm = 2 mn 30 et pour ordonnée 1 unité = 25 cm. Le temps pris en minute et toutes les mesures de dimension étant effectuées en centimètres la vitesse de filtration K en mètres : secondes se calcule en multipliant par 1.10^{-3} la pente:

$$K_i = \frac{\Delta \log H}{\Delta t} \text{ exprimé en unité du graphique.}$$



C - Méthode PUJOS - (Variante)

Toujours basée sur la méthode PORCHET classique, cette variante consiste à déduire directement K de la pente $\text{tg } \alpha$, de la droite joignant dans sa partie moyenne, les points de la courbe.

Pour cela, en prenant pour l'échelle de temps 1 cm pour 2 mn 30 sec soit 1 cm = 150 sec, et pour ordonnée la règlette (partie inférieure) de la règle à calcul de 25 cm, la tarière mesurant 6 cm de diamètre, la vitesse de filtration est sensiblement égale au produit par 1.10^{-5} de $\text{tg } \alpha_1$.

En effet,

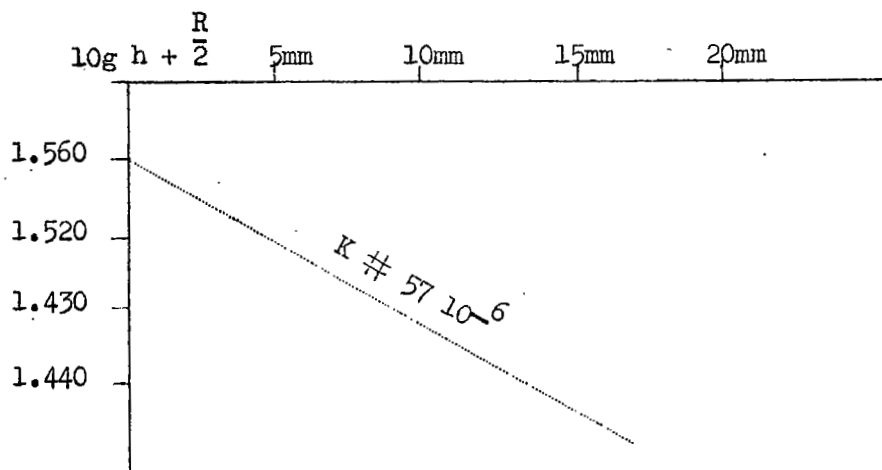
$$K = \frac{2,3}{2} \cdot \frac{3.10^{-2}}{25} \cdot \frac{1}{150} \text{tg } \alpha_1$$

$$K = \frac{2,3}{2,3} \cdot \frac{10^{-2}}{10^{-3}} \text{tg } \alpha_1$$

$$K = 1.10^{-5} \text{tg } \alpha_1$$

./.

Cette méthode permet, sans abaque et sans calcul, d'avoir un ordre de grandeur de la valeur de K



III - Conclusions -

Telle sont les différentes variantes de la méthode Porchet employées jusqu'à ce jour par les pédologues du Maroc.

Pour l'interprétation des résultats, on se reportera aux valeurs données par le Génie Rural et tirées au cours professé à l'Institut National Agronomique par A. BLANC.

- $K < 10^{-6}$: sol imperméable
- $1.10^{-6} < K < 5.10^{-6}$: Sol peu perméable, à irriguer prudemment
- $5.10^{-6} < K < 5.10^{-5}$: Sol perméable
- $5.10^{-5} < K < 10^{-5}$: Sol très perméable

Rappelons "qu'en ce qui concerne la D.R.S., et bien que le pouvoir filtrant ne soit pas la seule donnée dans le calcul des ouvrages, la conclusion pratique est que les banquettes horizontales sont possibles pour les terrains très perméables et les terrains perméables pour lesquels on a :

$$K \geq 1,2.10^{-5}$$

Au delà de cette valeur de K, il conviendra d'adopter une pente longitudinale d'autant plus forte que la nature du sol sera argileuse".

BIBLIOGRAPHIE -

- I - Eaux et Forêts - Arrondissement d'OUJDA :
- Note sur la mesure du pouvoir filtrant d'un sol en place 1955
- II - Eaux et Forêts - G. De BEAUCORPS :
- Note sur les modalités pratiques d'exécution des mesures du pouvoir filtrant d'un sol en place

RABAT 1956

III - S. O. G. E. T. I. M. - PUJOS :

- Mesures de perméabilité - Extrait du rapport agronomique de MENZEL - BOU - ZELFA

TUNISIE 1956

IV - O. R. S. T. O. M. - de CHEVRON-VILLETTE

- Perméabilité et abaques

inédit

V - S. O. G. E. T. I. M. - LANGLE

- Méthode de PORCHET

inédit

RABAT, Mai 1956

P. ROEDERER

(dessins d'après J. WILBERT)

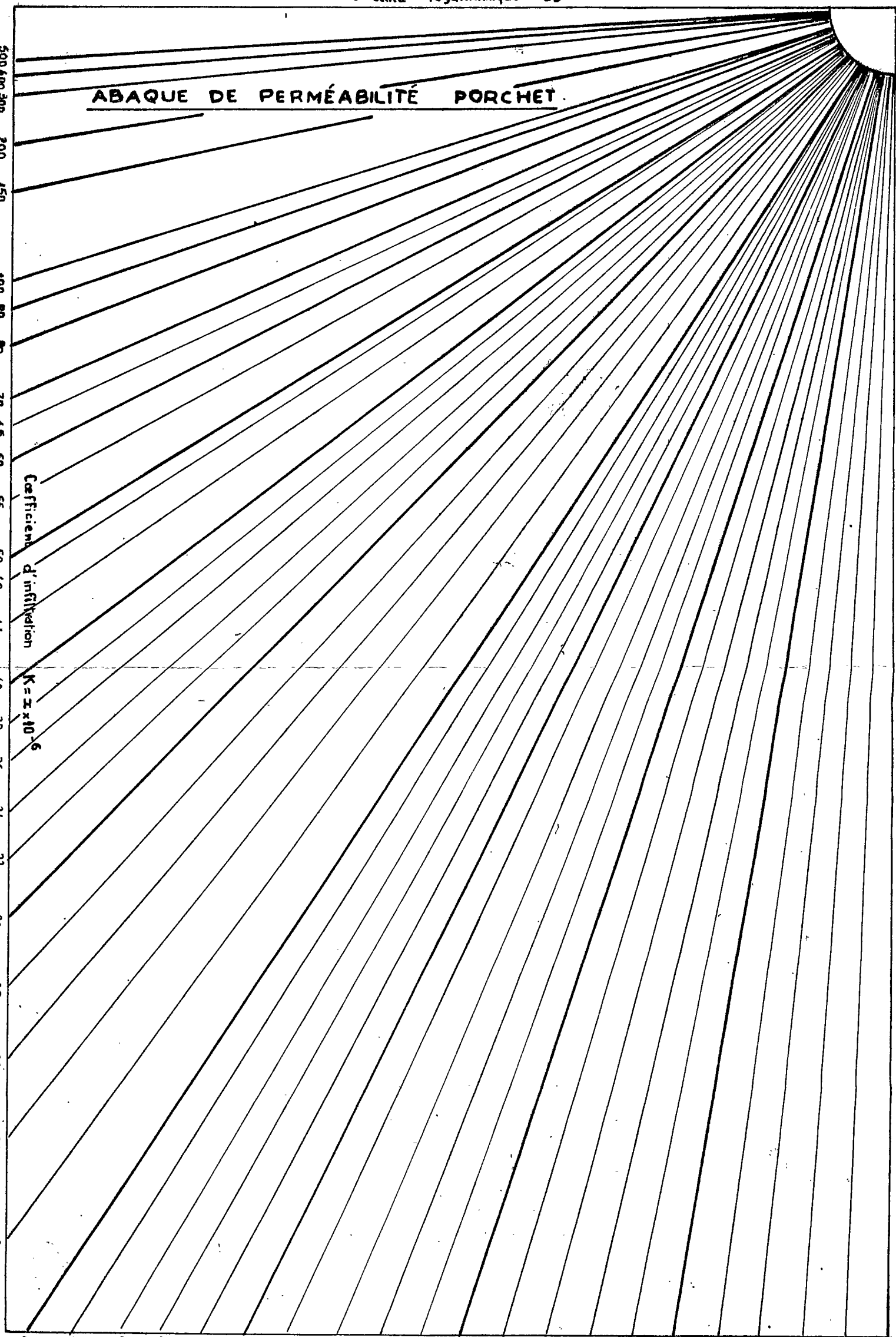
ABaque DE PERMEABILITÉ PORCHET

500 400 300 200 150 100 90 80 70 65 60 55 50 48 46 40 38 36 34 32 30 28 26 24 22

Coefficient d'infiltration $K = \alpha \times 10^{-6}$

1 cm = 1'

20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1



K véritable

ABAUQUE

Permettant de connaître la valeur de K
à partir de l'abaque générale si l'on a
employé tarières ou échelles différentes

Tarière: $\phi 10$ diamètre 10 cm

$\phi 6$ diamètre 6 cm

au lieu de $\phi 8$

Temps $U_x = 1/600$ 1cm pour 10mn

$U_x = 1/300$ 1cm pour 5mn

$U_x = 1/150$ 1cm pour 2mn 30s

au lieu de $U_x = 1/60$

Echelle log: $U_y = 36$ règle à calcul

de 36 cm

au lieu de $U_y = 25$

Mode d'emploi

K véritable

Kabaque

$\phi 10$

$\phi 6$

$U_y = 36$

$U_x = 1/150$

$U_x = 1/300$

$U_x = 1/600$

K de l'abaque

MESURE DU POUVOIR FILTRANT DES SOLS (ABAQUE DE PERMEABILITE)

METHODE PORCHET

