



HAL
open science

Double sonde gammametrique LPC-INRA

J.C. Gaudu

► **To cite this version:**

| J.C. Gaudu. Double sonde gammametrique LPC-INRA. 14 p., 1984. hal-02856450

HAL Id: hal-02856450

<https://hal.inrae.fr/hal-02856450>

Submitted on 8 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Gaudu,

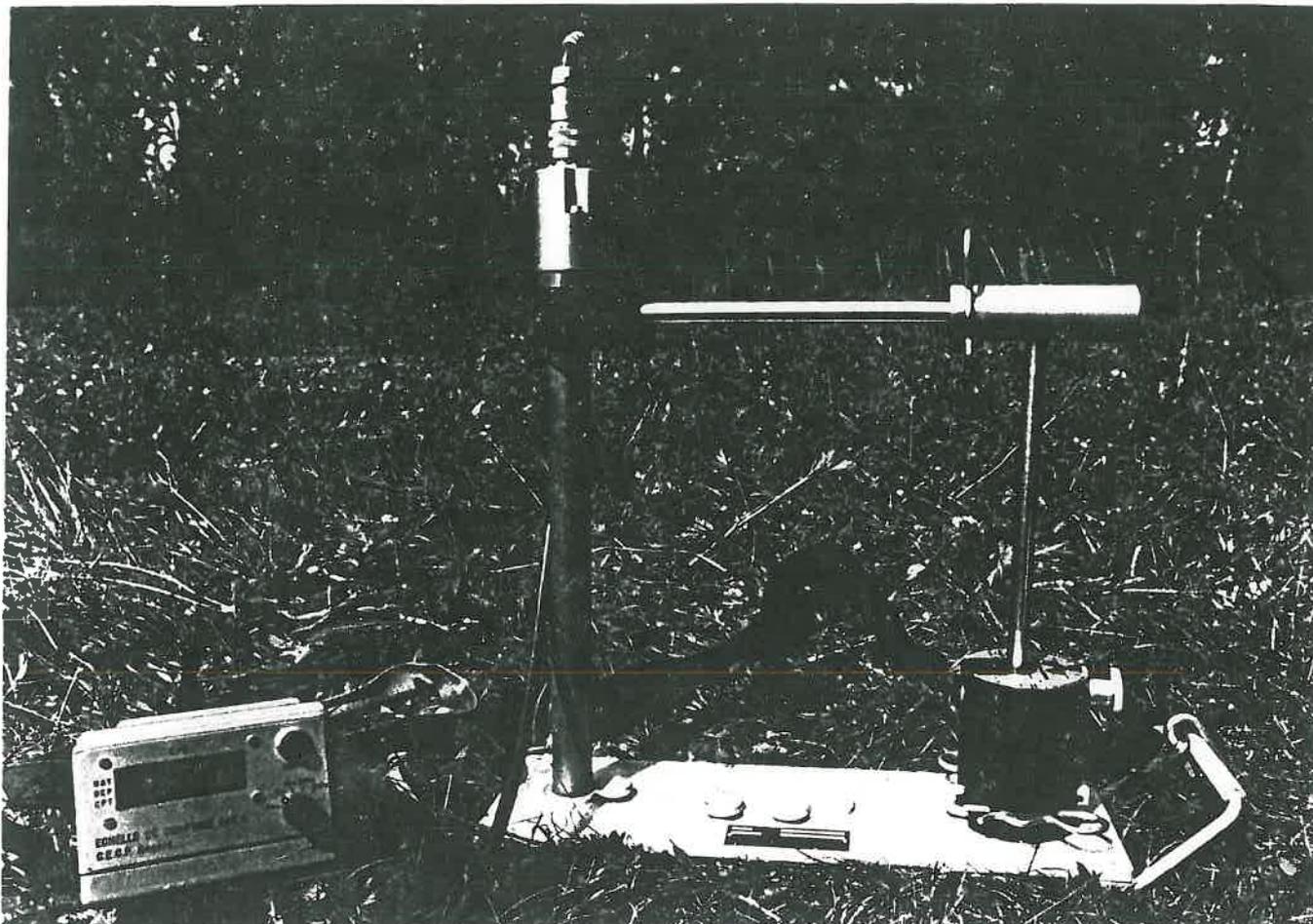
149

DOUBLE - SONDE GAMMAMETRIQUE

L.P.C. - I.N.R.A.

I.N.R.A. - Science du Sol

1974



Double Sonde Gammamétrique L.P.C.* - I.N.R.A.**

La double sonde L.P.C.-I.N.R.A. est un gammadensimètre conçu et construit par le Centre d'Etudes et de Construction de Prototypes de l'Équipement d'Angers. La contribution de l'I.N.R.A. (Station de Science du Sol d'Avignon) dans son élaboration a consisté à établir un cahier des charges visant à adapter la méthode gammadensimétrique aux problèmes agronomiques et aux conditions pratiques de sa mise en œuvre au champ.

La double sonde L.P.C.-I.N.R.A. est particulièrement destinée à la mesure de la densité dans les 50 premiers centimètres de sol à partir de la surface. La résolution verticale obtenue permet de rendre compte des discontinuités du profil, souvent rencontrées dans ces couches, induites par le travail du sol.

* L.P.C. : Laboratoire des Ponts et Chaussées

** I.N.R.A. : Institut National de la Recherche Agronomique

PRINCIPE DE LA METHODE

Le principe de la méthode consiste à introduire la source émettrice (^{137}Cs) et le détecteur (cristal scintillateur) dans deux trous parallèles préalablement forés. Un assemblage mécanique permet de maintenir face à face la source et le détecteur durant l'auscultation.

Le spectre de faible énergie du rayonnement détecté est partiellement éliminé par un dispositif de seuillage des impulsions résultant des photons d'énergie inférieure à 0,1 MeV et par des filtres mécaniques disposés autour du détecteur. Cependant, la conception retenue ne permet pas d'opérer dans les conditions d'application de l'équation d'atténuation. Une relation entre le nombre de photons comptés et la densité est obtenue expérimentalement par des mesures dans des matériaux de densité et de nature chimique connus avec précision. La relation expérimentale est linéaire entre 1 000 kg et 2 500 kg/m³.

DESCRIPTION DE L'APPAREILLAGE

Double Sonde

La source radioactive est fixée à l'extrémité d'une tige d'acier, graduée en centimètres, coulissant dans un conteneur blindé.

Au repos, elle est maintenue dans celui-ci par un dispositif de verrouillage excluant sa mise à l'air accidentelle, conformément aux réglementations en vigueur relatives à la radioprotection. Un écrou de serrage placé sur le conteneur permet de maintenir la source à la profondeur choisie pour la mesure.

Le détecteur et une partie de la chaîne de comptage (photomultiplicateur, alimentation H.T., amplificateur, seuillage et circuit de mise en forme) sont placés à l'intérieur d'un tube d'acier inoxydable (\varnothing : 31,8/29,8).

La tige porte-source et le tube porte-détecteur sont maintenus parallèles par un dispositif constitué d'une tige de couplage et d'une plaque embase placée à la surface du sol pendant la mesure. La plaque embase permet notamment de réaliser des mesures à la proximité immédiate de la surface en réduisant l'effet d'interface avec l'air.

Différentes distances de scrutation (épaisseur de matériau compris entre la source et le détecteur) peuvent être obtenues selon l'équipement : 30-20 et 15 cm avec une source de 5 mCi ; 15-10 cm avec une source de 1 mCi.

Cet ensemble constitue la double sonde proprement dite, son poids est de 18 kg.

Echelle de comptage

Les impulsions mises en forme dans le tube porte détecteur sont transmises par un câble blindé au circuit de comptage contenu dans un boîtier indépendant.

Ce boîtier est réalisé en résine armée, il est étanche à la pluie et pèse 5 kg. Il comporte les fonctions de sélection du temps de mesure (10 s, 30 s, 100 s, 300 s) ainsi qu'un test de vérification du circuit de comptage. Le nombre d'impulsions est affiché sur un cadran à cristaux liquides comportant également un témoin de charge des batteries et un témoin de dépassement de capacité d'affichage.

Ce boîtier comporte les batteries d'alimentation (Cadmium Nickel, 6 V) qui permettent une autonomie de 15 h de fonctionnement pour une durée de charge de 15 h (6 V, 700 mA).

Emballage, matériel annexe

La sonde est livrée avec un boîtier en résine armée garni de mousse de forte densité. Il permet un rangement rationnel du matériel et une grande sécurité contre les chocs durant le transport.

Le boîtier peut contenir l'ensemble du matériel nécessaire à la mesure :

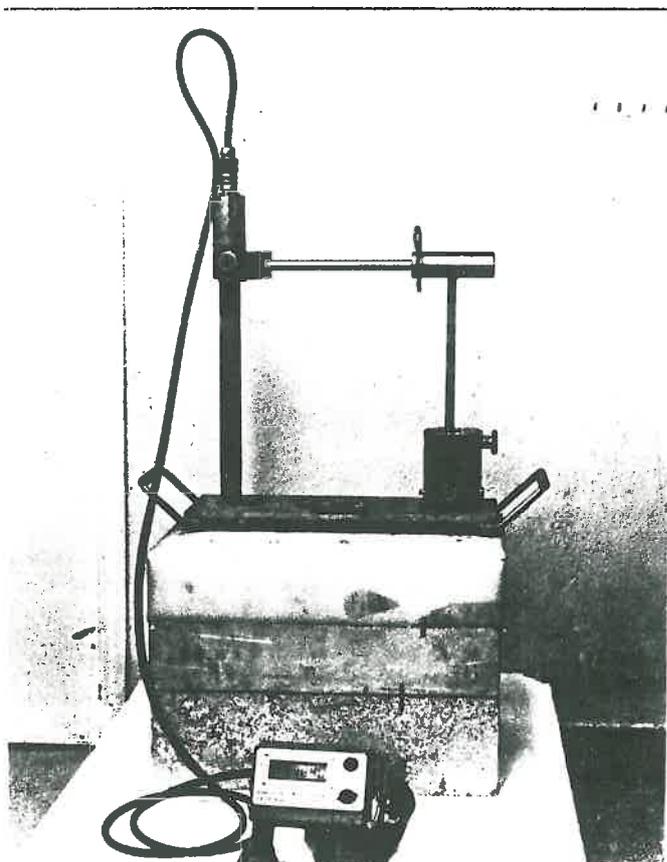
- la double sonde
- la plaque embase
- l'échelle de comptage ECP 566
- un chargeur de batteries
- deux jeux de tubes
- un guide de perçage
- deux cables de liaison.

MISE EN ŒUVRE

1/ Étalonnage

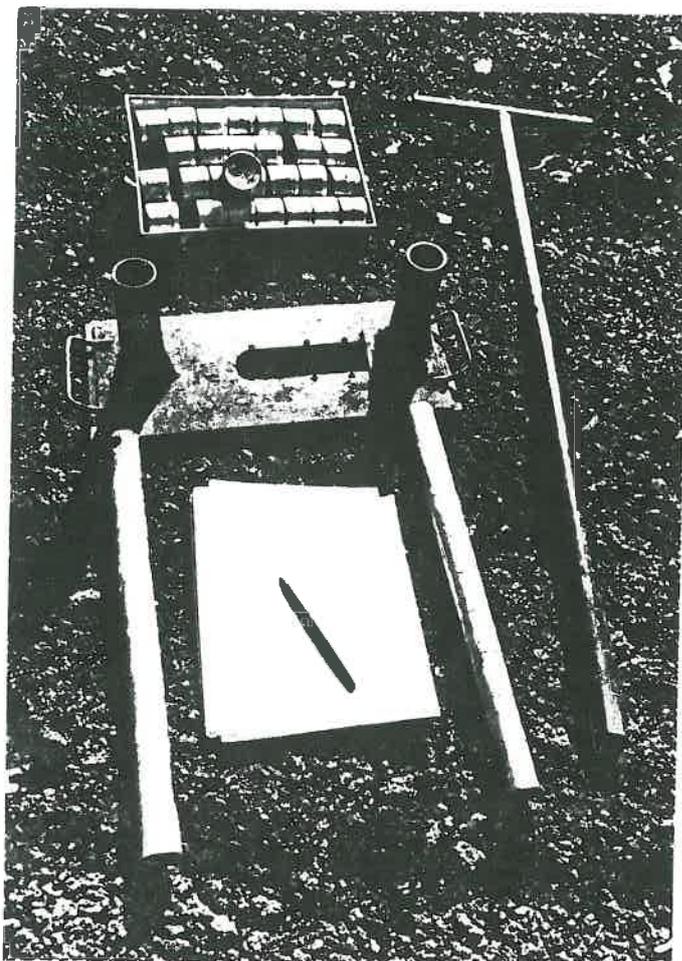
La double sonde est livrée avec un étalonnage réalisé au C.E.C.P. d'Angers.

Un réétalonnage périodique rendu nécessaire par la décroissance de l'activité de la source (période du ^{137}Cs : 30 ans) est réalisé par l'utilisateur au moyen de deux blocs étalons (Technyl et Béton) dont les caractéristiques précises sont fournies par le constructeur. Ces blocs sont percés de trous permettant l'étalonnage aux différentes distances de scrutation.



Sonde sur ses blocs
étalons

2/ Préparation du site de mesure



La préparation du site de mesure requiert un soin particulier. Son objet réside dans la réalisation de deux trous permettant l'accès de la sonde. Cette préparation ne doit pas être perturbatrice de l'échantillon et un parallélisme rigoureux des trous doit être visé. Un guide de perçage est livré avec la sonde à cet effet.

Une technique de perçage est adoptée par l'utilisateur en fonction des propriétés du milieu rencontré.

Dans le domaine des applications agronomiques, la plupart des problèmes rencontrés (hormis la présence de cailloux) peuvent être résolus au moyen d'une tarière constituée d'un tube d'acier (\varnothing : 40 mm extérieur) refendu sur lequel un bord d'attaque est aménagé. L'outil de perçage ainsi constitué présente l'avantage d'être autoguidé durant le perçage et permet ainsi la réalisation de trous parfaitement rectilignes. Le trou peut ensuite être tubé ou non selon l'état de cohésion du milieu.

Le cas de sols très meubles et agrégés peut également être traité avec un outil de ce type, mais de diamètre inférieur (\varnothing : 35 mm). Le perçage est alors effectué au travers de tubes d'accès, ouverts à leur extrémité et chanfreinés à 45° vers l'intérieur. L'enfoncement du tube simultanément au perçage permet d'éviter l'éboulement de la terre dans le trou.

Des tubes d'aluminium de diamètre 40 x 36 sont aisément disponibles dans le commerce.

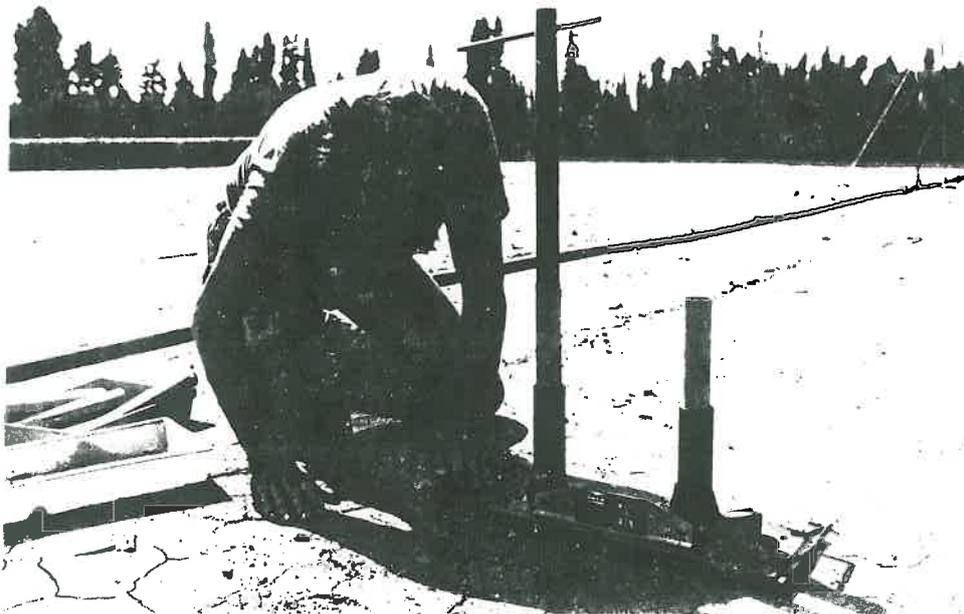
Dans la plupart des cas, la technique de perçage décrite permet de limiter à une valeur inférieure à 2 mm l'écart à la distance nominale de scrutation. Il est cependant utile de mesurer cette distance à la cote de la mesure soit pour rejeter les mesures réalisées avec des écarts de scrutation non négligeables, soit pour leur apporter une correction.

La mesure d'écartement réel entre les tubages peut être effectuée à partir d'une tranchée si le profil ausculté doit être observé, soit par la mesure hors du sol entre deux tiges enfoncées dans les tubes. Il est alors possible de déterminer l'écartement précis entre les tubes à la cote de scrutation par application du théorème de Thalès.

La préparation du site de mesure est l'opération la plus limitante du rendement. Aussi, est-il souvent nécessaire de procéder aux mesures à deux personnes, l'une effectuant les avant-trous, l'autre réalisant les comptages.

De cette manière, il est possible de scruter jusqu'à 20 profils complets par jour.

Le sol prélevé pour le perçage des avant-trous peut être utilisé pour le dosage de l'humidité par gravimétrie.



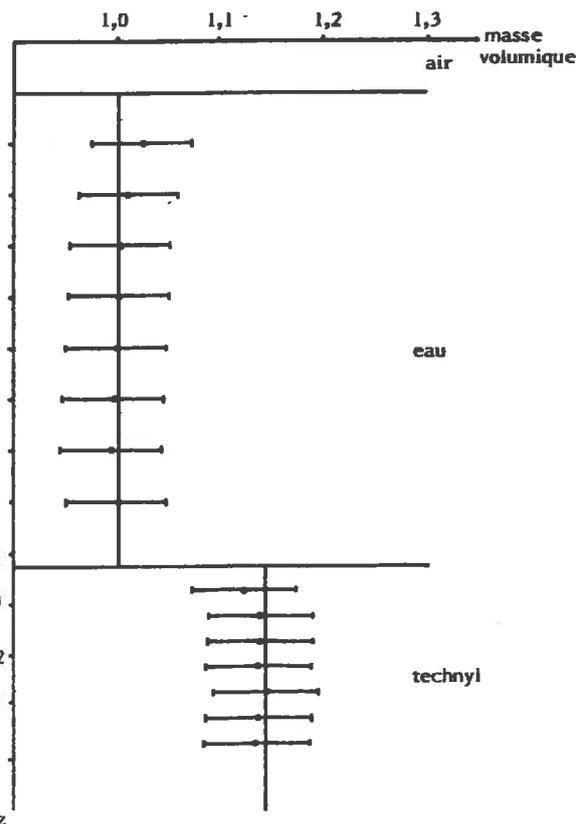
CARACTERISTIQUES DE LA MESURE

1/ Volume de mesure-résolution

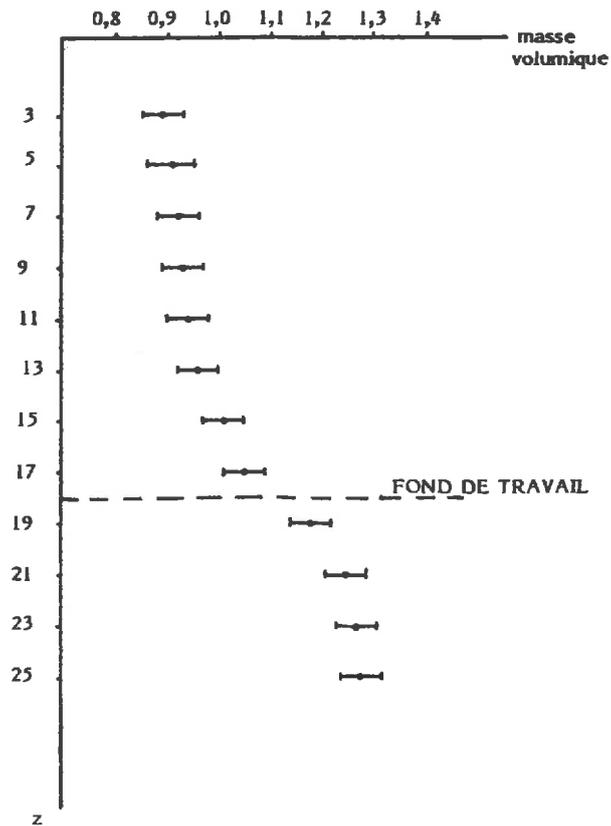
La distance à l'axe source détecteur à partir de laquelle l'effet de voisinage d'un milieu de densité différente est significatif sur la mesure de la densité en un milieu donné varie, selon l'écart de densité entre ces milieux et la distance retenue pour la scrutation, de 2,5 à 3,5 cm.

Il est par ailleurs possible de réaliser des mesures à partir de 3 à 5 cm de la surface.

SCRUTATIONS SUR MILIEUX HOMOGENES



PROFIL DE DENSITE APRES PASSAGE D'UN ROTAVATOR



2/ Précision de la mesure

Dans un premier temps, l'étalonnage permet d'établir une relation statistique :

$$\rho_0 = -a \ln C + b \quad (1)$$

C = nombre de coups par seconde

ρ_0 = masse volumique normalisée (g.cm^{-3})

ρ_0 est une valeur de masse volumique obtenue selon le processus suivant :

Partant de la loi d'atténuation,

$$C = C_0 e^{-l(\rho_d \mu_s + \rho_w \mu_w \theta)}$$

l = longueur traversée par le rayonnement (cm)

ρ_d = masse volumique du sol sec (g.cm^{-3})

μ_s = coefficient d'absorption massique du sol sec ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$)

ρ_w = masse volumique de l'eau (g.cm^{-3})

μ_w = coefficient d'absorption massique de l'eau ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$)

θ = teneur en eau volumique

On écrit :

$$C = C_0 e^{-l(\rho_d \mu_s + \rho_w \mu_w \frac{\rho_d W}{\rho_w})}$$

W = teneur en eau pondérale

$$C = C_0 e^{-l \rho_d (\mu_s + \mu_w W)}$$

Si l'on choisit pour référence la valeur du coefficient d'absorption massique du calcaire (μ_0), on peut écrire :

$$C = C_0 e^{-l \rho_d \mu_0 \left(\frac{\mu_s}{\mu_0} + \frac{\mu_w}{\mu_0} W \right)}$$

Un sol quelconque, de densité ρ_d , de coefficient d'absorption massique μ_s et de teneur en eau W , a le même comportement vis-à-vis de l'atténuation du rayonnement gamma qu'un milieu constitué de calcaire sec dont la densité serait ρ_0

$$\rho_0 = \rho_d \left(\frac{\mu_s}{\mu_0} + \frac{\mu_w}{\mu_0} W \right)$$

Dans le cas de l'étalonnage, W étant nul, on prend pour valeur de densité

$$\rho_0 = \rho_d \left(\frac{\mu_s}{\mu_0} \right)$$

L'analyse statistique de la relation (1) permet d'obtenir l'estimation de ρ_0 et son erreur associée.

Connaissant ρ_0 , on détermine alors la masse volumique sèche du matériau scruté par la relation :

$$\rho_d = \frac{\rho_0}{\left(\frac{\mu_s}{\mu_0} + \frac{\mu_w}{\mu_0} W\right)} \quad (2)$$

La détermination de l'incertitude sur ρ_d fait alors intervenir un calcul d'erreur à partir des 5 variables de la relation (2) et de leur erreur associée :

$$\Delta\rho_d = f(\Delta\rho_0, \Delta W, \Delta\mu_s, \Delta\mu_w, \Delta\mu_0)$$

Dans le cas général, le coefficient d'absorption massique du sol est peu différent de celui du calcaire.

Dans la pratique, on a alors :

$$\mu_0 = 0,0776 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$$

$$\mu_s \approx \mu_0$$

$$\mu_w = 0,0857 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$$

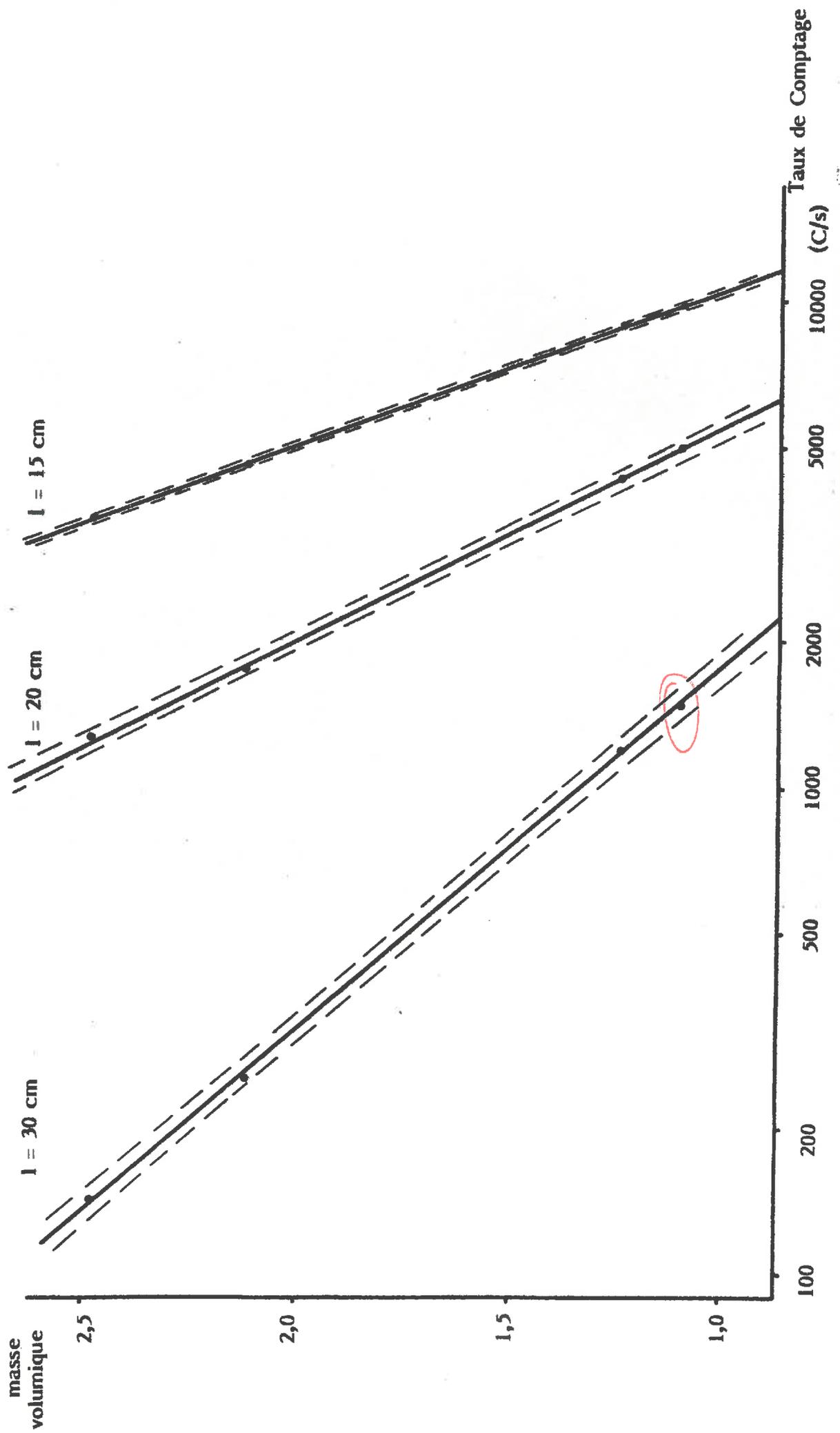
$$\rho_d \approx \frac{\rho_0}{1 + 1,1 W}$$

W est déterminée par gravimétrie sur des échantillons prélevés au lieu de mesure.

3/ Incidence de la température sur la mesure

Le tableau ci-dessous montre les variations de comptage enregistrées et leur incidence sur la mesure de ρ_0 lorsqu'on soumet l'appareillage à différentes températures en enceinte climatique.

t° (°C)	C/s	masse volumique mesurée
12	570 ± 1,6	1,670
21,5	58 ± 1,6	1,660
30,5	575 ± 1,6	1,662



ρ_d	Distance scrutée		
	30 cm	20 cm	15 cm
2,40	1,9 %	2,3 %	1,1 %
2,20	2,0 %	2,3 %	1,2 %
2,00	2,0 %	2,5 %	1,2 %
1,80	2,2 %	2,7 %	1,4 %
1,60	2,5 %	3,0 %	1,5 %
1,40	2,9 %	3,5 %	1,7 %
1,20	3,5 %	4,3 %	2,1 %
1,10	3,9 %	4,8 %	2,5 %

Erreur relative sur ρ_d pour $P = 95 \%$

Distance de scrutation	
30 cm	$\rho_d = - 0,580 \ln C + 5,35$ $r = 0,9997$
20 cm	$\rho_d = - 0,986 \ln C + 9,50$ $r = 0,9995$
15 cm	$\rho_d = - 1,360 \ln C + 13,60$ $r = 0,9999$

Relations statistiques obtenues par étalonnage

$n = 4$ points

Conditions de réception et Service Après-Vente en France.

Le contrôle réception des appareils est exécuté par le Centre Coordonnateur d'ANGERS (C.C.A.), suivant le protocole utilisé pour le matériel propre aux Services des Ponts et Chaussées. Il comprend l'étalonnage pour les deux épaisseurs de mesure correspondant à la source choisie.

La notice d'utilisation de l'appareil faite en commun par les représentants qualifiés du L.R.A. et de l'I.N.R.A. définit les conditions :

- de réétalonnage périodique,
- du contrôle des performances (résolution, stabilité thermique en particulier).

Le C.C.A. assure la formation des utilisateurs à l'emploi des appareils avec remise à ceux-ci de la notice d'utilisation. Cette formation élémentaire de mise en œuvre est complétée, autant que de besoin, par une initiation à l'usage spécifique en agronomie, assurée par la Station de Science du Sol d'AVIGNON avec pour objectif de diffuser auprès de ces utilisateurs à vocation finalisée, l'ensemble des compétences techniques et méthodologiques correspondants à cet usage.

A/ Réparation-Dépannage

Le diagnostic et la réparation des pannes affectant la double sonde et/ou l'échelle de comptage sont assurés par le C.C.A. et sous sa responsabilité, le matériel lui étant retourné à cette fin. En dehors de la période de garantie, la fourniture des pièces et le coût de la main d'œuvre sont facturés au demandeur suivant le tarif en vigueur au C.C.A.

B/ Garantie

L'appareil, à l'exclusion du détecteur (Scintibloc) est couvert par une garantie d'un an pendant laquelle le service réparation-dépannage est assuré gratuitement par le C.C.A.. Le Scintibloc est couvert exclusivement par la garantie du fabricant. Il est précisé qu'aucune action en garantie ne saurait être valablement dirigée contre l'I.N.R.A..

