

SYSTEME "WIND" (Caractérisation hydrodynamique des sols)

"WIND" system (Hydrodynamic characterization of soils)

WIND

La maîtrise de l'eau dans les sols, sa teneur, ses flux dans toutes les directions, sont autant de paramètres qu'il devient impératif de connaître avec la plus grande exactitude. En effet, lorsque l'on sait que tout rejet polluant va finir, tôt ou tard, par se déposer sur le sol et y pénétrer, aidé en cela par les précipitations, il est essentiel de connaître le devenir de ces eaux polluées. De même et afin de maîtriser parfaitement la gestion des produits fertilisants, la conduite des irrigations, etc..., il est fondamental d'avoir la connaissance la meilleure possible quant à certain paramètres de sol, soit ;

Les propriétés hydrodynamiques de ces sols.

La méthode de **WIND** permet de déterminer simultanément ces **PROPRIETES HYDRODYNAMIQUES** et cela sur un **ECHANTILLON** de **SOL** soit ;

-La relation "potentiel matriciel-teneur en eau $h(\theta)$ "

-La relation "conductivité hydraulique-teneur en eau $k(\theta)$, ou conductivité hydraulique-potentiel matriciel $k(h)$."

Ces propriétés fondamentales gouvernent les transferts d'eau dans les sols.

La méthode de WIND est une méthode de LABORATOIRE. Elle consiste à soumettre un cylindre de sol (prélevé sur le terrain) initialement saturé, à un dessèchement progressif et de suivre :

-La variation temporelle de la masse de sol $m(t)$ dans le cylindre afin de déterminer la perte en eau par évaporation et l'humidité moyenne du sol.

-l'évolution du potentiel matriciel $h(z,t)$ du sol, à différentes profondeurs (z) en fonction du temps.

The mastery of the water in soils, its content, its flows in all directions, are so much parameters that it becomes imperative to know with the greatest accuracy. Indeed, when one knows that all polluting rejects are going to finish, sooner or later, by depositing on the ground and penetrate there, helped in that by precipitations, it is essential to know where these waters polluted go. Similarly and so as to master perfectly management of products fertilizing, the conduct of irrigations, etc..., it is fundamental to have the better knowledge as for certain parameter of ground, so;

The hydrodynamics properties of these soils.

*The WIND method allows to determine simultaneously these **hydrodynamics properties** and that on a **SAMPLE** of **GROUND**, so;*

-The relationship "Matric potential-water content $h(\theta)$ "

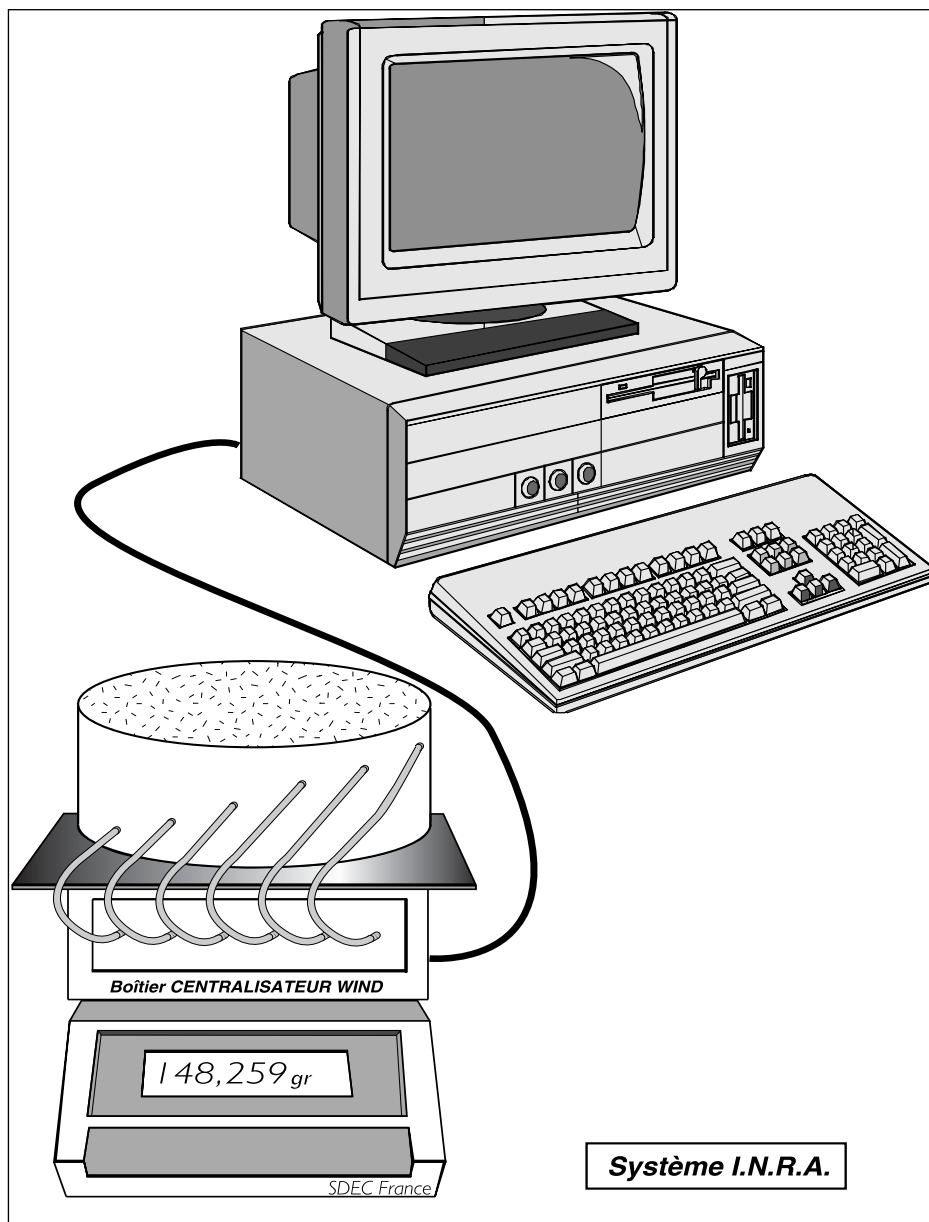
-The relationship "hydraulic conductivity -water content $k(\theta)$, or conductivity hydraulic-Matric potential $k(h)$."

These fundamental properties govern water transfers in soils.

The WIND method is a LABORATORY method. It consists in submitting a cylinder of soil (collected from the field) initially saturated, to a progressive evaporation and to follow:

-The changes in the time of the mass of soil $m(t)$ in the cylinder so as to determine the water loss by evaporation and the average humidity of the ground.

-the evolution of the value of matric potential $h(z,t)$ soil, at different depths (z) in function of the time.



Système I.N.R.A.

SYSTEME "WIND" (Caractérisation hydrodynamique des sols)

"WIND" system (Hydrodynamic characterization of soils)

Théorie

L'algorithme de **WIND** permet de reconstituer, à chaque pas de temps (t) de mesure, à partir de la teneur en eau moyenne observée de l'échantillon ($\overline{\theta_{obs}}$), le profil de teneurs en eau, $\theta(z,t)$, de telle sorte que $\sum (\overline{\theta_{obs}} - \overline{\theta_{cal}})^2$ soit minimisé.

La reconstitution du profil de teneur en eau est réalisée selon deux algorithmes distincts suivant l'option de traitement choisi

- Algorithme original (ajustement par une fonction en escalier)
- Algorithme modifié (ajustement par un polynôme de degré 3)

A l'aide des mesures de potentiel réalisées, $h(z, t)$, et de la reconstitution des profils de teneur en eau, $\theta(z, t)$, il est possible de reconstituer.

1) la courbe de rétention $h(\theta)$, de l'échantillon de sol qui sera ajusté par le modèle de Van-Genuchten :

$$h(\theta) = \alpha \cdot (\Theta^{1/m} - 1)^{1/n}$$

Avec :

$$\Theta = (\theta - \theta_r) / (\theta_{sat} - \theta_r)$$

θ_r = teneur en eau réelle, paramètre à ajuster ($m^3.m^{-3}$).

θ_{sat} = teneur en eau à saturation, paramètre à ajuster ($m^3.m^{-3}$).

α : paramètre à ajuster (m^{-1}).

n : paramètre à ajuster.

$$m = 1 - 1/n$$

En faisant certaines hypothèses :

- écoulement lent et monodimensionnel.
- sol homogène.
- milieu isotherme.

Nous pouvons appliquer la **LOI de DARCY** généralisée :

$$\Phi_{z,t} = - K(\Theta) \cdot [dh(\Theta) / dz - 1]$$

Avec :

$\Phi_{z,t}$: flux d'eau traversant la profondeur z ($m.s^{-1}$)

$K(\Theta)$: conductivité hydraulique ($m.s^{-1}$)

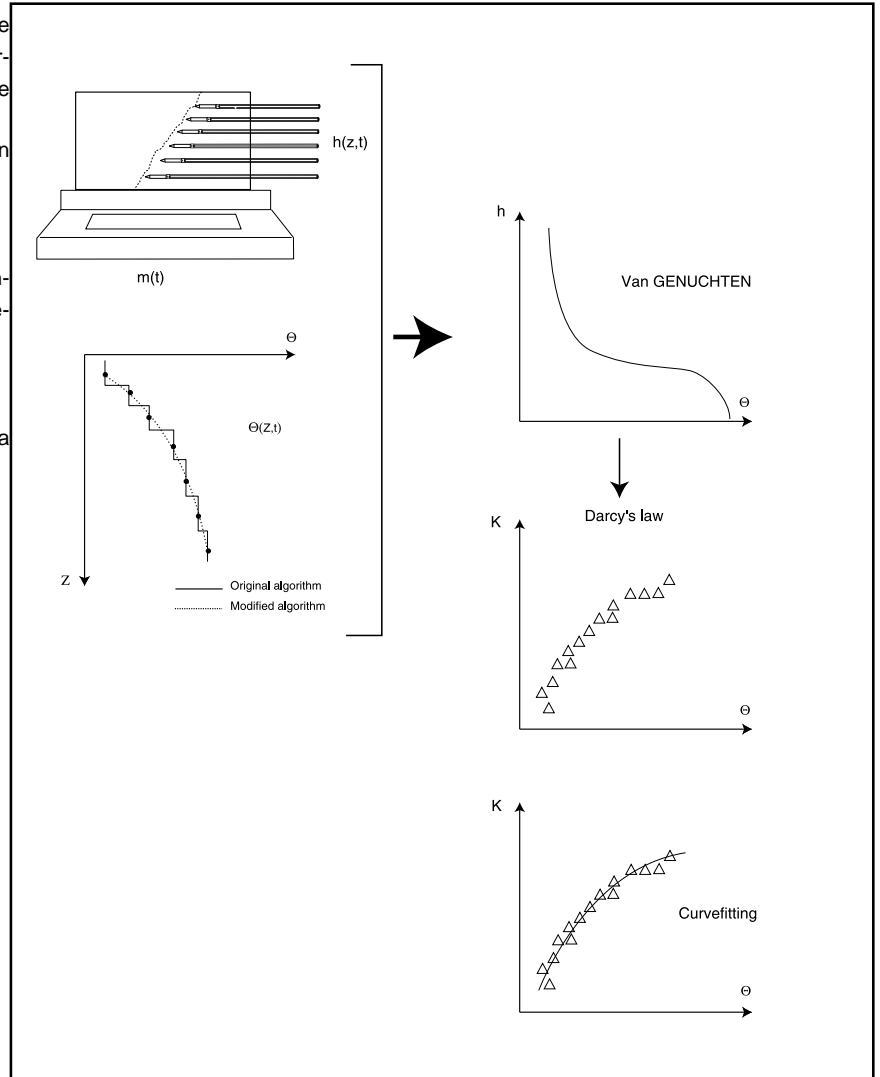
$dh(\Theta) / dz$: gradient de potentiel ($m.m^{-1}$)

pour calculer la conductivité hydraulique et ainsi reconstituer :

2) la relation conductivité hydraulique-teneur en eau $k(\theta)$ ou la relation conductivité hydraulique-potentiel matriciel $K(h)$ de l'échantillon de sol.

Les couples formés ($k - \theta$) et ($K - h$), sont ensuite ajustés :

- Soit par le modèle de **Mualem-Van Genuchten** (Développé sur le programme d'exploitation du système WIND).
- Soit par le modèle **polynomial**. (Développé sur le programme d'exploitation du système WIND).
- Soit par le modèle de **Gardner**. (Développé sur le programme d'exploitation du système WIND).



SYSTEME "WIND" (Caractérisation hydrodynamique des sols)

"WIND" system (Hydrodynamic characterization of soils)

WIND

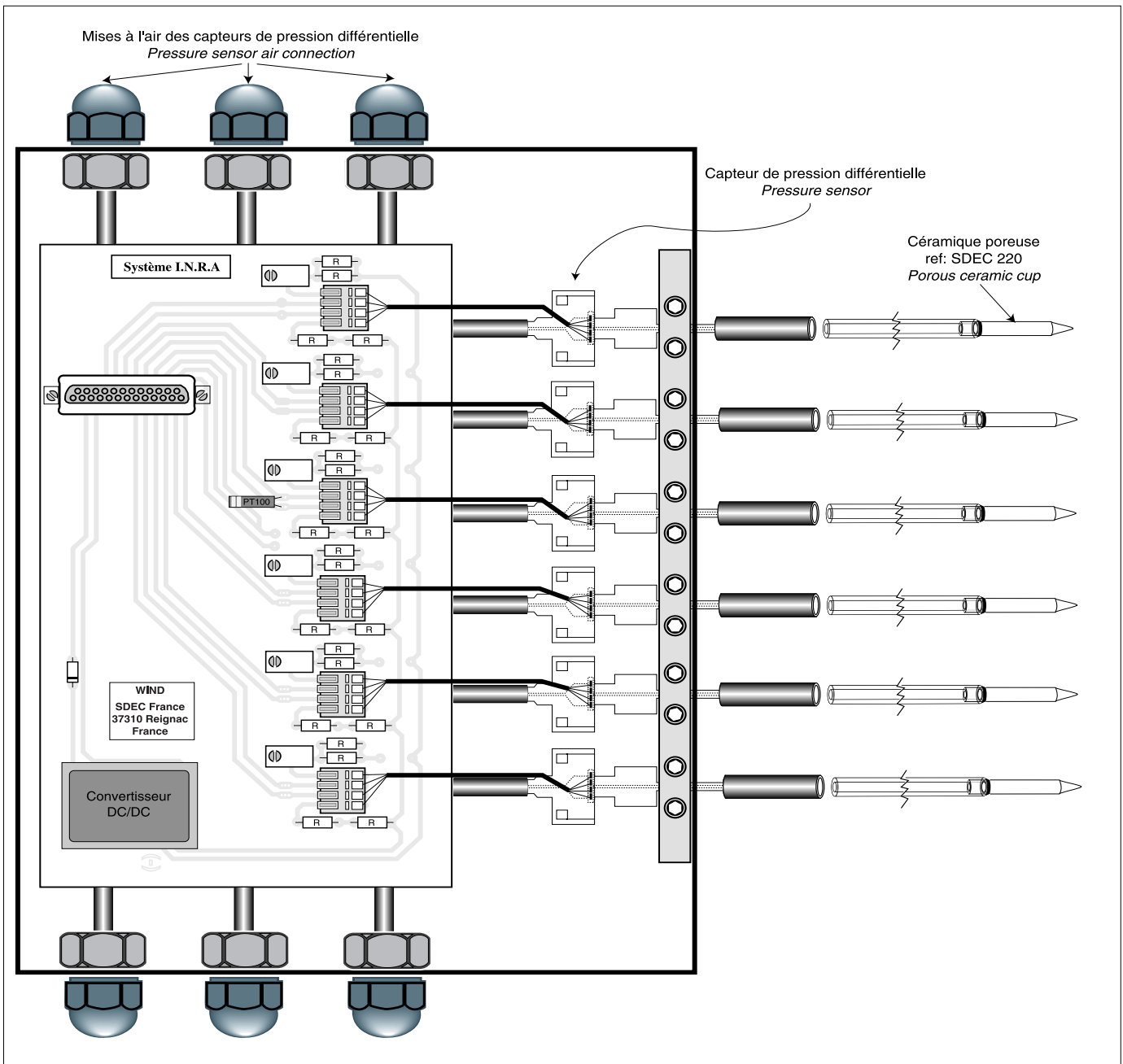
BOITIER CENTRALISATEUR

Ce boîtier réunit les capteurs de pressions différentielles ainsi que l'électronique associée. De ce boîtier réalisé en ABS renforcé, "sortent" les six capteurs tensiométriques destinés à être installés dans le cylindre en Acier INOX qui contient l'échantillon de sol à analyser. Le cylindre ainsi préparé est installé sur une balance de précision qui permettra de connaître la quantité d'eau contenue dans l'échantillon de sol et de faire la relation entre cette donnée et les potentiels hydriques associés et mesurés par les micro-tensiomètres. Le boîtier centralisateur est étudié pour que les différents effets perturbateurs (températures, pressions, etc...) extérieurs à la manipulation soient éliminés, permettant de ce fait des mesures d'une très grande précision.

CENTRALIZING BOX

This device (centralizing box) contain the differential pressure sensors (x6) and the electronic circuit. Of this "electronic box" come out six micro-tensiometers to put it in the Stainless Steel sample ring which contain the soil to analyze. This sample RING (which contain soil) is put on an very accurate balance. This balance will allow to know the water content inside the sample ring with a great precision at any time. The knowledge of water content and hydric potentials (given by micro-tensiometers) in the same time inside the ring, allow to establish the relationship between both. The centralizing box was designed for to lessen all disturbances as external temperature, external pressure etc...

This device allows to do **very accurate measurements** on undisturbed soil **from the field** but in the **laboratory**.



SYSTEME "WIND" (Caractérisation hydrodynamique des sols)**"WIND" system (Hydrodynamic characterization of soils)****WIND****SPECIFICATIONS ELECTRIQUES**

- **Alimentation électrique du boîtier** : 12 volts c.c (9 à 18 V admis.).
- **Tension de sortie des capteurs de pression** : 0 à 50 mV.
(Ces valeurs peuvent varier suivant les capteurs. Le certificat d'étalonnage de chaque capteur remis avec chaque boîtier offre avec une grande précision la gamme de tension disponible pour chacun des capteurs ainsi que leur correspondance en hPa (mbar).
- **Régulateur de pression pilotant les capteurs** : 5,00 Volts / 400 mA.
Précision tension de sortie : $\pm 2\%$.
Régulation en ligne : $\pm 0,5\%$ maxi.
Régulation en charge : $\pm 1\%$ maxi. (10-90%).
Ondulation résiduelle : (20Mhz de bande passante) : 60 mV.
crête à crête typique.
Protection contre les courts-circuits : continue.
Température d'utilisation : -10°C à +40°C. (attention le boîtier ne doit pas être porté à ces températures)
- **Température de fonctionnement du boîtier** : de +15°C à + 25°C
- **Prise de température intérieure du boîtier** : par PT100 classe A.
- **Réseaux de résistances** : type Welwyn 15 ppm / 0,1%.
- **Capteur de pression différentielle** :
Offset : 0 $\pm 1,5$ mV (précisé par étalonnage individuel).
Linéarité : $\pm 0,25$ (%) de la gamme de mesure).
Répétabilité & hystérésis : $\pm 0,20$ (%) de la gamme de mesure).
Temps de réponse : 1 msec.
Stabilité dans le temps $\pm 0,5$ (%) de la gamme de mesure).
Compensation en température : de 0°C à +50°C.
Sensibilité : 6,67mV/psi (0,1mV/mbar).
Pression maxi. admissible sur l'entrée : + 2,5 bars.
- **Balance de précision** : nous consulter

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

- **Power supply** : 12 volts c.c (9 to 18 V possible.).
- **Output voltage for pressure sensor** : 0 to 50 mV.
(These values can be different for each sensor. The calibration certificate given with each points the measurement range for each sensors with a great accuracy, and the correspondence hPa (mbar).
- **Voltage regulator for pressure sensors** : 5,00 Volts / 400 mA.
Voltage output : $\pm 2\%$.
Line regulation : $\pm 0,5\%$ maxi.
Charge regulation : $\pm 1\%$ maxi. (10-90%).
Residual ripples : (20Mhz pass-band) : 60 mV.
typical crest to crest.
Protection against short-circuits : continuous.
Operating temperature : -10°C to +40°C. (ATTENTION, the centralizing box does not to be at these temperatures).
- **Temperature of centralizing box** : from +15°C to + 25°C.
- **Internal measurement of box temperature** : by PT100 class A.
- **Inner resistances network** : Welwyn type 15 ppm / 0,1%.
- **Differential pressure sensor** :
Offset : 0 $\pm 1,5$ mV (given by calibration certificate).
Linearity : $\pm 0,25$ (%) SPAN).
Repeatability & hysteresis : $\pm 0,20$ (%) SPAN).
Response time : 1 msec.
Stability over one year : $\pm 0,5$ (%) SPAN).
Compensated temperature : from 0°C to +50°C.
Sensitivity : 6,67mV/psi (0,1mV/mbar).
Overpressure input : + 2,5 bars.
- **Precision balance** : Consult us.

DESCRIPTION DES EQUIPEMENTS

- **Boîtier centralisateur** : (référence article : 7703000)
Prix : voir page 88
Ce boîtier comprend :
 - Un boîtier étanche à couvercle transparent (225 x 175 x 90 mm)
 - Un circuit électronique d'encadrement des capteurs de pression différentielle ainsi que le régulateur de tension.
 - Six capteurs de pression différentielle (-1;0;+1 bar) compensés en température.
 - Six céramiques de type SDEC220 (*) montées sur capillaire de type nylon 12 (Diamètre int./ext. : 1,5 x 3mm) avec tous raccords "verprène".
 - Une prise extérieure (type 25 broches RS 232) pour raccorder les entrées/sorties des capteurs vers la centrale d'acquisition (non fournie).
 - Un certificat d'étalonnage pour chaque capteur. (Etalonnage réalisé avec un étalon certifié aux normes Européennes).
- **Balance de précision** : Nous consulter.
- **Programme sous Window 2000** : (En cours de réalisation)

Matériels de terrain

- **Cylindre échantillonneur de sol** : (réf : 7710114)
Prix : voir page 88.
ATTENTION : le prix comprend 3 cylindres et leurs couvercles.
- **Poussoir & pièce de frappe** : réf 7700115 : nous consulter.
- **Niveau à bulle** : nous consulter.
- **Marteau anti-rebond** : réf 04 05 05 : nous consulter.

DESCRIPTION of SYSTEM

- **Centralizing box** : (reference : 7703000)
Price : see page 88
This device consists of :
 - One watertight box with transparent lid (225 x 175 x 90 mm).
 - One electronic card for the sensors framing.
 - Six differential pressure sensors (-1; 0 ;+1 bar). Compensation of external temperature.
 - Six ceramic pipes (SDEC220 type (*)) sticked on special capillary (\varnothing : 3 x 1,5 mm) with all silicon coupling sleeves.
 - One external RS 232 type plug for connecting output of the centralizing box to the datalogger (datalogger non include).
 - One calibration certificate for each sensor.
- **Precision balance** : consult us.
- **Software (Window 95-98)** : In progress

Field EQUIPMENTS

- **Soil sampling cylinder: set of 3 pieces** (réf : 7710114).
(ATTENTION : this price include 3 cylinders and their lids).
- **Cylinder holder with hammering head**: ref 7700115
- **Spirit level** : Consult us.
- **Club hammer impact absorbing type**: ref 040505