



Personnes à contacter au WSL

Oliver Schramm **079 751 04 83**, Noureddine Hajjar **044 739 29 65**, Elisabeth Graf Pannatier **044 739 23 30**

e-mail: [lwf-logistik@wsl.ch](mailto:lwf-logistik@wsl.ch)

---

## Tensiométrie (sous couvert forestier)

### 1. Remarques générales

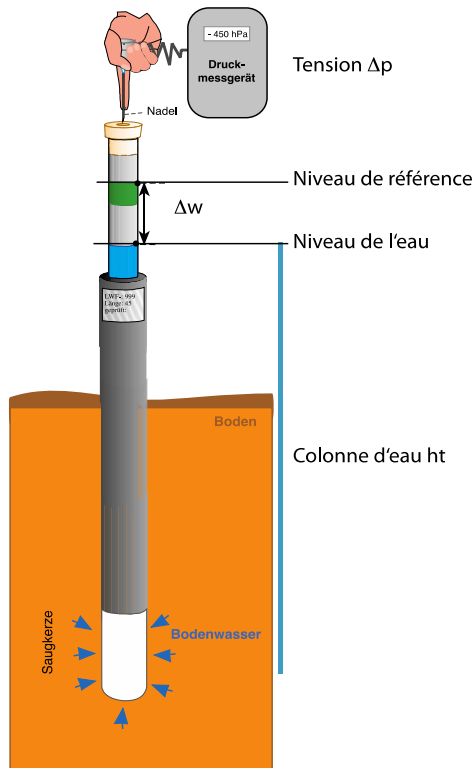
1. Le but de la tensiométrie dans le projet LWF est d'étudier la disponibilité de l'eau pour la végétation au cours de l'année. Cette disponibilité est en majeure partie déterminée par la force de succion de l'eau dans le sol.
2. Les mesures se font à l'aide d'un tensiomètre enfoncé dans le sol. Il se compose d'un tube étanche au bout duquel se trouve une membrane poreuse (bougie). Pour assurer le fonctionnement du tensiomètre, il est essentiel que le contact entre la bougie et le sol soit parfait.
3. Afin d'assurer le contact de la bougie avec le sol, on évitera de presser sur le tube, de taper contre ses parois ou de le tourner. Étant donné la fragilité de la bougie, qui est en céramique, le tube ne doit être soumis à aucune torsion. On veillera donc à le tenir fermement lors de toute manipulation.
4. La valeur mesurée est la dépression qui s'établit lorsque l'eau contenue dans le tube est aspirée par le sol à travers les pores de la bougie. La valeur mesurée  $\Delta p$  doit être corrigée en tenant compte du niveau d'eau  $\Delta w$  dans le tube. Il est nécessaire de mesurer d'abord la dépression et ensuite le niveau d'eau.
5. La dépression se mesure après avoir piqué au travers d'un bouchon en caoutchouc à l'aide d'une aiguille. Afin de perdre le moins possible de pression en piquant le bouchon, on veillera à ne planter l'aiguille qu'une seule fois, voire deux au maximum.
6. La mesure risque d'être incorrecte si de l'eau ou de la saleté touche l'aiguille ou s'infiltré dans le porte-aiguille. Le point de piquage sera donc nettoyé et séché avant toute mesure.
7. Le niveau d'eau dans le tube  $\Delta w$  est donné par la différence entre la surface de l'eau et un niveau de référence qui est indiqué sur le tube. Si la surface de l'eau n'est plus visible, on l'estimera en fonction du volume  $V$  d'eau utilisé lors du remplissage du tensiomètre.
8. En cas de sécheresse prolongée, le tube risque de se vider complètement, d'où la nécessité de compenser régulièrement cette perte d'eau.
9. Le liquide utilisé est une eau de grande pureté teintée d'un colorant biodégradable. Ce liquide peut être acidifié s'il est nécessaire d'empêcher la croissance des micro-organismes. Le mélange sera dégazé. Il devrait être stocké, à température ambiante, dans une bouteille vide d'air qu'on évitera de secouer. En hiver, on ajoutera à ce mélange un antigel, à savoir entre 30 et 50% d'éthanol.

10. Sur la placette, les mêmes précautions sont à prendre avec le liquide: il doit être dégazé avant d'être transporté; lors du remplissage, on évitera de secouer la bouteille et on fera couler l'eau très lentement le long de la paroi du tensiomètre afin que l'air ne rentre pas dans la bouteille
11. La fiche de terrain contient les paramètres suivants: dépression  $\Delta p$ , différence  $\Delta w$  entre la surface de l'eau et le marquage (ou volumes  $V$  de remplissage) ainsi que les renseignements concernant les mesures ou l'état des instruments

## 2. Principe général et vue d'ensemble des difficultés de mesure

**But:** Mesurer l'eau du sol disponible pour les plantes (force de succion).

**Force de succion =  $-(\Delta p + h_t)$  en cm (= hPa = mbar)**



### Problèmes liés à la mesure de la tension (chapitre 7):

Attendre une valeur stable (env. 5 secondes)

Si la valeur est instable:

- elle diminue vers des valeurs proches de 000 (aiguille mal fixée?, problème avec le bouchon du tensiomètre?)
- elle augmente constamment (aiguille bouchée?)
- elle ne retourne pas sur 000 après la mesure (aiguille bouchée?)

### Problèmes liés à la mesure du niveau de l'eau (chapitre 4.2) :

Valeurs en cm (chiffre rond)

+ = eau au-dessus de la référence (exemple 1)

- = eau en-dessous de la référence (exemple 2)

Le niveau de l'eau est invisible:

- ? dans la colonne  $\Delta w$  (exemples 3, 5)
  - si  $\Delta p$  entre -10 et 10 mbar, le tube est vide.
- Remplir le tube sans noter le volume d'eau ajouté (exemple 4).
- si  $\Delta p < -10$  mbar, remplir et noter le volume d'eau ajouté (exemple 5)

Exemple de protocole :

|                |       |   |                                       |         |        |           |
|----------------|-------|---|---------------------------------------|---------|--------|-----------|
| <b>Données</b> | Temps | <input checked="" type="checkbox"/> sec     | <input type="checkbox"/> pluie légère |         |        |           |
|                | Sol   | <input type="checkbox"/> recouvert de neige | <input type="checkbox"/> ge           |         |        |           |
| Remarques      |       |   |                                       |         |        |           |
|                | No    | $\Delta w$<br>[cm]                          | $\Delta p$<br>[hPa]                   | E<br>>1 | D<br>∅ | V<br>[ml] |
| 3              | 1     | ?   | 2                                     |         |        | 4         |
| 5              | 2     | ?   | 815                                   |         |        | 30        |
| 2              | 3     | -4  | 619                                   |         |        |           |
| 1              | 4     | +1  | 412                                   |         |        |           |
|                | 5     |   |                                       |         |        |           |

### Mesure de la dépression $\Delta p$ (chapitre 4.2) :

- $\Delta p$  est la différence entre la pression atmosphérique et celle dans le tensiomètre
- Inscription de  $\Delta p$  en valeur absolue

### 3. Matériel nécessaire sur le terrain

- Manomètre du type „von Ballmoos“ avec porte-aiguille
- Règle graduée de 20 cm
- Aiguilles de rechange pour le manomètre
- Seringue graduée (60 ml) et tuyau
- Plusieurs bouteilles de 500 ml en polyéthylène avec bouchon gicleur („pissette“), contenant de l'eau distillée dégazée
- Bâtonnets d'ouate ou serviettes cosmétiques Tela
- Pièces de rechanges (bouchons en caoutchouc, couvercles de protection bleus, matériel d'isolation, serre-câbles)

### 4. Procédure à suivre sur le terrain

#### 4.1 Préparatifs

- Remplir la fiche de terrain (voir l'exemple)
- enlever la gaine de protection du porte-aiguille; enlever l'aiguille; commuter l'appareil sur *on*
- ajuster la valeur affichée sur 000 en tournant le bouton (des variations de l'ordre de +/- 001 sont tolérables)
- introduire une aiguille neuve et la fixer en la tournant; remettre l'aiguille utilisée dans l'étui réservé aux aiguilles usagées (qui sont à éliminer)
- effectuer le contrôle: l'affichage indique 000 ( $\pm 001$ )

#### 4.2 Mesures

Enlever l'isolation: tenir fermement le tensiomètre dans sa partie inférieure et enlever la partie supérieure de l'isolation; ne pas soulever le tube du tensiomètre et surtout ne jamais l'arracher!

##### a) Mesure de la dépression $\Delta p$

- Nettoyer au besoin le bouchon en caoutchouc en soufflant sur son ouverture ou en s'aidant d'un bâtonnet d'ouate.
- introduire l'aiguille verticalement au centre du bouchon; piquez sans exercer de pression; attention: la pointe de l'aiguille ne doit pas toucher l'eau!
- attendre la valeur affichée reste constante (5

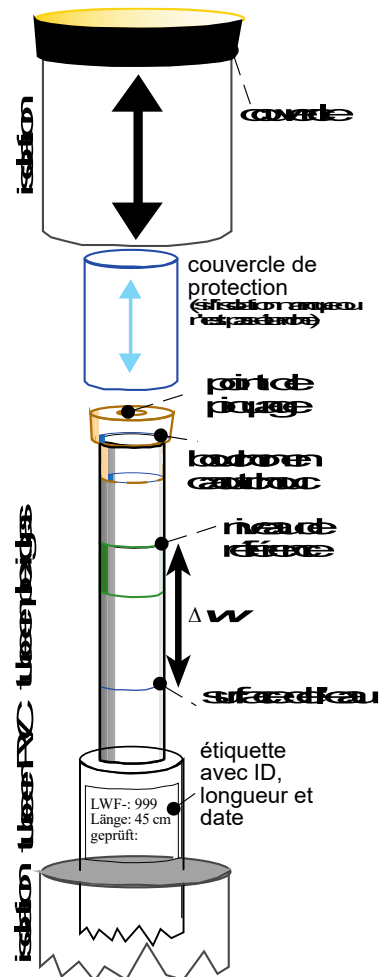


Figure 1 : Tensiomètre

secondes environ) en tenant fermement le porte-aiguille qui doit rester droit; inscrire la valeur obtenue sur la fiche de terrain (colonne  $\Delta p$ ); sortir l'aiguille et vérifier l'affichage ; la valeur doit revenir à une valeur de 000 ( $\pm 001$ )

- remarque: ce travail peut se faire plus rapidement si l'on enlève le tube de protection qui entoure le porte-aiguille (voir fig. 2); mais la manipulation est plus délicate car on risque de se blesser. Toutes les aiguilles, qu'elles soient neuves ou utilisées, sont à transporter dans leur étui.
- Si l'on se blesse avec une aiguille, on ne manquera de la changer immédiatement!

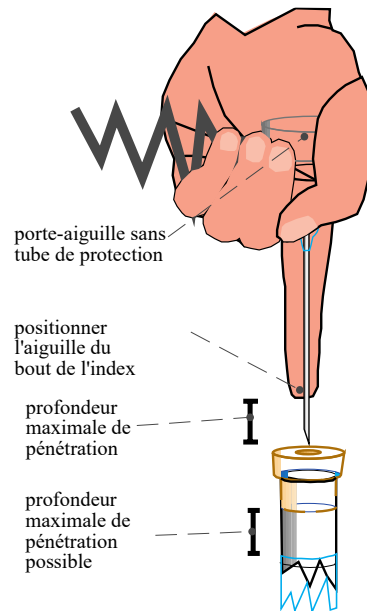


Figure 2 :  
Mesure sans le tube de protection  
autour du porte-aiguille

#### b) Niveau d'eau $\Delta w$ lorsque la surface de l'eau est visible

- Mesurer la différence entre le haut du ruban adhésif (= niveau de référence) et la surface de l'eau à l'aide de la règle
- noter ce paramètre sur la fiche de terrain (colonne  $\Delta w$ ); indiquer les centimètres sans décimale; faire précéder ce chiffre d'un + si la surface est au-dessus de la marque ou d'un - si elle est inférieure à cette marque

#### c) Niveau d'eau $\Delta w$ lorsque la surface de l'eau n'est pas visible

- Aspirer l'eau de la bouteille à l'aide d'une seringue (utiliser un tuyau); enlever le tuyau; placer le piston au niveau d'une marque bien précise (p. ex. 60 ml)
- enlever le bouchon du tensiomètre et, sans attendre, faire couler l'eau le long de la paroi
- remplir jusqu'au niveau de référence (si le contenu d'une seringue ne suffit pas, remettre le bouchon sur le tube avant de recharger la seringue)
- noter sur la fiche de terrain le volume d'eau utilisé en ml (colonne V)
- Attention: si le manomètre affiche une dépression  $\Delta p$  entre -5 et +10 mbar et que la surface de l'eau n'est pas visible, le tensiomètre est complètement vide. Dans ce cas, remplir le tensiomètre sans noter le volume d'eau utilisé (**voir méthode de remplissage sous point 6.1**).

Après avoir effectué les étapes a) à c), remettre l'isolation. Lorsque les mesures sont terminées, commuter le manomètre sur *off*

## 5. Particularités liées aux saisons

### a) Périodes de sécheresse

Durant les périodes pauvres en précipitation ou dans les milieux secs, il arrive que les tubes du tensiomètre se vident en l'espace de deux semaines. Dans ce cas, il est recommandable d'effectuer les mesures chaque semaine ou au moins de remplir les tubes vides avant la visite habituelle. S'il ne s'agit que de remplir les tubes vides, le moment de cette intervention n'a pas d'importance. Le mieux serait de les réapprovisionner 2 à 3 jours avant les mesures, mais pas plus tard que 24 heures auparavant.

### b) Hiver

- Il peut arriver en hiver que l'isolation adhère au tube. On peut à la rigueur n'enlever que le couvercle et glisser l'isolation vers le bas jusqu'à ce que l'on puisse introduire l'aiguille. S'il n'est pas possible d'enlever l'isolation, on renoncera aux mesures.
- Pour éviter la congélation de l'eau dans le tube, on ajoutera à l'eau 30% d'éthanol en le versant dans le tube avec les mêmes précautions que pour l'eau.
- Les mesures se font durant toute l'année. Cela signifie qu'en hiver, il est parfois nécessaire de dégager la neige afin d'accéder au tube. Si les tensiomètres ne sont plus visibles à cause d'une forte couche de neige, on renoncera à la mesure et informera le responsable au WSL.

## 6. Entretien

### 6.1 Remplissage des tensiomètres avec l'eau

- Remplir chaque tensiomètre à l'aide d'une pissette lorsque le niveau d'eau  $\Delta w$  est inférieur à -3 cm (p.ex. lorsque  $\Delta w$  est égal à -4 cm) ou que le tube est vide
- enlever le bouchon du tensiomètre; tenir la pissette par le goulot et faire couler l'eau lentement (sans la faire jaillir, voir fig. [1]); remettre la pissette droite afin que l'air puisse s'y introduire (Fig. 3 [2])
- laisser au moins 1 cm d'air entre le bouchon et la surface de l'eau; (il n'est pas important que le niveau de remplissage soit exact)
- humecter le bord du bouchon et vissez-le sur le tube; attention: tenir le tube très fermement
- évacuer l'air des pissettes encore à demi-pleines en les pressant entre les mains (Fig. 3 [3]); les revisser et les réutiliser lors de la

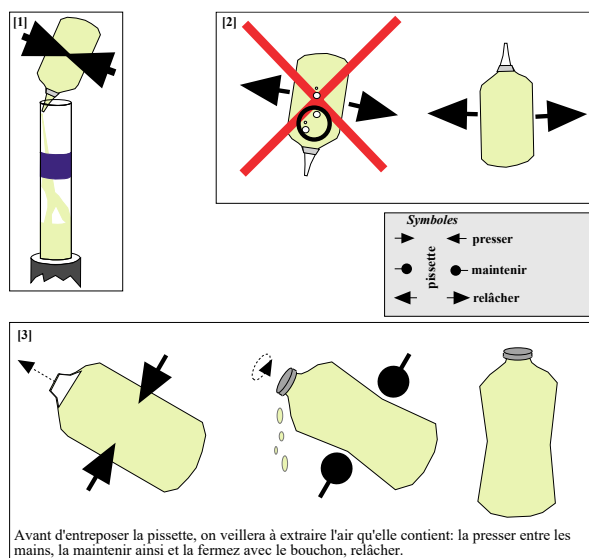


Figure 3 :  
Méthode de remplissage des tensiomètres

visite suivante; renvoyer au WSL les autres pissettes qui ne sont remplies qu'à moitié ou moins.

## 6.2 Réparations

- Remplacer les bouchons non étanches
- remplacer le matériel d'isolation (aviser le WSL en cas de dommages graves dus au gibier)
- réinscrire les numéros illisibles à l'aide d'un feutre résistant à l'eau

## 7. Problèmes

Remarque : dans les paragraphes suivants, les valeurs augmentent (en valeur absolue) lorsque  $\Delta p$  varie de -10 à -250 (la différence entre la pression atmosphérique et celle dans le tensiomètre augmente) et diminuent lorsqu'elles varient de -250 à -10 (la différence entre la pression atmosphérique et celle dans le tensiomètre diminue).

### 7.1 Lecture de la mesure

#### a) La valeur est instable ; elle diminue

Description: la valeur tombe à 000 après la piqûre.

- inscrire sur la fiche de terrain la plus haute valeur affichée et la mettre entre parenthèses; inscrire une flèche dirigée vers le bas dans la colonne D
- contrôler si l'aiguille est bien vissée: vérifier sa position et la visser plus fermement si nécessaire.
- s'il ne s'agit pas d'un problème avec l'aiguille, remplacer le bouchon en caoutchouc.

#### b) La valeur est instable ; elle augmente

Description: la valeur affichée n'est pas stable après 5 secondes et augmente constamment

- attendre 2 minutes jusqu'à ce qu'elle soit pratiquement stable; inscrire la valeur finale entre parenthèses sur la fiche de terrain; noter une flèche dirigée vers le haut dans la colonne D
- répéter éventuellement la mesure avec une aiguille neuve; si l'on inscrit cette deuxième valeur sur la fiche de terrain, noter un 2 dans la colonne E

### 7.2 Appareil de mesure

#### a) L'aiguille est déformée

Description: l'aiguille est courbée

- remplacer l'aiguille ou la redresser

#### b) Plusieurs piqûres sont nécessaires

Description: il faut piquer une deuxième fois parce que l'aiguille était courbée ou obstruée

- attendre si possible avant de repiquer et terminer les autres travaux avant de répéter cette opération
- inscrire le nombre de piqûres dans la colonne E

**c) L'indicateur ne revient pas sur 000 ( $\pm 001$ ) à la fin de la mesure**

Description: la valeur ne revient pas 000 ( $\pm 001$ ) à la fin de la mesure; elle varie en fonction de la position du porte-aiguille.

- enlever l'aiguille et vérifier l'affichage: s'il n'indique pas 000, interrompre les mesures et informer le WSL. Si la valeur revient à 000 après avoir enlevé l'aiguille, cette dernière est probablement bouchée. Déboucher l'aiguille en aspirant l'air à travers. Visser de nouveau l'aiguille et contrôler la valeur affichée. Si l'affichage n'indique toujours pas 000 ( $\pm 001$ ), recommencer la procédure. Changer l'aiguille s'il n'est pas possible de la déboucher et vérifier de nouveau l'affichage.

## 7.3 Tensiomètre

**a) Les numéros du tensiomètre ont été intervertis**

Description: les isolations portant le numéro du tensiomètre ont été interverties

- consulter la liste „Inventaire des tensiomètres“
- comparer les inscriptions figurant sous „ID“ et „Nr“ sur la liste d'inventaire avec celles inscrites sur l'étiquette du tensiomètre (voir fig. 1)
- échanger les isolations
- en faire la remarque sur la fiche de terrain; indiquer si possible la date à laquelle ce numéro a pu être interverti

**b) Le tensiomètre est défectueux**

Description: la valeur  $\Delta p$  égale 000; on remarque, après le remplissage, que le niveau d'eau tombe rapidement tant que le tube n'est pas fermé; on constate éventuellement des dommages (chutes de pierres, branches, dégâts de gibier)

- en faire la remarque sur la fiche de terrain; si plusieurs tensiomètres sont abîmés, en informer le WSL

**c) Le tensiomètre est vide**

Description: les valeurs  $\Delta p +10$  et  $-10$  et la surface de l'eau n'est pas visible

- le tube est vide
- remplir le tensiomètre directement avec la pissette (il n'est pas nécessaire de mesurer le volume à l'aide de la seringue)