

## **DELAPIERRE Fabien (2022): Modeling frost drought using dendrometers**

### **Abstract**

Article A : Assessing hygroscopicity, dendrometers enemy No. 1

Dendrometers record stem diameters variations (SDV) and have been widely used to assess the water status of trees. However, the hygroscopic swelling/shrinkage of the dead bark can hinder the interpretation of SDV in terms of water related changes. We used the data set provided by the L'ötschental tree-growth monitoring transect, in the Swiss Alps, to assess the contribution of hygroscopicity on SDV for each tree. We observed important SDV and SDV-relative humidity (RH) correlation under frozen soils and during inactive transpiration. We therefore analyzed the relation between the diel SDV cycle, relative humidity and transpiration. We found that diel SDV amplitudes are positively correlated to both diel RH amplitudes and transpiration. The contribution of relative humidity on SDV, and therefore the hygroscopic effect, was quantified by fitting a linear model where diel SDV amplitudes are expressed as a combination of diel RH amplitudes and transpiration. This model was used to calculate a hygroscopic response to a given change in RH. The hygroscopic responses were positively correlated with the SDV-RH correlation coefficient, leading to the conclusion that hygroscopicity was correctly characterized by the model.

Article A : Une évaluation de l'hygroscopicité, l'ennemi juré des dendromètres.

Les dendromètres mesurent les variations de diamètre de la tige (VDT) et on été largement utilisés afin de déterminer l'état hydrique des arbres. Cependant, la contraction et l'expansion hygroscopique de l'écorce morte peut mener à des erreurs d'interprétation des VDT en termes de changement d'état hydrique. Nous avons utilisé le jeu de donnée du "L'ötschental tree-growth monitoring transect", au sein des Alpes suisses, afin d'évaluer la contribution de l'hygroscopicité aux VDT pour chaque arbre. Nous avons observé d'importantes VDT, présentant de fortes corrélations avec l'humidité relative (HR), sous des sols gelés et lorsque la transpiration était inactive. Nous avons donc analysé la relation entre les cycles nycthémeraux de VDT, HR et la transpiration. Nous avons trouvé que l'amplitude nycthémerale de VDT était corrélée positivement à l'amplitude nycthémerale de HR et à la transpiration. La contribution de l'humidité relative aux VDT, c.a.d l'hygroscopicité, a été

quantifiée en ajustant un modèle linéaire, dans lequel l'amplitude nyctémérale de VDT est exprimée en fonction de l'amplitude nyctémérale de HR et de la transpiration. Ce modèle a été utilisé pour calculer une réponse hygroscopique pour un changement donné de HR. Ces réponses hygroscopiques sont corrélées positivement au coefficient de corrélation entre VDT et HR, indiquant que l'hygroscopicité a été correctement caractérisée par le modèle.

#### Article B : Signs of frost drought in stem diameter variations

Frost drought refers to the chronic or acute desiccation of trees exposed to high evaporative pressures, while being rooted in cold or frozen soils. This phenomenon has been known for more than a century, but is still poorly characterized. Dendrometers record stem diameter variations (SDV) and have been widely used to assess the water status of trees. Summer desiccation manifests themselves as long term contraction of the stem. Similar contractions have been reported in winter. We characterized this winter stem contraction (WSC) using the data set provided by the L'ötschental tree-growth monitoring transect, in the Swiss Alps, where dendrometers have been installed on both *P.abies* and *L.decidua* for 13 years, at altitudes ranging from 800 m to 2200 m. WSC varied mostly between 200  $\mu\text{m}$  and 1200  $\mu\text{m}$  and was strongly correlated with altitude, tree height, and closely associated with both freezing conditions and transpiration. Besides, it was significantly greater for *P.abies*. Considering the importance of freezing conditions to WSC, we characterized single freeze-thaw event related stem contractions ( $\Delta F$ ).  $\Delta F$ s were also positively correlated with transpiration and tree height, and more important for *P.abies*.

Overall, our data showed that WSC consists mostly of the combination of multiple  $\Delta F$ s over the cold season. We suggest that both  $\Delta F$  and WSC are the consequences of water losses due to ice blockage associated frost drought, which is a type of frost drought occurring when the distal parts of the tree are thawed and transpiring, while the larger basal parts remain frozen, thus inhibiting the water uptake and creating an imbalance.

#### Article B : Des signes de dessiccation hivernale dans les variations de diamètre de la tige

La dessiccation hivernale est une sécheresse hivernale, chronique ou aigue, que subissent les arbres qui soumis à de fortes pressions d'évaporations, tout en étant enraciné dans des sols froids ou gelés. Ce phénomène, connu depuis plus d'un siècle, demeure toujours mal compris.

Les dendromètres mesurent les variations de diamètre de la tige (VDT) et on été largement utilisés afin de déterminer l'état hydrique des arbres. Les sécheresses estivales se manifestent au sein des VDT comme de longues et progressives contractions. Des contractions similaires ont été reportées en hiver. Nous avons caractérisé cette contraction hivernale de la tige (CHT) à l'aide du jeu de donnée du "L'ötschental tree-growth monitoring transect", au sein des Alpes suisses, où des dendromètres sont installés, depuis 13 ans, sur des arbres de *P.abies* et *L.decidua*, à des altitudes allant de 800 m jusqu'à 2200 m. Les valeurs de CHT se situent principalement entre 200  $\mu\text{m}$  and 1200  $\mu\text{m}$  et sont fortement corrélées avec l'altitude, la hauteur de l'arbre et également étroitement liée, simultanément, aux conditions de gel et à la transpiration. De plus CHT est significativement plus élevé pour *P.abies*. En raison de l'importante contribution du gel à CHT, nous avons caractérisé les contractions de la tige liées aux cycles de gel/dégel ( $\Delta G$ ). Les valeurs des  $\Delta G$  sont également corrélées positivement à la hauteur de l'arbre, à la transpiration et plus importantes pour *P.abies*.

D'une manière générale, nos données indiquent que CHT correspond principalement à l'addition de  $\Delta G$  au cours de la saison froide. Nous suggérons que CHT et  $\Delta G$  sont la conséquence de perte en eau due à une forme de dessiccation hivernale associée à des blocages liés au gel. Elle se déroule lorsque les parties distales de l'arbre sont dégelées et transpirent, alors que les parties basales, plus épaisses, demeurent gelées, bloquant ainsi l'absorption d'eau et provoquant un déséquilibre hydrique.