



HAL
open science

Mesurer le potentiel spontané électrique en milieu forestier pour observer les échanges hydriques dans le continuum subsurface-végétation-atmosphère

Nolwenn Lesparre, Pierre-Daniel Matthey, Alain Hernandez, Damien Bonal, Simon D Carrière, Haldan Koffi, Philippe Ackerer, Guy Marquis, L. Jouniaux, Damien Jougnot, et al.

► To cite this version:

Nolwenn Lesparre, Pierre-Daniel Matthey, Alain Hernandez, Damien Bonal, Simon D Carrière, et al.. Mesurer le potentiel spontané électrique en milieu forestier pour observer les échanges hydriques dans le continuum subsurface-végétation-atmosphère. *GEOphysique des sols et des formations superficielles [GEOFSCAN]*, Nov 2023, Strasbourg, France. hal-04300896

HAL Id: hal-04300896

<https://hal.science/hal-04300896>

Submitted on 1 Dec 2023

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.

MESURER LE POTENTIEL SPONTANE ELECTRIQUE EN MILIEU FORESTIER POUR OBSERVER LES ECHANGES HYDRIQUES DANS LE CONTINUUM SUBSURFACE-VEGETATION-ATMOSPHERE

LESPARRE N.¹, MATTHEY P.D.², HERNANDEZ A.¹, BONAL D.², CARRIERE S.D.³, KOFFI H.E.B.¹, ACKERER P.¹, MARQUIS G.¹, JOUNIAUX L.¹, JOUGNOT D.³, BELFORT B.¹

¹ Université de Strasbourg, CNRS, EOOST, ENGEES, Institut Terre et Environnement de Strasbourg, UMR 7063, 5 rue Descartes, Strasbourg F-67084, France, lesparre@unistra.fr

² Université de Lorraine, AgroParisTech, INRAE, UMR Silva, 54000 Nancy, France

³ Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR 7619 METIS, 75005 Paris, France

RESUME

Les mesures de potentiel spontané électrique sont influencées par la variation des flux hydriques circulant dans le sol et au sein des arbres. Nous étudions ici comment ces données acquises en milieu forestier sont sensibles aux différents processus de transferts hydriques qui ont lieu dans le continuum subsurface-végétation-atmosphère. Pour cela, nous avons conçu et installé une expérience de mesures de potentiel spontané sur le tronc et au pied de plusieurs arbres d'une même parcelle forestière et complété ces mesures par des observations des variables environnementales.

Mots clés : *potentiel spontané électrique, circulations hydriques, continuum subsurface-végétation-atmosphère, milieu forestier, mesures environnementales*

MEASURING THE ELECTRICAL SELF-POTENTIAL IN A FOREST ENVIRONMENT TO MONITOR THE WATER EXCHANGES IN THE CONTINUUM SUBSURFACE-VEGETATION-ATMOSPHERE

ABSTRACT

The electrical self-potential measurements are influenced by the variation of the water flowing in the soil and in tree trunks. We study here how such data acquired in a forest environment are sensitive to the different processes of water transfers occurring in the continuum subsurface-vegetation-atmosphere. In that goal, we designed and installed an experiment of electrical self-potential measurements on several tree trunks and roots and in the soil in a forest plot. Those measurements are completed with observations of the environmental variables.

Key words: *electrical self-potential, water flow, continuum subsurface-vegetation-atmosphere, forest environment, environmental measurements*

INTRODUCTION

La circulation de l'eau dans la sub-surface joue un rôle clef dans le développement de la forêt. Elle influence la variabilité de la distribution de la ressource hydrique et sa disponibilité et contraint la demande en eau de la végétation (Silva et al., 2022). Cependant les processus de circulation hydrique dans le continuum subsurface-végétation-atmosphère demeurent difficiles à observer et à déconvoluer. Les capteurs ponctuels fournissent une information sur les dynamiques locales (échelle centimétrique). Les mesures de flux de sève effectuent une mesure intégrée sur une section du tronc de la transpiration. Par ailleurs, les tours à flux apportent une mesure de l'évapotranspiration à une échelle d'environ 10³m². En revanche, il y a un manque de mesures intégratives pour décrire la dynamique des échanges en eau dans le sol et à l'échelle de l'arbre.

Le potentiel spontané électrique (PSE) est fortement impacté par les transferts hydriques car les ions transportés par les écoulements d'eau peuvent générer un signal électrique d'origine électrocinétique.

Par conséquent, les variations du flux hydrique entraînent des fluctuations du PSE. Cependant, d'autres processus influencent le PSE, comme la redistribution des charges liées à des changements de contenu en eau, à des fluctuations de concentration en ions ou des variations de température. La réalisation de mesures complémentaires au PSE permet d'étayer l'interprétation des signaux de PSE pour localiser et quantifier les flux hydriques (Jouniaux et al., 2009).

Les mesures continues de PSE peuvent être acquises avec une résolution temporelle relativement fine et de manière autonome. Ces mesures sont intégratives et représentent la dynamique du milieu dans l'espace situé entre deux électrodes. Cette méthode est peu invasive si l'on compare l'insertion d'électrodes par rapport à l'excavation de fosses réalisées pour insérer des capteurs hydrologiques. Jusqu'à présent, les applications de mesures de PSE pour étudier les processus de la zone vadose liés au fonctionnement de la végétation sont caractérisées par des mesures effectuées soit sur des arbres (Hao et al., 2021), soit dans le sol (Voytek et al., 2019). Nous formulons l'hypothèse que les mesures de PSE acquises simultanément dans le sol et dans l'arbre sont susceptibles de présenter des caractéristiques distinctes et peuvent ainsi apporter des informations complémentaires sur les processus d'échanges hydriques dans le continuum subsurface-végétation-atmosphère.

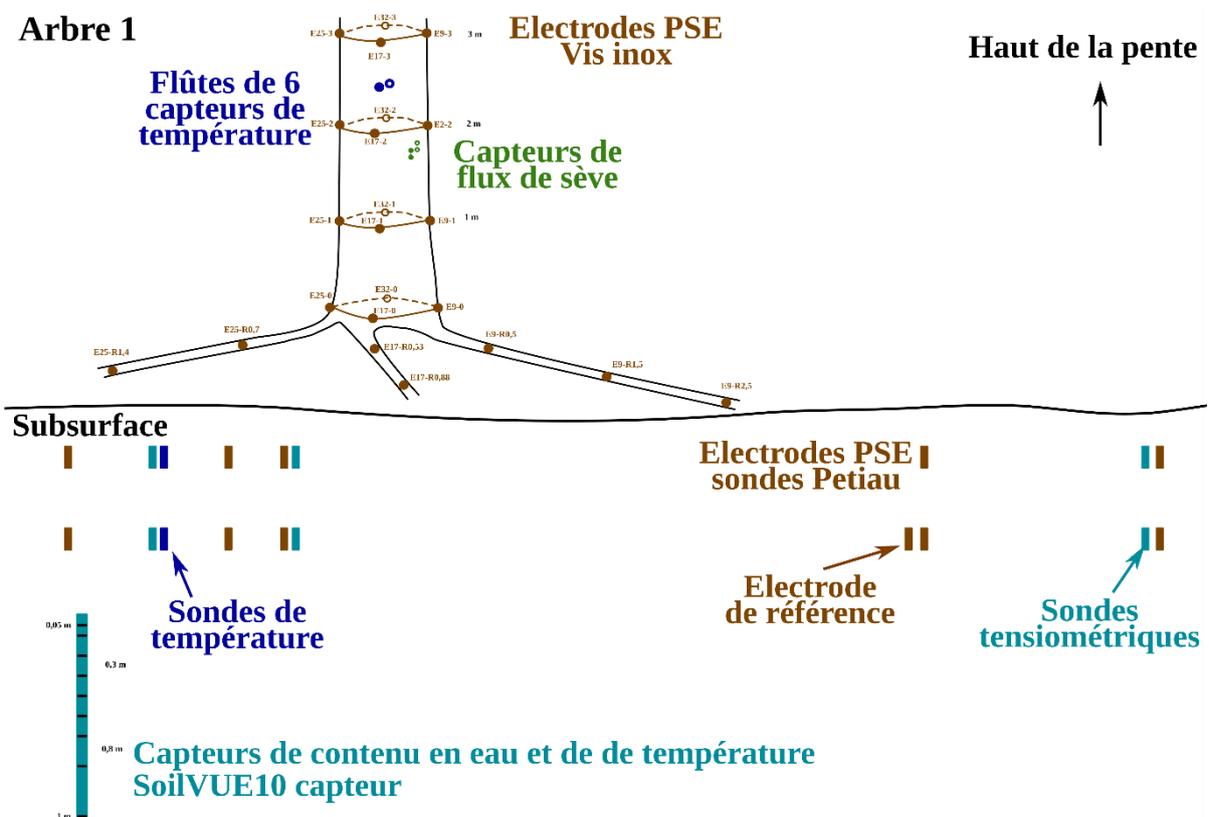


Fig. 1 – Schéma des équipements installés sur et autour d'un arbre pour observer les échanges hydriques entre les compartiments de la subsurface, la végétation et l'atmosphère.

MATERIEL ET METHODES

Nous réalisons depuis mai 2021 une expérience de mesures du PSE dans une parcelle de jeunes épicéas située sur le site de l'Observatoire Hydro-Géochimique de l'Environnement ([OHGE](#) - [OZCAR](#), Pierret et al., 2018). Cet observatoire est situé entre 850 et 1150 m d'altitude et son climat est tempéré avec des influences océaniques et montagnardes. L'observatoire correspond au bassin versant du Strengbach dont la surface de 80 ha est couverte par un sol acide d'une épaisseur variant 50 cm et 5 mètres. La roche mère sous-jacente est de type granitique et sa partie altérée présente une épaisseur variant

entre 1 et 12 m. La forêt occupe 80% du bassin versant, dont 80% d'épicéas (*Piceas abies*) et 20% de hêtres (*Fagus sylvatica*). Cependant le couvert forestier évolue avec les travaux forestiers, les tempêtes, les épisodes de sécheresse et les attaques de scolytes (*Dendroctonus micans*), tous ces éléments ayant été particulièrement virulents ces dernières années.

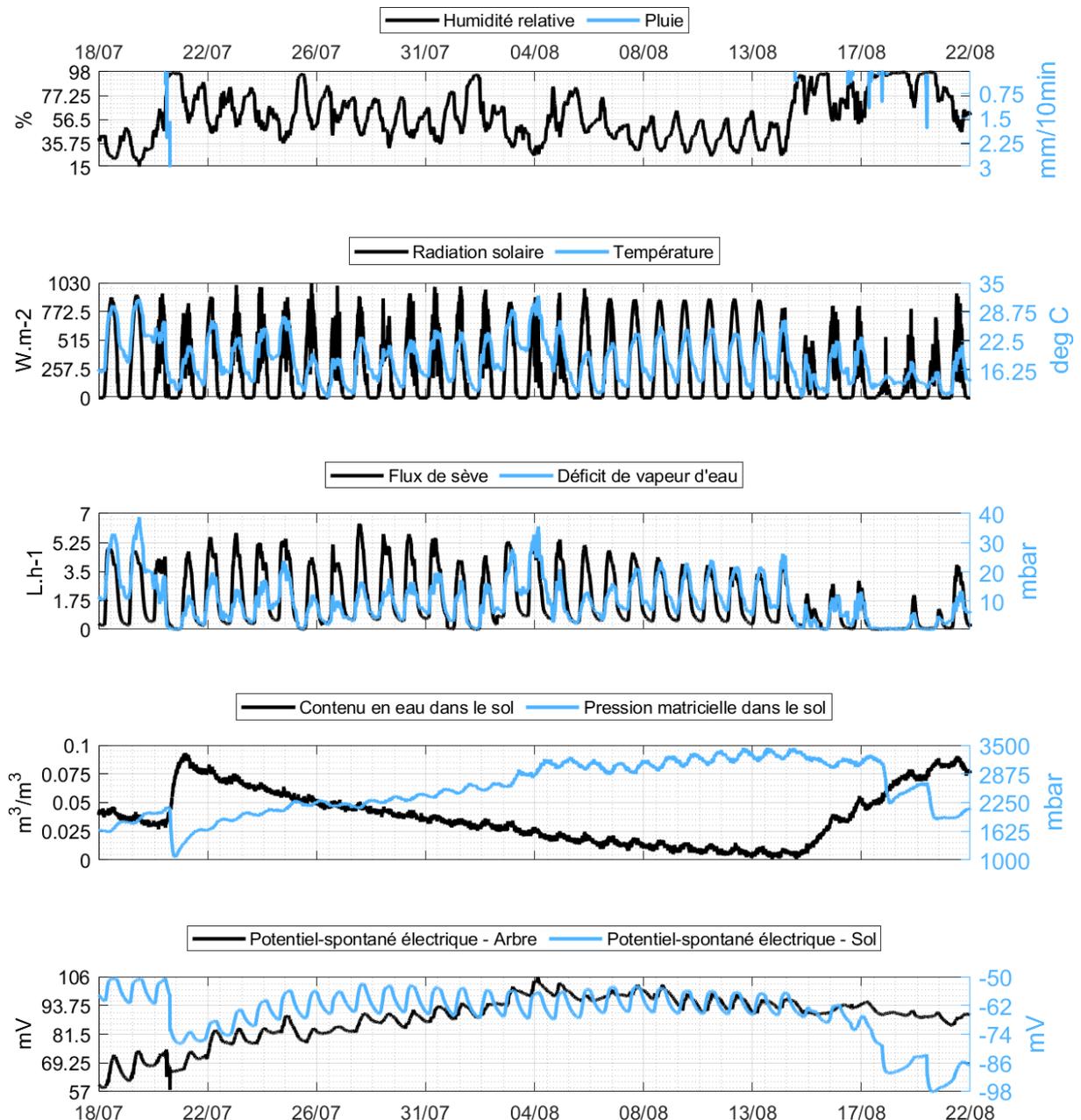


Fig. 2 – Données environnementales et de PSE acquises sur le bassin versant du Strengbach entre le 18 juillet et le 22 août 2022. Le capteur de contenu en eau est à 5 cm de profondeur celui de potentiel matriciel à 30 cm. Les mesures de PSE correspondent à des variations entre des dipôles verticaux.

Pour comprendre comment les différents processus de transferts hydriques dans le sol, la végétation et l'atmosphère influencent les mesures de PSE, nous avons également mesuré simultanément :

- La quantité de pluie et de pluviollessivats (observations fournies par l'OHGE),
- Le gradient hydraulique dans le sol (sondes tensiométriques à différentes distances d'un arbre),
- Les variations de contenu en eau dans le sol (sonde SoilVue10 équipée de 9 capteurs de réflectométrie en domaine temporel réparties entre 5 cm et 1 m de profondeur),
- La transpiration des arbres (sondes thermiques).

Ces données sont destinées à distinguer les contributions liées à l'infiltration, l'évaporation et l'absorption racinaire sur le signal de PSE. Les données météorologiques sont mesurées à la station météorologique de l'OHGE à 300 m de la parcelle suivie. Les mesures de déficit de vapeur d'eau sont calculées à partir de la température et de l'humidité relative. Elles indiquent la différence entre l'état actuel de la pression de vapeur et la saturation en vapeur correspondant à la température observée.

Les mesures de PSE sont réalisées sur 4 arbres et dans le sol à différentes distances d'un des arbres (Fig. 1). Sur les arbres les électrodes sont installées à différentes hauteurs et suivant 4 orientations pour observer comment ces paramètres influencent la mesure. Des électrodes sont également installées sur les racines d'un des arbres.

RESULTATS – PREMIERES OBSERVATIONS

Quelques mesures de PSE acquises durant la sécheresse 2022 sont représentées Fig. 2. Les mesures de PSE acquises dans l'arbre correspondent à la différence entre les signaux mesurés à 3 m et 2 m avec les électrodes situées au nord de l'arbre. Celles acquises dans le sol représentent la différence entre les signaux acquis entre 30 cm et 80 cm de profondeur, à une distance de 50 cm de l'arbre. Toutes ces mesures de PSE sont liées à la même électrode de référence. L'évènement pluvieux du 20 juillet est suivi par un épisode de sécheresse jusqu'au 14 août. Cette sécheresse impacte les mesures d'humidité de l'air et de déficit de vapeur d'eau, notamment entre le 4 et le 14 août. La sécheresse influence également le flux de sève dont le maximum journalier décroît jusqu'au 14 août et présente des valeurs non nulles les nuits précédant le 14 août. Les mesures de teneur en eau dans le sol restent faibles (<10%), ces mesures et celles de potentiel matriciel sont fortement marquées par les épisodes pluvieux et par la sécheresse qui entraîne une diminution régulière du contenu en eau et une croissance de la pression matricielle. Les mesures de PSE dans l'arbre et dans le sol montrent une cyclicité journalière, ces signaux sont perturbés suite aux pluies et l'amplitude de variation journalière diminue après les pluies. L'influence de la sécheresse sur ces données est en revanche moins évidente.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

L'ensemble des mesures acquises dans une forêt d'épicéas nous montrent que les mesures de PSE oscillent avec une fréquence journalière durant la période estivale dans l'arbre et au pied de l'arbre. La cyclicité de ces mesures est perturbée suite aux épisodes de pluie. Ces observations doivent maintenant être comparées à celles déjà publiées. L'analyse de ces mesures sera approfondie de manière à distinguer quels paramètres environnementaux influencent la cyclicité des mesures de PSE.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

HAO Z., LI W., HAO X., 2021 - Variations of electric potential in the xylem of tree trunks associated with water content rhythms. *J. Exp. Bot.*, 72 (4), 1321-1335.

JOUNIAUX L., MAINEULT A., NAUDET V., PESSEL M., SAILHAC P. 2009 - Review of self-potential methods in hydrogeophysics. *C. R. Geoscience*, 341 (10-11), 928-936.

PIERRET M.-C., COTEL S., ACKERER P., et al., PROBST A., 2018 - The Strengbach Catchment: A Multidisciplinary Environmental Sentry for 30 Years. *Vadose Zone J.*, 17 (1), 180090.

SILVA M., MATHENY A.M., PAUWELS V.R.N., TRIADIS D., MISSIK J.E., BOHRER G., DALY E., 2022 - Tree hydrodynamic modelling of the soil-plant-atmosphere continuum using FETCH3. *Geosci. Model Dev.*, 15 (6), 2619-2634.

VOYTEK E.B., BARNARD H.R., JOUGNOT D., SINGHA K., 2019 - Transpiration and precipitation induced subsurface water flow observed using the self-potential method. *Hydrol. Process.*, 33(13), 1784-1801.