

Quantification de la disponibilité en eau pour les plantes en Amazonie.

Contexte et objectif du stage :

La disponibilité en eau est un déterminant majeur de la distribution des espèces et du fonctionnement des écosystèmes, en particulier en forêts tropicales (e.g. Baltzer, Davies, Bunyavejchewin, & Noor, 2008; Esquivel-Muelbert et al., 2017; Ouédraogo et al., 2017; Wagner et al., 2016). Quantifier la disponibilité en eau pour les plantes et sa variabilité spatio-temporelle est donc un enjeu majeur pour comprendre et prédire le devenir des forêts tropicales, d'autant plus qu'un accroissement de la fréquence et de l'intensité des sécheresses est prédite sous les tropiques (Duffy, Brando, Asner, & Field, 2015). A cette fin, la plupart des études menées à une échelle régionale ou continentale ont jusqu'à présent utilisé des indices simples de disponibilité en eau calculés à partir de variables climatiques exclusivement, telles que les précipitations annuelles ou la durée de la saison sèche. Un indice largement utilisé est le « maximum climatological water deficit » (MCWD; Aragão et al., 2007; Chave et al., 2014; Esquivel-Muelbert et al., 2019; Esquivel-Muelbert et al., 2017; Malhi et al., 2009; Malhi & Wright, 2004; Ouédraogo et al., 2017). Le principe de base du MCWD est d'accumuler le déficit hydrique mensuel afin de quantifier le stress hydrique maximal subi par les plantes sur un site. Le déficit mensuel est alors calculé comme l'équilibre entre l'apport et la demande d'eau, l'apport étant supposé égal aux précipitations. Cet indice ne prend donc pas en compte les propriétés hydrologiques du sol ni la topographie, dont dépendent pourtant fortement la capacité de rétention d'eau des sols, et, par conséquent, la distribution des espèces (Ouédraogo et al., 2017; Sabatier et al., 1997). Une des difficultés principales pour prendre en compte l'effet des propriétés du sol sur la disponibilité en eau pour les plantes est la faible quantité de données disponibles à large échelle.

Ce projet de stage vise à quantifier la disponibilité en eau sur l'ensemble de la Guyane française en combinant le concept de MCWD avec un modèle de réserve en eau du sol (Nepstad et al., 2004; Ouédraogo et al., 2017; Wagner, Herault, Stahl, Bonal, & Rossi, 2011) en mobilisant différents types de données, et d'étudier la faisabilité d'une telle quantification à l'échelle du bassin Amazonien.

Plus précisément, il s'agira de :

- (i) Mobiliser les données pédologiques disponibles et faire une extrapolation sur l'ensemble du territoire guyanais à partir des unités géomorphologiques précédemment cartographiées (Guitet et al., 2013; Guitet, Pélissier, Brunaux, Jaouen, & Sabatier, 2015) et des variations topographiques locales déduites d'une image SRTM à 30 m de résolution ; puis comparer les résultats ainsi obtenus sur la Guyane française avec des jeux de données disponibles sur l'ensemble du bassin Amazonien (Hengl et al., 2017; Marthews et al., 2014) dont les différentes limitations seront discutées.
- (ii) Construire un indice de disponibilité en eau combinant les principes de modèles de réserve en eau du sol et du MCWD, et en réaliser une carte pour la Guyane française. Différentes hypothèses sur la profondeur du sol seront notamment discutées. Il s'agira ensuite d'évaluer la possibilité d'étendre cette cartographie de la disponibilité en eau à l'ensemble du bassin Amazonien.

Les conséquences de la variabilité de la disponibilité en eau cartographiée en (ii) sur la distribution des espèces et la variation spatiale de la structure et de la diversité forestière en

Guyane ou en Amazonie seront finalement discutées, et potentiellement évaluées en fonction du temps disponible en fin de stage.

Profil et compétences recherchés :

Etudiant.e en master 2 d'écologie ou en école d'ingénieur.e agronome.

Connaissance générale en écologie.

Connaissance des sols et des relations sols-plantes.

Goût pour la modélisation et l'analyse de données.

Maîtrise du logiciel R et méthodes de bases en analyses statistiques et analyses spatiales.

Maîtrise du logiciel ArcGis ou QGIS

Lecture d'articles en anglais.

Encadrement :

L'étudiant.e sera co-encadré.e par Isabelle Maréchaux et Vincent Freycon. I. Maréchaux est écologue (INRAE, UMR AMAP) et ses recherches visent à mieux comprendre et prédire la dynamique des forêts tropicales, en tenant compte de leur grande diversité spécifique et fonctionnelle. Pour cela, elle utilise essentiellement deux approches complémentaires – modélisation et écophysiologie – à travers des mesures de traits sur le terrain, essentiellement en Guyane Française. V. Freycon est pédologue (CIRAD, UPR Forêts & Sociétés) et ses travaux portent sur les relations entre les sols et la forêt tropicale. Il a une grande expérience de terrain des sols de Guyane française et du bassin du Congo, et de leur distribution spatiale selon la géomorphologie.

Le stage fait partie du projet METRADICA ("Mechanistic traits to predict shifts in tree species abundance and distribution with climate change in the Amazonian forest") financé par le Labex CEBA (<http://www.labex-ceba.fr/projets-strategiques/>). L'indice hydrique développé pendant le stage et sa cartographie sur la Guyane française seront utilisés dans la suite du projet. L'étudiant interagira donc pendant le stage avec d'autres chercheurs du projet, notamment avec Bruno Ferry (AgroParisTech, UMR Silva), pédologue et écologue, ainsi que Ghislain Vieilledent (CIRAD, UMR AMAP), écologue modélisateur, en charge du développement de modèles joints de distribution d'espèces.

Localisation : l'étudiant.e sera basé.e au sein de l'UPR Forêts & Sociétés, sur le Campus de Baillarguet (Accès de Montpellier avec ligne de bus), avec des visites à l'UMR AMAP, Montpellier.

Durée : 6 mois, avec un début entre janvier et mars 2021.

Contact et candidature : les candidatures (CV + lettre de motivation) sont à envoyer avant le 26 octobre à isabelle.mj.marechaux@gmail.com et vincent.freycon@cirad.fr

Références :

- Aragão, L. E. O. C., Malhi, Y., Roman-Cuesta, R. M., Saatchi, S., Anderson, L. O., & Shimabukuro, Y. E. (2007). Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. *Geophysical Research Letters*, *34*(7). doi: 10.1029/2006GL028946
- Baltzer, J. L., Davies, S. J., Bunyavejchewin, S., & Noor, N. S. M. (2008). The role of desiccation tolerance in determining tree species distributions along the Malay–Thai Peninsula. *Functional Ecology*, *22*(2), 221–231. doi: 10.1111/j.1365-2435.2007.01374.x
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B. C., ... Vieilledent, G. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, *20*(10), 3177–3190. doi: 10.1111/gcb.12629
- Duffy, P. B., Brando, P., Asner, G. P., & Field, C. B. (2015). Projections of future meteorological drought and wet periods in the Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *112*(43), 13172–13177. doi: 10.1073/pnas.1421010112
- Esquivel-Muelbert, A., Baker, T. R., Dexter, K. G., Lewis, S. L., Brienen, R. J. W., Feldpausch, T. R., ... Phillips, O. L. (2019). Compositional response of Amazon forests to climate change. *Global Change Biology*, *25*(1), 39–56. doi: 10.1111/gcb.14413
- Esquivel-Muelbert, A., Baker, T. R., Dexter, K. G., Lewis, S. L., ter Steege, H., Lopez-Gonzalez, G., ... Phillips, O. L. (2017). Seasonal drought limits tree species across the Neotropics. *Ecography*, *40*(5), 618–629. doi: 10.1111/ecog.01904
- Guitet, S., Cornu, J.-F., Brunaux, O., Betbeder, J., Carozza, J.-M., & Richard-Hansen, C. (2013). Landform and landscape mapping, French Guiana (South America). *Journal of Maps*, *9*(3), 325–335. doi: 10.1080/17445647.2013.785371
- Guitet, S., Pélissier, R., Brunaux, O., Jaouen, G., & Sabatier, D. (2015). Geomorphological landscape features explain floristic patterns in French Guiana rainforest. *Biodiversity and Conservation*, *24*(5), 1215–1237. doi: 10.1007/s10531-014-0854-8
- Hengl, T., Jesus, J. M. de, Heuvelink, G. B. M., Gonzalez, M. R., Kilibarda, M., Blagotić, A., ... Kempen, B. (2017). SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLOS ONE*, *12*(2), e0169748. doi: 10.1371/journal.pone.0169748
- Malhi, Y., Aragão, L. E. O. C., Galbraith, D., Huntingford, C., Fisher, R., Zelazowski, P., ... Meir, P. (2009). Exploring the likelihood and mechanism of a climate-change-induced dieback of the Amazon rainforest. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106*(49), 20610–20615. doi: 10.1073/pnas.0804619106
- Malhi, Y., & Wright, J. (2004). Spatial patterns and recent trends in the climate of tropical rainforest regions. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, *359*(1443), 311–329. doi: 10.1098/rstb.2003.1433
- Marthews, T. R., Quesada, C. A., Galbraith, D. R., Malhi, Y., Mullins, C. E., Hodnett, M. G., & Dharssi, I. (2014). High-resolution hydraulic parameter maps for surface soils in tropical South America. *Geoscientific Model Development*, *7*(3), 711.

- Nepstad, D., Lefebvre, P., Silva, U. L. da, Tomasella, J., Schlesinger, P., Solórzano, L., ... Benito, J. G. (2004). Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: a basin-wide analysis. *Global Change Biology*, 10(5), 704–717. doi: 10.1111/j.1529-8817.2003.00772.x
- Ouédraogo, D.-Y., Fayolle, A., Gourlet-Fleury, S., Mortier, F., Freycon, V., Fauvet, N., ... Favier, C. (2017). The determinants of tropical forest deciduousness: disentangling the effects of rainfall and geology in central Africa. *Journal of Ecology*, 924–935. doi: 10.1111/1365-2745.12589@10.1111/(ISSN)1365-2745.globalchangevirtualissue
- Sabatier, D., Grimaldi, M., Prévost, M.-F., Guillaume, J., Godron, M., Dosso, M., & Curmi, P. (1997). The influence of soil cover organization on the floristic and structural heterogeneity of a Guianan rain forest. *Plant Ecology*, 131(1), 81–108. doi: 10.1023/A:1009775025850
- Wagner, F. H., Anderson, L. O., Baker, T. R., Bowman, D. M., Cardoso, F. C., Chidumayo, E. N., ... others. (2016). Climate seasonality limits leaf carbon assimilation and wood productivity in tropical forests. *Biogeosciences*, 13(8), 2537.
- Wagner, F., Herault, B., Stahl, C., Bonal, D., & Rossi, V. (2011). Modeling water availability for trees in tropical forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(9), 1202–1213. doi: 10.1016/j.agrformet.2011.04.012