

Etude du microclimat forestier dans un contexte de changement climatique. Cas particulier du territoire Sud-Gironde.

RUFFIO Emmanuel¹, DUPLEIX Anna^{1,2}, DENYS Luna³, LANGLOIS Marc³,
LAVALETTE Anne¹

¹Co-Actions, CAE – Groupe Recherche, Alt-R&D. 33130 Bègles

²Laboratoire Crises, EA 4424, Université Paul Valéry, 34000 Montpellier

³Services civiques, Fédération Léo Lagrange

anne.lavalette@alt-rd.com

Mots clefs : résilience ; forêt ; température ; gestion forestière ; microclimat ; Sud-Gironde

Contexte et objectifs

Des travaux scientifiques menés sur l'adaptation des forêts face au changement climatique ont montré que la réponse de la biodiversité et du fonctionnement des forêts est décalée par rapport aux prévisions réalisées. Une hypothèse formulée pour expliquer ce décalage est que ce n'est pas le climat global mais les microclimats qui expliquent la présence d'espèces végétales ou animales sur un territoire (Zellweger et al 2020, Sanczuk et al 2023). Les microclimats désignent les conditions climatiques à petite échelle (métrique), par opposition aux conditions macroclimatiques observées par les stations météo à grande échelle sur site ouvert. Le microclimat est défini par des variables telles que la température, l'humidité de l'air, la vitesse du vent ou encore le rayonnement solaire (Cadalen 2022). Plusieurs équipes de recherches (EDYSAN-Université Jules Vernes, INRAE-UMR ISPA) s'intéressent aux interactions entre microclimat et structure forestière ou facteurs paysagers. L'étude du microclimat forestier montre par exemple qu'un couvert forestier dense et haut atténue fortement les températures au niveau du sol forestier. A l'inverse, la perte du couvert végétal accentue les déséquilibres entre le biotope et le changement climatique global. Plus précisément, De Frenne et al (2019), Gril (2024) ou Cadalen (2022) évaluent l'effet tampon du microclimat sur l'écosystème forestier dans leurs travaux de recherche. Cet effet est dû au pouvoir isolant de la canopée, qui protège le sous-bois des fortes chaleurs estivales. L'hiver, la température est un peu plus clémente en forêt qu'en milieu ouvert. Le microclimat sous couvert forestier a des répercussions importantes sur les conditions de vie de la faune et de la flore. Il permet de favoriser la survie d'espèces végétales ou animales au sein de micro habitats ayant des conditions de température et d'humidité particulières. Dans sa thèse, Gril (2024) précise que les plantes forestières ont chacune des conditions de vie optimum et ne sont pas toutes favorables à l'effet tampon du microclimat. Dans le contexte actuel du changement climatique, la conservation des espèces de sous-bois, la résilience et la régénération des forêts nécessite donc des stratégies complémentaires telles que la diversification des microclimats pour accueillir toutes les espèces forestières. Il ressort de l'état de l'art que les études sur ce sujet sont relativement récentes et des questions demeurent :

- 1- La manière dont la dynamique et les implications des microclimats forestiers peuvent influencer la redistribution future de la biodiversité sous la canopée reste une question ouverte (Zhang et al 2023, Braziunas et al 2025).
- 2- Des manques ont été identifiés concernant la cartographie et la prédiction des microclimats. La prise en compte des composantes verticales et temporelles dans les modèles existants mérite d'être améliorée, par un développement méthodologique affiné et des mesures expérimentales supplémentaires et sur le long-terme (De Frenne et al 2021). En effet, les

mesures climatiques actuelles effectuées à l'aide des stations météo sont toujours réalisées en dehors des forêts.

- 3- La gestion forestière influence la structure verticale de la végétation, ce qui a des répercussions sur le microclimat (Onaindia et al 2004). Les gestionnaires forestiers et les décideurs politiques pourraient utiliser les informations recueillies par les équipes de recherche pour identifier les stratégies de gestion qui maximisent l'effet tampon de la forêt et la conservation de la biodiversité.

De ce constat est née la volonté de contribuer aux recherches actuelles pour répondre au manque de données sur le microclimat au sein de différentes structures forestières. Une étude sur le long terme est nécessaire pour observer l'évolution dans le temps et dans l'espace du microclimat forestier et de ses interactions avec la biodiversité. L'objectif principal de cette étude est le relevé de données de terrain : santé des forêts, régénération, biodiversité et microclimat forestier dans différents contextes forestiers. Les données alimenteront une base de données servant de référence aux études sur le microclimat (SoilTemp, www.soiltempproject.com) et seront analysées afin d'évaluer l'impact de la structure forestière sur le microclimat. Elles participeront ainsi à l'amélioration des connaissances sur le sujet en lien avec d'autres projets nationaux (ANR IMPRINT², MaCCMic³ et Labex COTE⁴).

Matériel et méthode

Des entretiens ont été menés auprès des propriétaires de 4 forêts du Sud-Gironde incluses dans l'étude : Préchac, Saint-Symphorien, Moustey, Louchats (Fig. 1). L'analyse des entretiens a permis de sélectionner 3 zones de 30 m de diamètre au sein de chaque forêt qui diffèrent par leur structure : végétation uniforme, topographie particulière (ex : rivière) et une zone ouverte (sans couverture forestière) à proximité. Un capteur de température et d'humidité (référence : HOBO U23 Pro V2, Onset Computer Corporation, Bourne, Massachusetts, USA, Fig. 2) est placé à 1,30 m du sol au centre de chaque zone définie. Une mesure toutes les 30 min est enregistrée, qui correspond à la moyenne de mesures réalisées chaque minute. Le capteur de température fonctionne dans une gamme allant de -40°C à 75°C avec une résolution de 0.02°C à 25°C et une précision de $\pm 0.2^\circ\text{C}$ entre 0°C et 50°C. La mesure d'humidité relative a une résolution de 0.1% entre -40°C et 75°C et une précision de $\pm 2.5\%$ entre 10% et 90% d'humidité relative à 25°C.



Fig. 1 : Cartographie des 4 forêts incluses dans l'étude

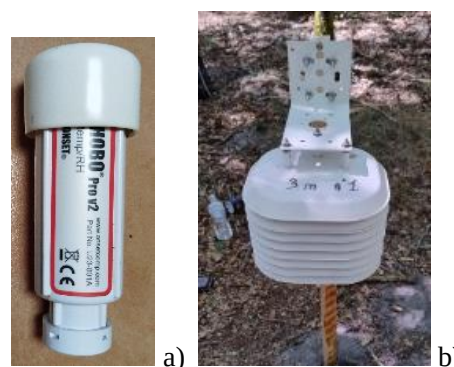


Fig. 2 : Capteur de température et humidité de l'air ambiant (a) installé au sein d'un abri (b) assurant protection contre le soleil direct, la pluie, le vent etc.

² <https://anr.fr/Projet-ANR-19-CE32-0005>

³ <https://anr.fr/Projet-ANR-21-CE32-0012>

⁴ <https://anr.fr/ProjetIA-10-LABX-0045/>

Premiers résultats

Les relevés de température et humidité relative de l'air sont comparés sur les quatre zones forestières définies au sein de la forêt de Préchac : jeunes pins maritimes / feuillus / rivière / zone ouverte (Fig. 3 et 4).



Fig. 3: Sondes de température installées dans leur abri proche de la rivière (a) et dans une plantation de jeunes pins (b) sur le site de Préchac (Sud-Gironde).

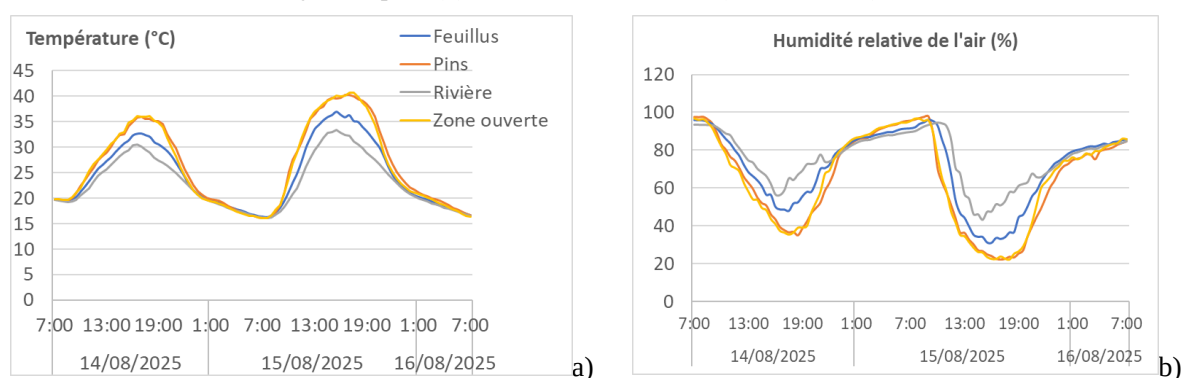


Fig. 4: Relevés de température (°C) (a) et d'humidité relative (%) (b) sur le site de Préchac (Sud-Gironde) mi-août 2025 sur 4 zones qui diffèrent par leur structure forestière (Feuillus / Pins maritimes / Zone ouverte / Rivière)

La zone ouverte et la plantation de jeunes pins ne montrent pas de différences significatives de températures ni d'humidité de l'air. Par contre, les premiers relevés indiquent 7°C d'écart au plus chaud entre la zone proche de la rivière en contrebas (33°C, 42%HR) et la zone ouverte (40°C, 20%HR) et 4°C d'écart entre la zone feuillue et la zone ouverte de même altitude. Le couvert forestier plus dense sur la zone feuillue que dans les jeunes pins réduit l'ensoleillement direct et la vitesse du vent, ce qui atténue les variations de température et explique en partie ce décalage. La nuit, les données de température et humidité relative sont identiques sur les 4 zones étudiées.

Conclusion et perspectives

Les écosystèmes forestiers jouent un rôle important dans l'atténuation des températures extrêmes et créent des zones refuges de biodiversité. Des études récentes mettent en évidence un manque de données sur le microclimat forestier. Cette étude vise à fournir des données de terrain en observant l'évolution dans le temps et dans l'espace du microclimat forestier en Sud Gironde sur 16 placettes spécifiques. Le microclimat est influencé par de nombreux paramètres (hauteur et densité des arbres, essences présentes, ombrage, topologie, rivière, accessibilité au vent, etc.). Dans la suite de ce travail, des mesures pluriannuelles seront analysées afin d'évaluer l'impact de différentes structures forestières sur le microclimat en Sud Gironde. Les données relevées permettront également d'alimenter un modèle numérique développé par Ogée J, Bouwen K et Lemaire-Patin R (INRAE, UMR IPSA). Ce modèle permet d'évaluer l'impact de

la gestion forestière sur le microclimat en sous-bois et les conditions de régénération naturelle des forêts à des échelles de 1 à 5 ans. Un outil d'aide à la décision, basé sur ce modèle et à l'intention des gestionnaires forestiers, est également en cours de développement par INRAE.

Remerciements

Les auteurs remercient les propriétaires forestiers pour la mise à disposition de leurs forêts, INRAE pour le prêt des capteurs, la DRAJES Nouvelle-Aquitaine et la Fédération Léo Lagrange pour leur participation au financement de cette étude et leur engagement dans le cadre de l'expérimentation nationale sur le Service civique écologique Promotion Explore 33.

Références

Braziunas KH, Rammer W, De Frenne P, Diaz-Calafat J, Hedwall PO, Senf C, Thom D, Zellweger F, Seidl R (2025) Microclimate temperature effects propagate across scales in forest ecosystems, *Landscape Ecology* 40(37).

Cadalen N (2022) Caractérisation de la structure forestière de parcelles en couvert continu, Mémoire de stage de S8 dominante foresterie de BSA, INRAE UMR ISPA, 33 p.

De Frenne P, Lenoir J, Luoto M, Scheffers BR, Zellweger F, Aalto J, Ashcroft MB, Christiansen DM, Decocq G, De Pauw K, Govaert S, Greiser C, Gril E, Hampe A, Jucker T, Klimes D, Koelmeijer IA, Lembrechts JJ, Marrec R, Meeussen C, Ogee J, Tyystjarvi V, Vangansbeke P, Hylander K (2021) Forest microclimates and climate change : importance, drivers and future research agenda, *Global Change Biology*, 27(11):2279-2297.

De Frenne P, Zellweger F, Rodríguez-Sánchez F, Scheffers B, Hylander K, Luoto M, Vellend M, Verheyen K, Lenoir J (2019) Global buffering of temperatures under forest canopies, *Nature Ecology & Evolution*, 3(5):744-749.

Gril E (2024) Modelling forest microclimate and its consequences on understory flora under climate change, Thèse de Doctorat, Univ. de Picardie Jules Verne, 269 p.

Onaindia M, Dominguez I, Albizu I, Garbisu C, Amezcaga I (2004) Vegetation diversity and vertical structure as indicators of forest disturbance, *Forest Ecology and Management*, 195:341-354.

Sanczuk P, De Pauw K, De Lombaerde E, Luoto M, Meeussen C, Govaert S, Vanneste T, Depauw L, Brunet J, Cousins SAO, Gasperini C, Hedwall P-O, Iacopetti G, Lenoir J, Plue J, Selvi F, Spicher F, Uribe-Diez J, Verheyen K, Vangansbeke P, De Frenne P (2023), Microclimate and forest density drive plant population dynamics under climate change, *Nature Climate Change*, 13:840–847.

Zellweger F, De Frenne P, Lenoir J, Vangansbeke P, Verheyen K, Bernhardt-Römermann M, Baeten L, Hédal R, Berki I, Brunet J, Van Calster H, Chudomelová M, Decocq G, Dirnböck T, Durak T, Heinken T, Jaroszewicz B, Kopecký M, Máliš F, Macek M, Marek M, Naaf T, Nagel TA, Ortmann-Ajkai A, Petřík P, Pielech R, Reczyńska K, Schmidt W, Standovár T, Świerkosz K, Teleki B, Vild O, Wulf M, Coomes D (2020) Forest microclimate dynamics drive plant responses to warming, *Science*, 368(6492):772-775.

Zhang C, Su Y, Liu L, Wu J, Huang G, Li X, Bi C, Yan W, Laforteza R (2023) Seasonal and long-term dynamics in forest microclimate effects: global pattern and mechanism, *Npj Climate and Atmospheric Science*, 6(116).