

Jonathan Lenoir (CR CNRS)

 @jonlen@ecoevo.social

 @EkoLogIt



Ecologie et Dynamique
des Systèmes Anthropisés
UMR 7058 CNRS-UPJV
www.u-picardie.fr/edysan



anr®

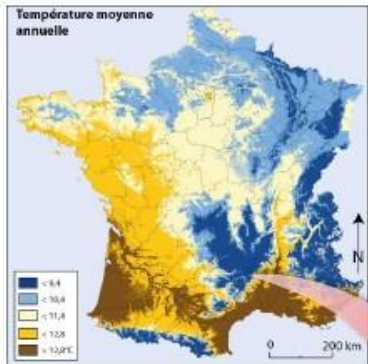
Microclimats forestiers & adaptation des forêts aux changements climatiques

Webinaire Journées TEMPO – 04/10/2023
Station d'écologie forestière de Fontainebleau

Données LiDAR : Office National des Forêts (ONF) | Illustration : Tarek Hattab

Qu'est-ce que le microclimat ?

Une question d'échelle spatiale ?



Macroclimat



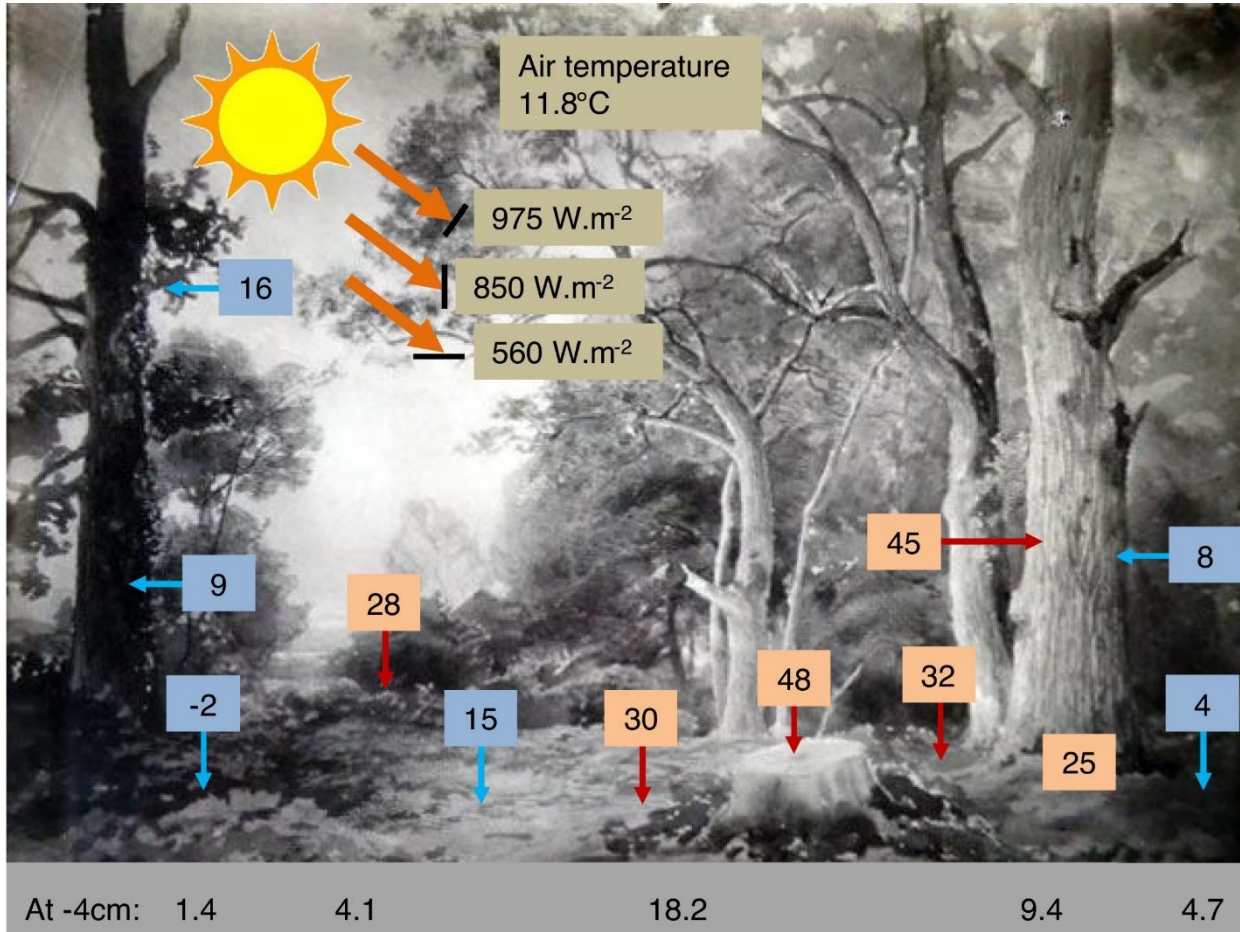
Méso/Topoclimat



Microclimat

Qu'est-ce que le microclimat ?

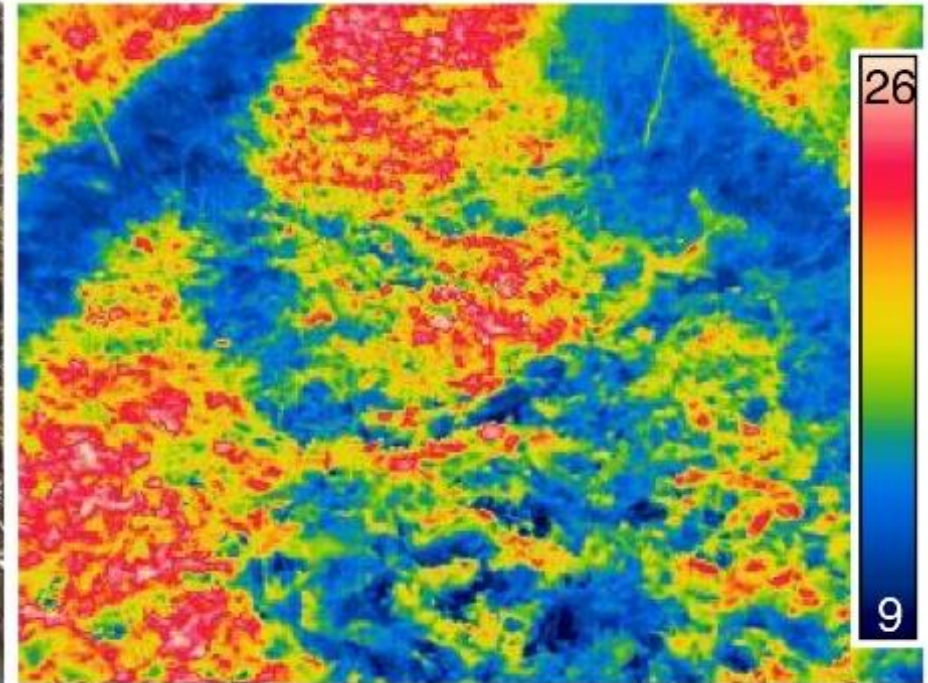
Un microclimat ou des microclimats ?



Current Opinion in Insect Science

Qu'est-ce que le microclimat ?

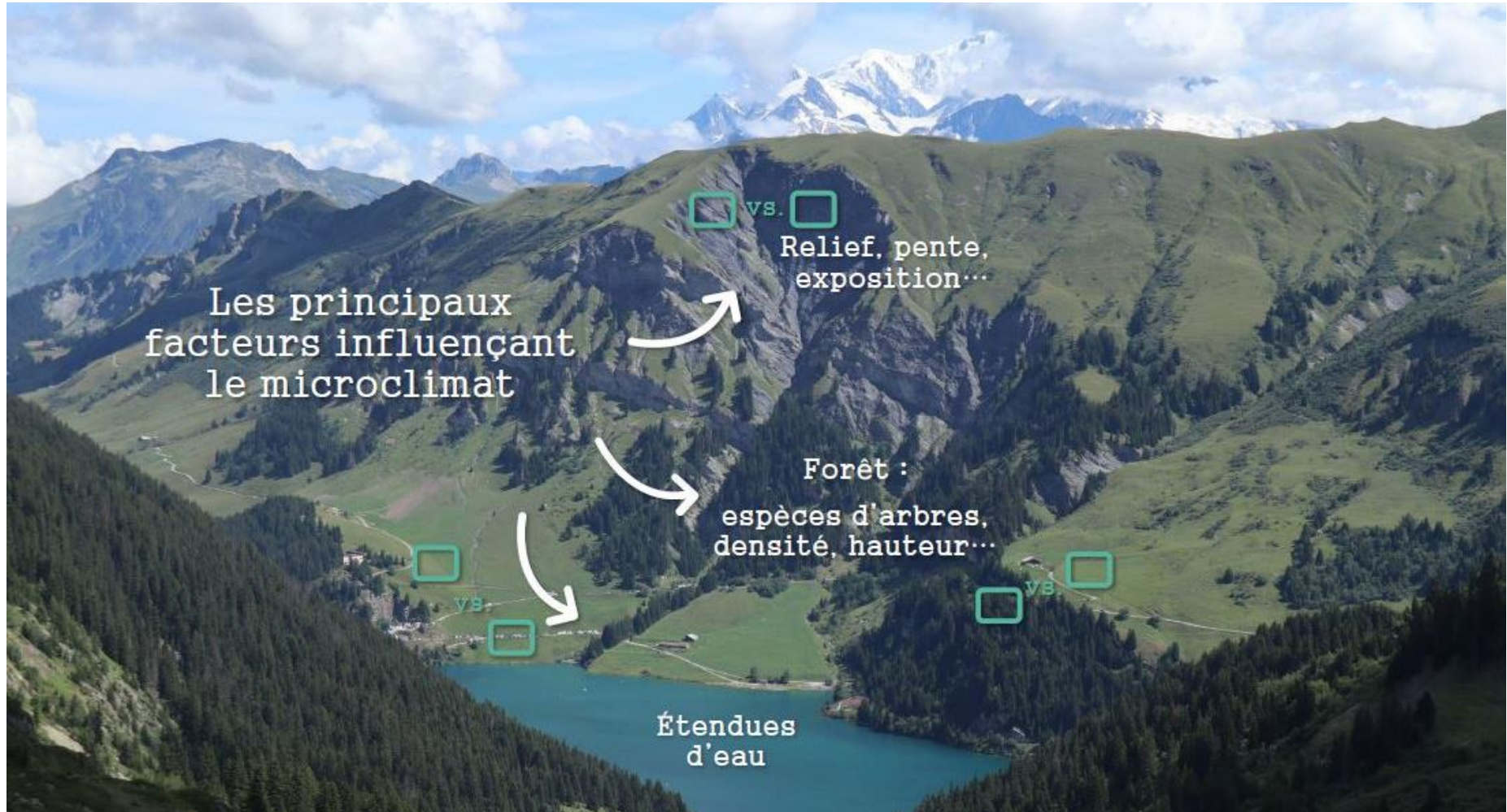
Un microclimat ou des microclimats ?



Current Opinion in Insect Science

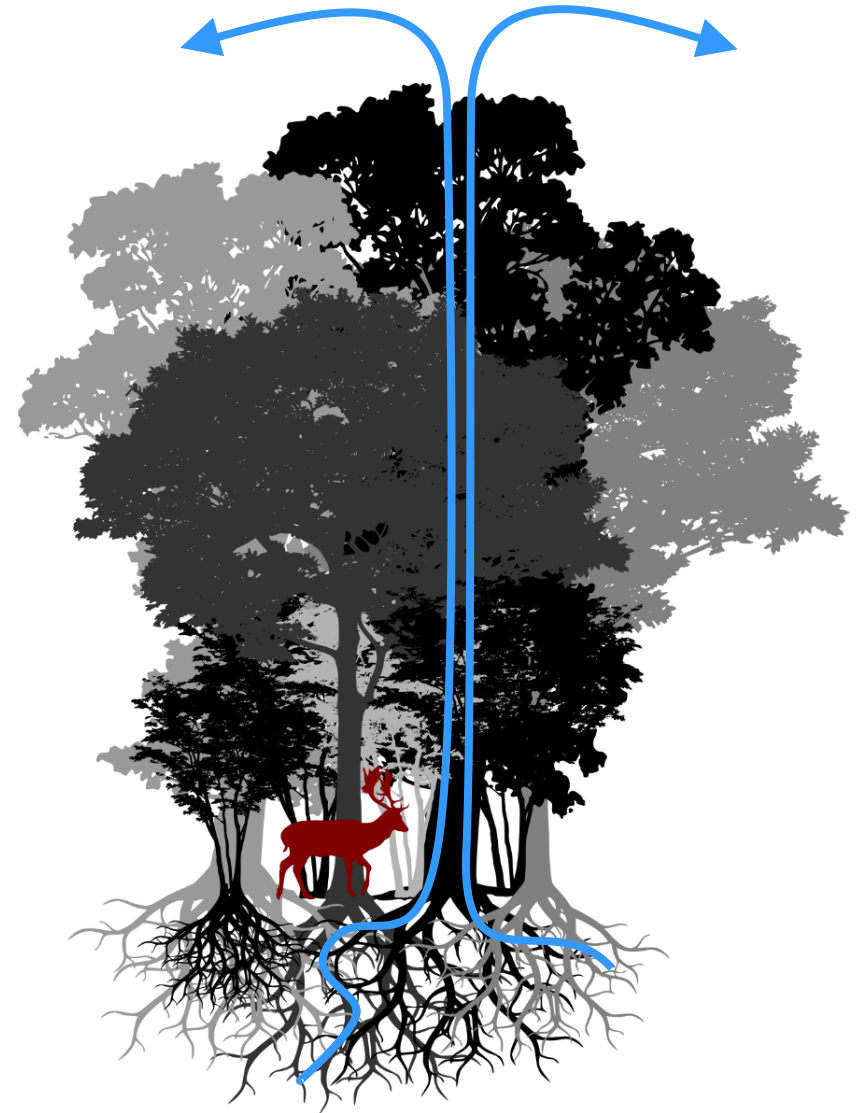
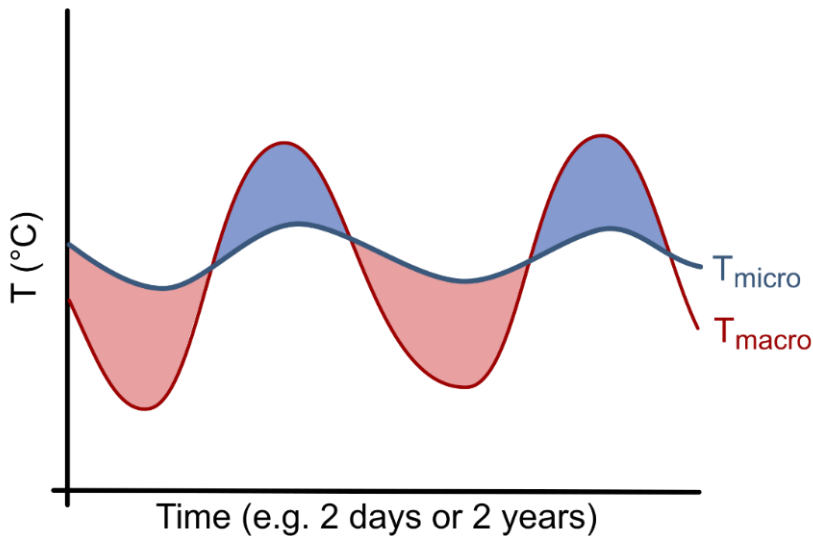
Qu'est-ce que le microclimat ?

Quels sont les principaux facteurs générateurs des microclimats ?



Qu'est-ce que le microclimat ?

Le pouvoir « tampon » de la forêt

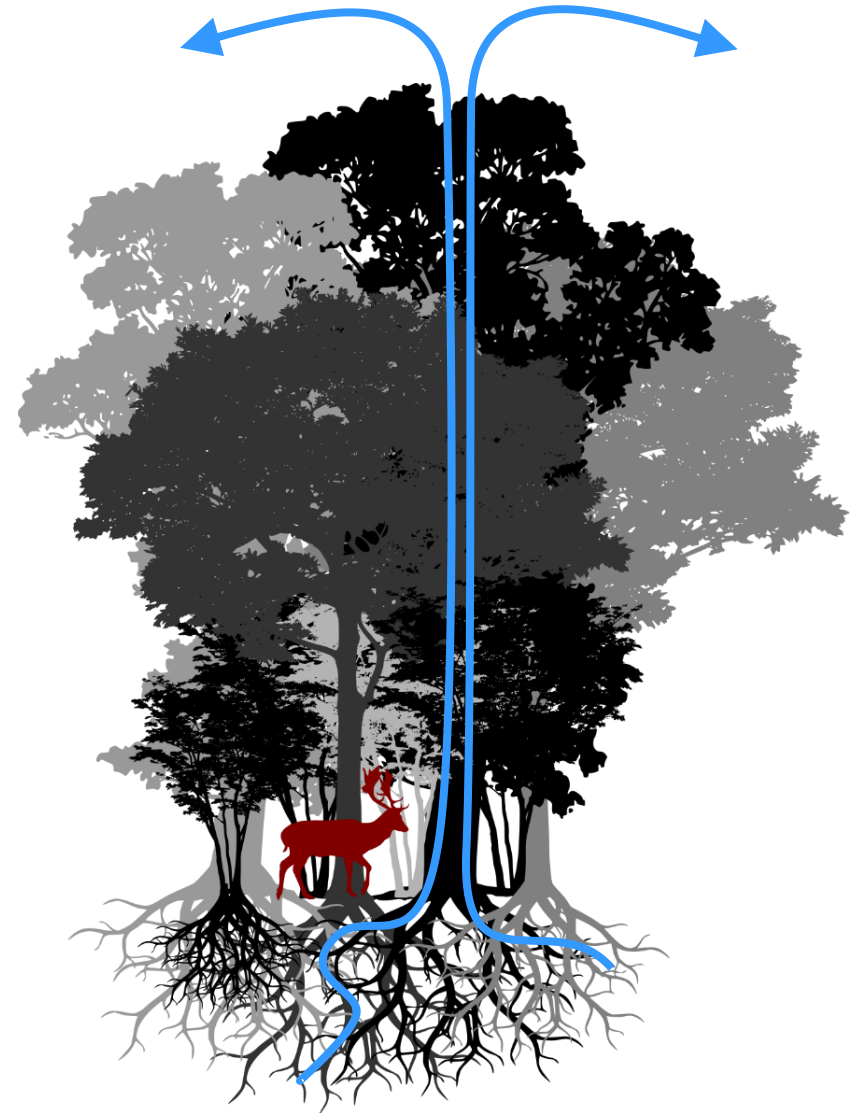


Qu'est-ce que le microclimat ?

Les processus sous-jacent :

- Effet ombrage de la canopée
- Transpiration de la végétation
- Atténuation du vent

Jusqu'à plusieurs degrés de différence (**2 à 15°C**) entre la T°C mesurée **sous-couvert** et la T°C mesurée **hors-couvert** forestier suivant le **contexte bioclimatique**, la **période de l'année** et les **propriétés structurelles** des peuplements



Comment mesure t-on le microclimat ?

Les postes météorologiques classiques, comme ceux utilisés par le réseau national Météo France, ne mesurent pas le microclimat !

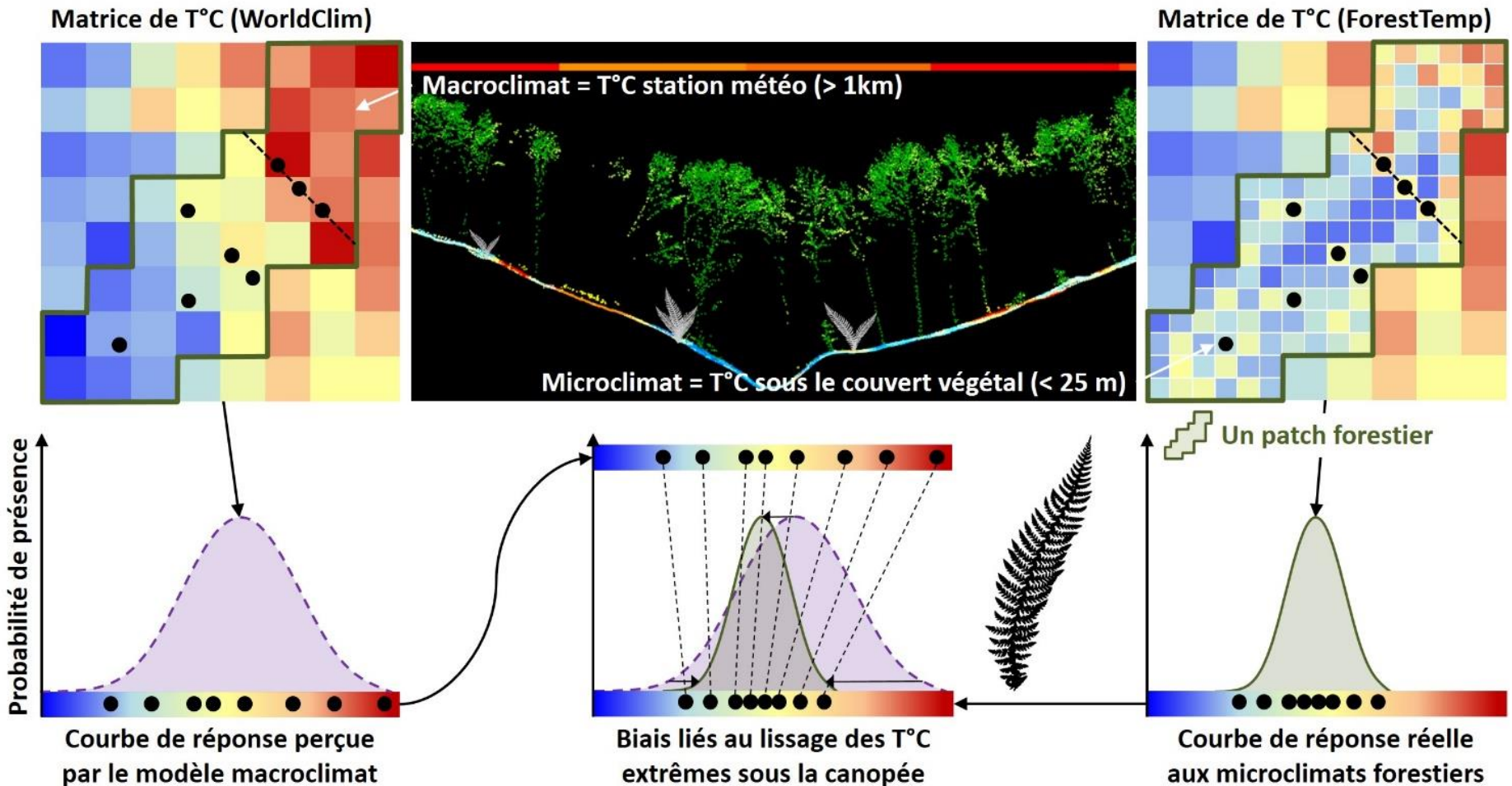
- Stations disposées en zone dégagée
- Systématiquement hors-couvert forestier
- T°C mesurée à 2 ou 3 m de hauteur
- Exposition aux vents dominants
- Absence d'ombre portée

Ces stations ne mesurent pas les T°C telles que ressenties par les organismes au sein de leurs habitats mais le **macroclimat** ou les conditions « **synoptiques** » en faisant en sorte de gommer toute variation ou « bruit » lié aux effets locaux aussi dit proximaux (cf. microclimats)



Comment mesure t-on le microclimat ?

Implique une distorsion de la niche de T°C des espèces du sous-bois



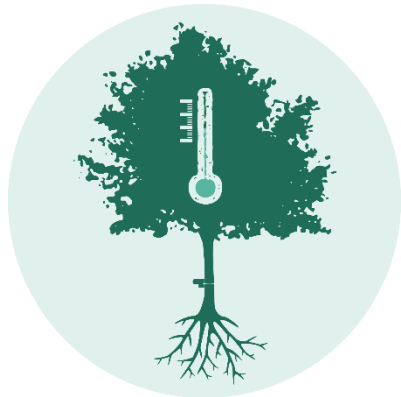
Comment mesure t-on le microclimat ?

Pour mesurer le microclimat au sein de l'habitat forestier ou effet tampon, on utilise des micro-capteurs de T°C, par exemple



Comment modéliser les microclimats forestiers ?

L'objectif du projet IMPRINT est de prendre en compte les processus microclimatiques en contexte de changements climatiques

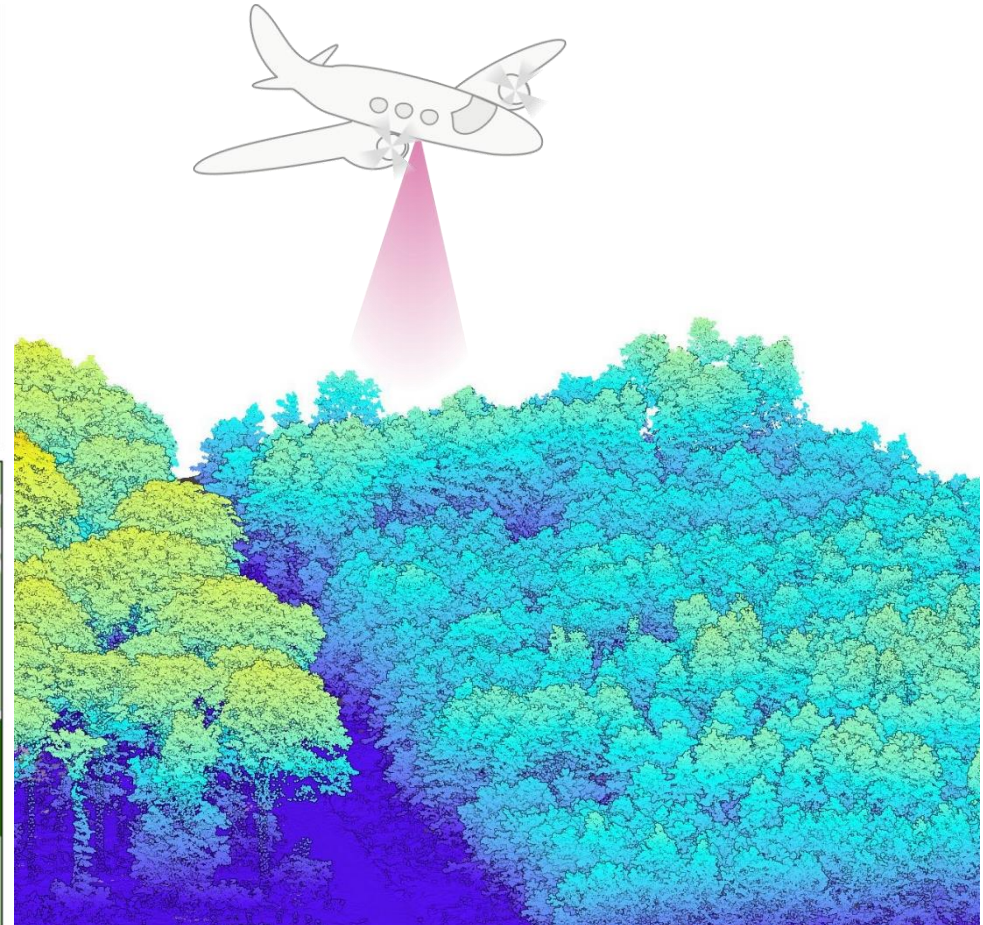
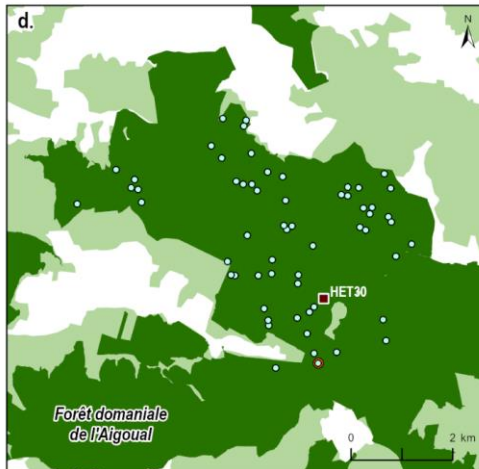
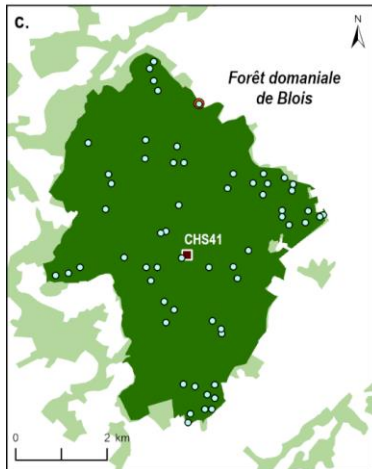
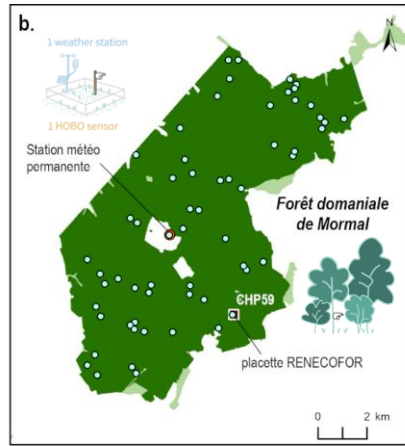
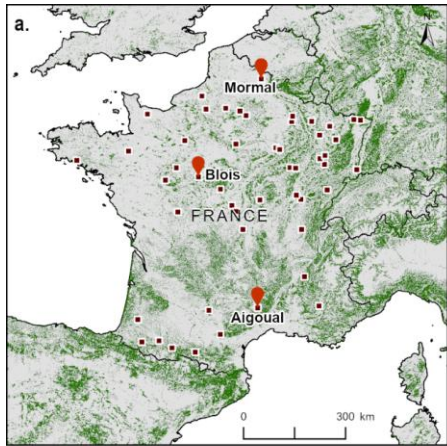


anr[®]



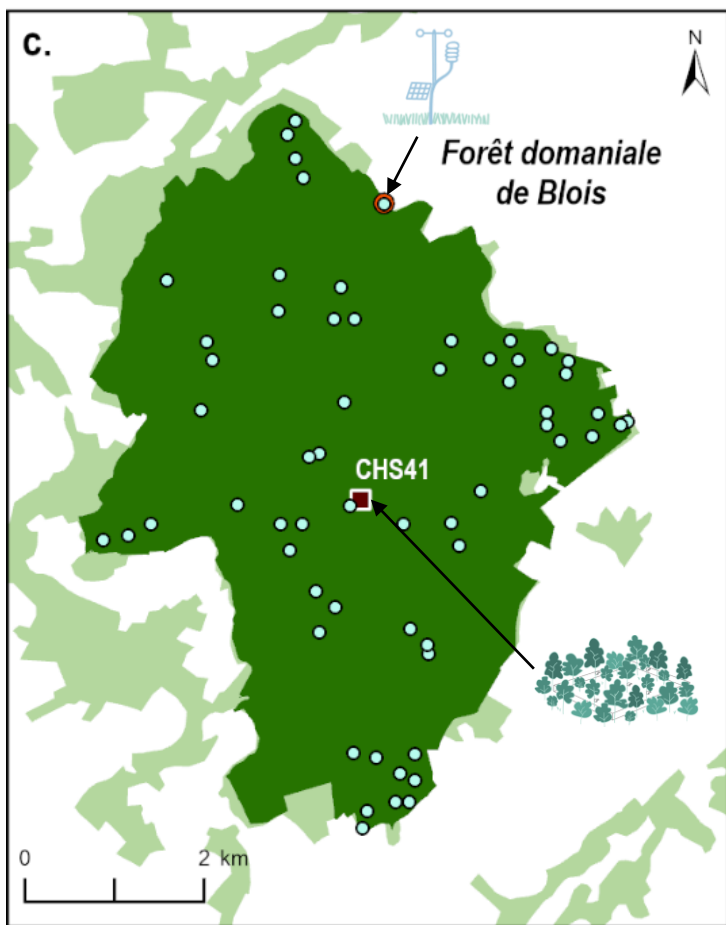
Comment modéliser les microclimats forestiers ?

Trois forêts domaniales étudiées, survolées par un LiDAR à l'été 2021 et équipées de capteurs de T°C sur un réseau de 180 placettes

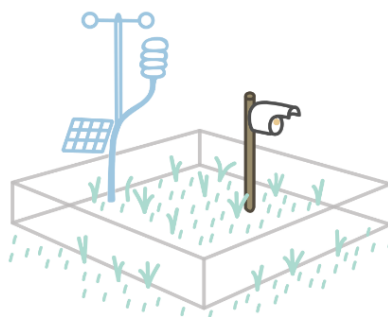


Comment modéliser les microclimats forestiers ?

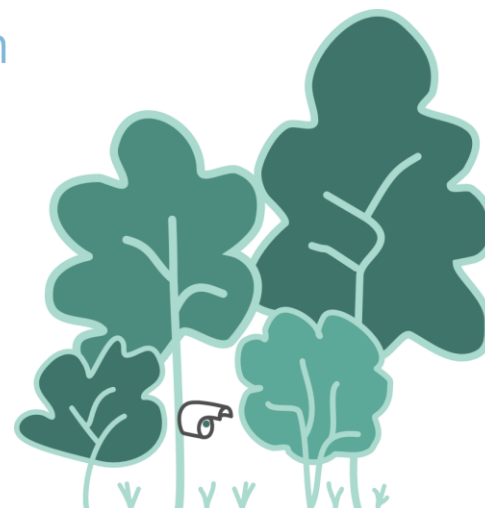
Séries temporelles de T°C mesurées sous-couvert (HOBO) appariées à des séries de T°C mesurées hors-couvert (HOBO + station météo)



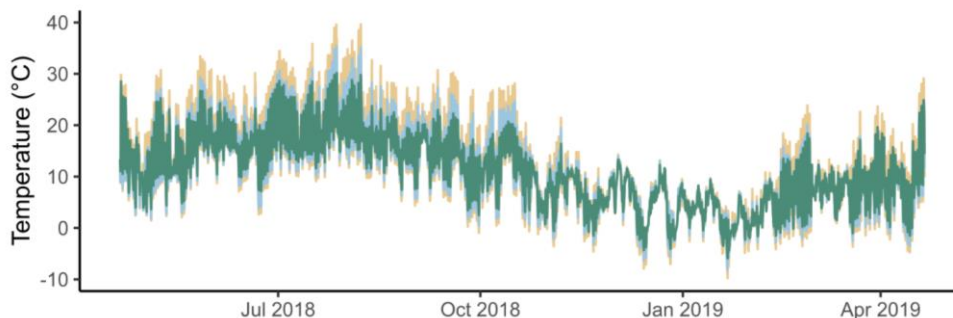
1 weather station



1 HOBO sensor



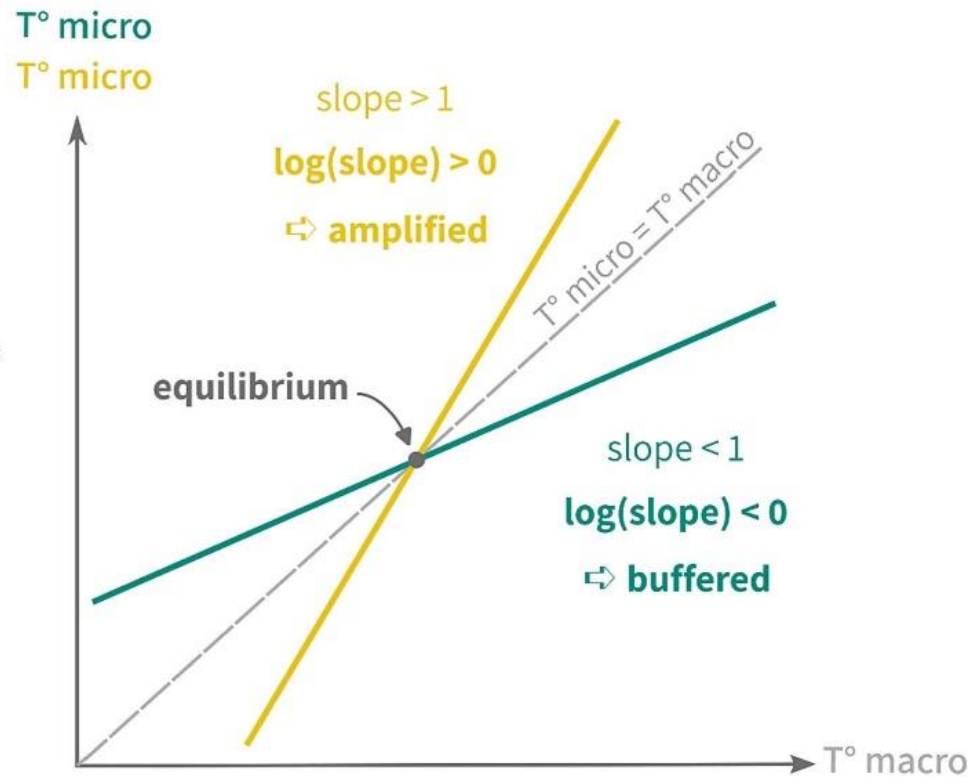
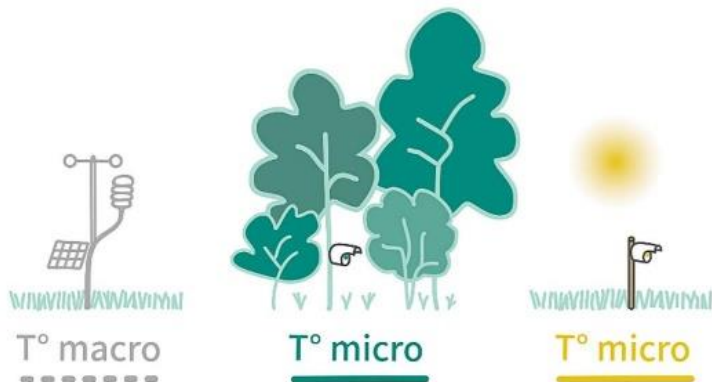
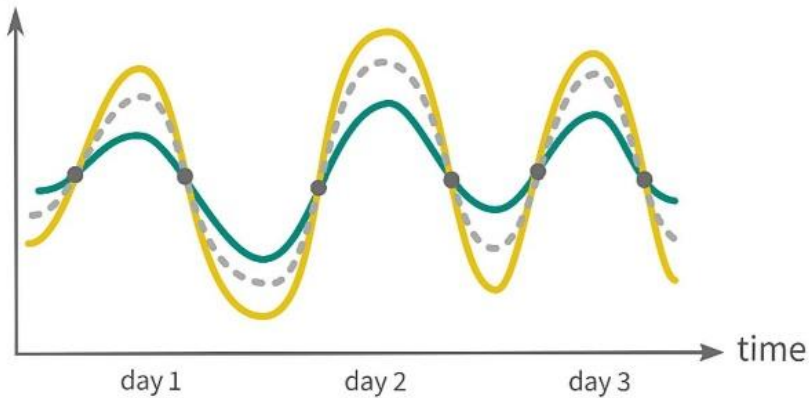
— HOBO in the open — Weather station — HOBO in the forest



Comment modéliser les microclimats forestiers ?

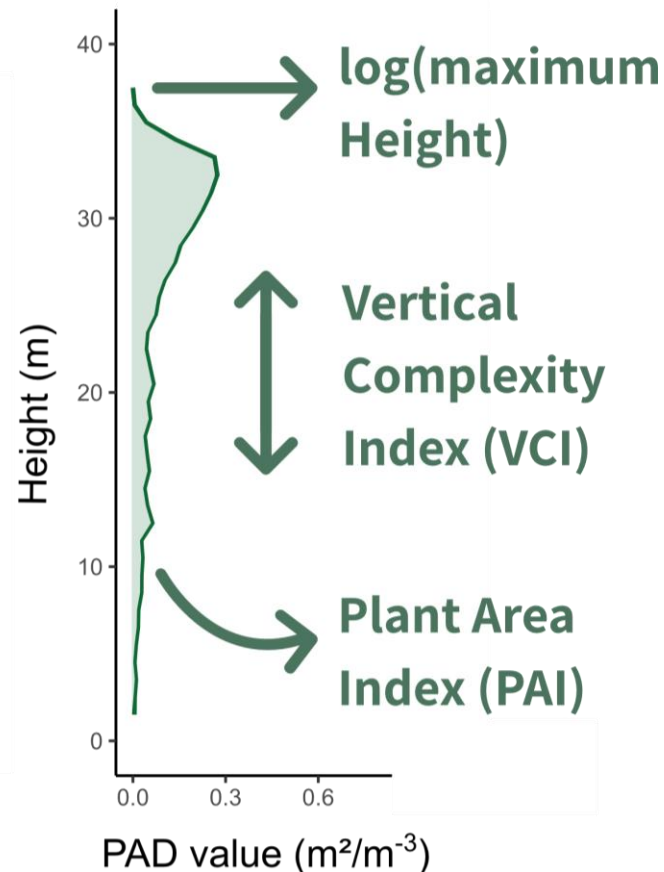
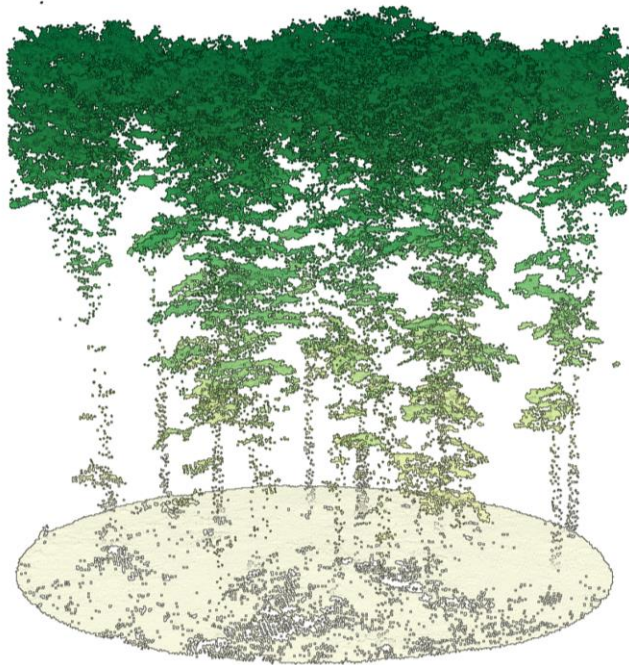
Pour chaque capteur de T°C, nous récupérons deux paramètres clés (pente & équilibre) de la relation : $T^{\circ}\text{C micro} = a + b \times T^{\circ}\text{C macro}$

Temperature



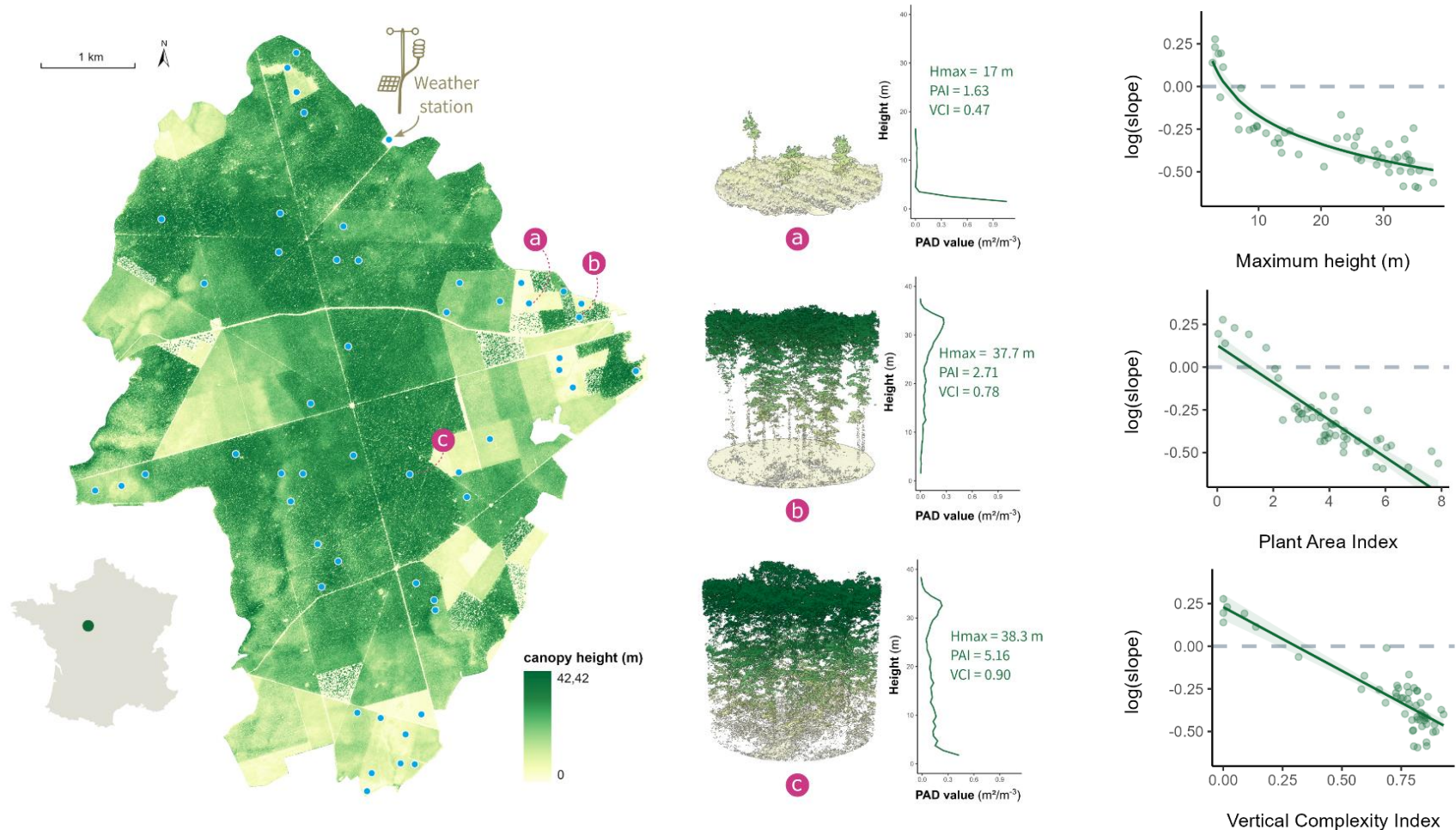
Comment modéliser les microclimats forestiers ?

Utilisation de variables structurelles issues du LiDAR pour modéliser la pente de la relation entre T°C macro et T°C micro



Comment modéliser les microclimats forestiers ?

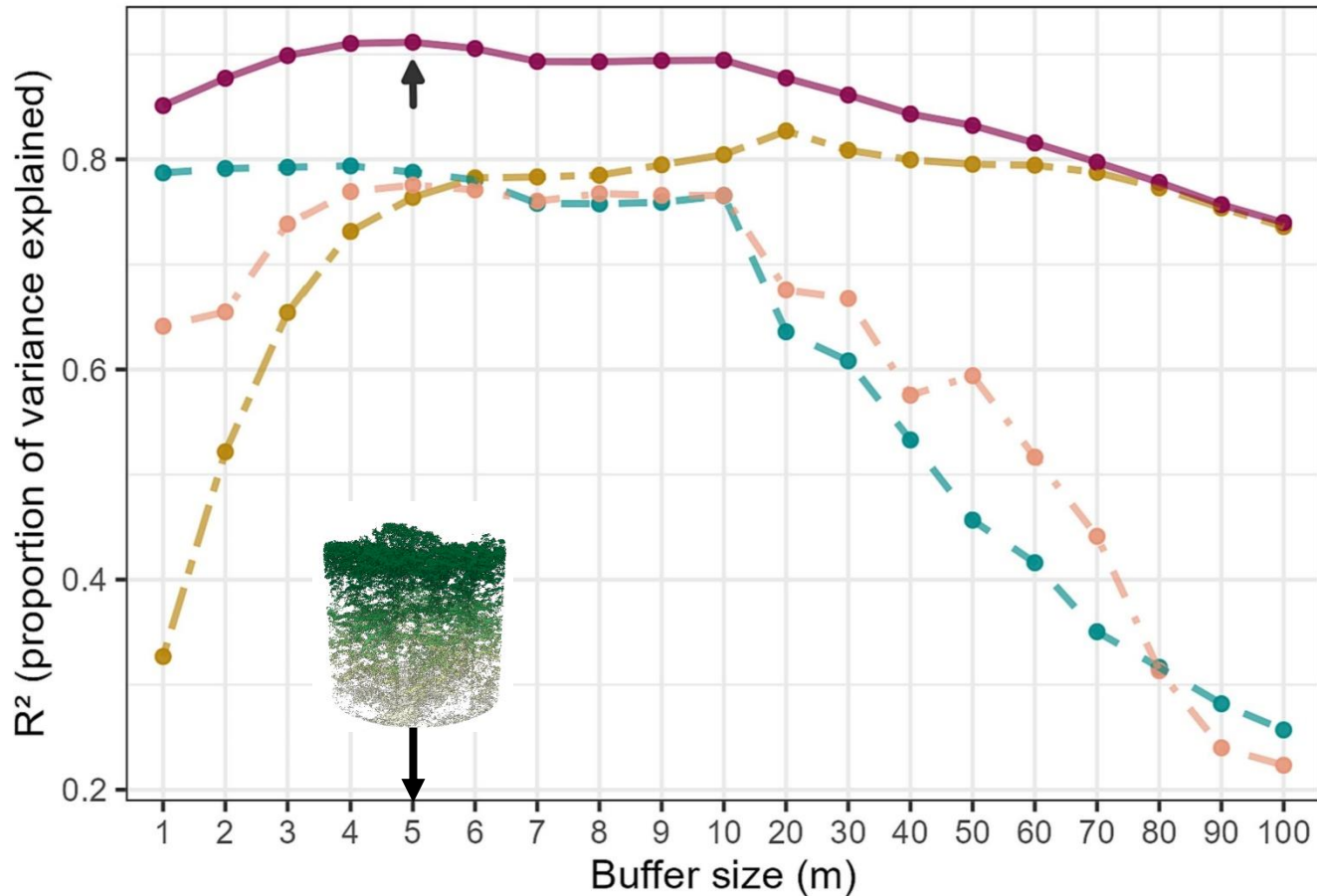
Modélisation du log(pente) en fonction des métriques LiDAR



Comment modéliser les microclimats forestiers ?

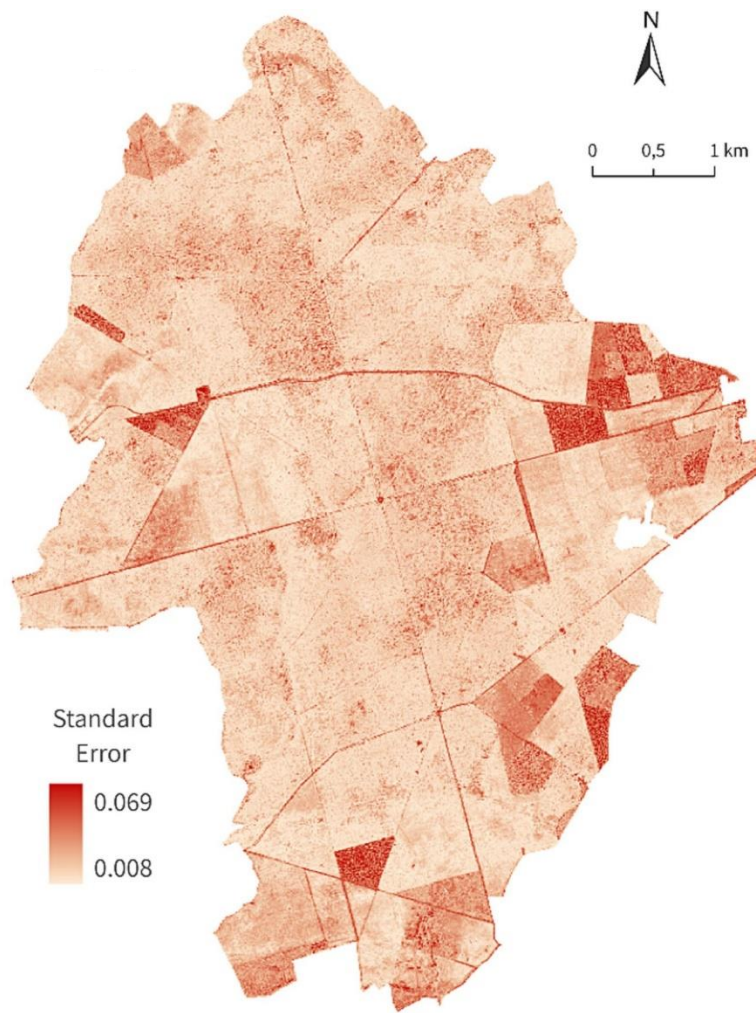
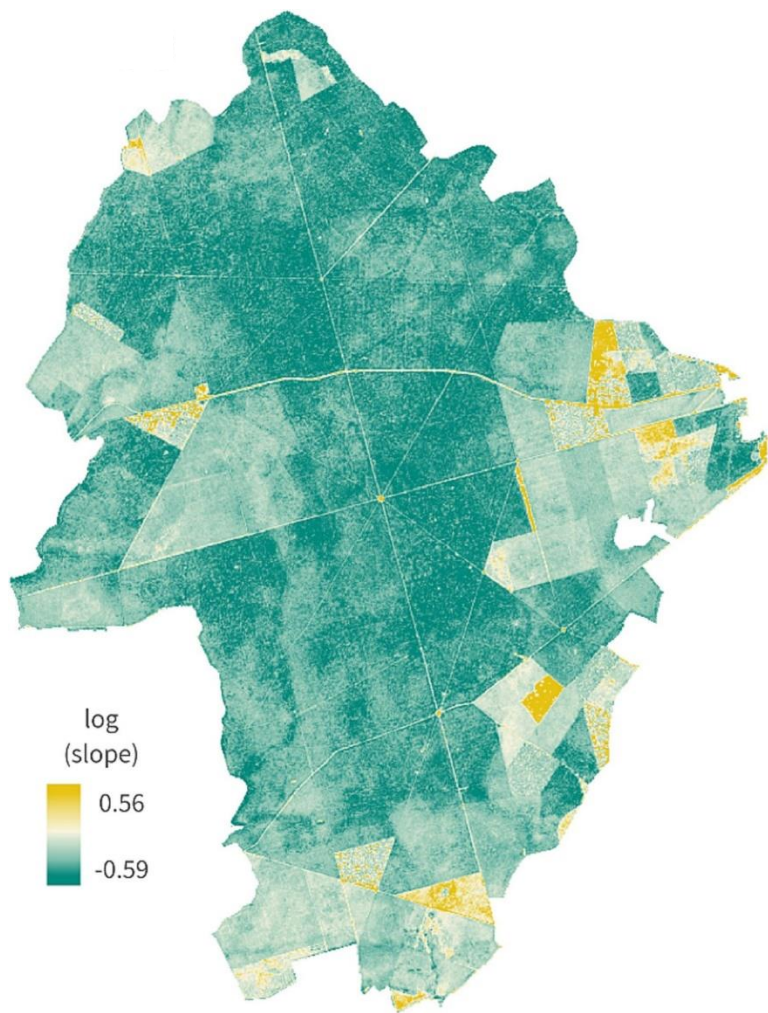
Quel est le rayon optimal pour capturer l'effet tampon ?

Predictors: ● log(Hmax) ● PAI ● VCI ● log(Hmax) + PAI + VCI



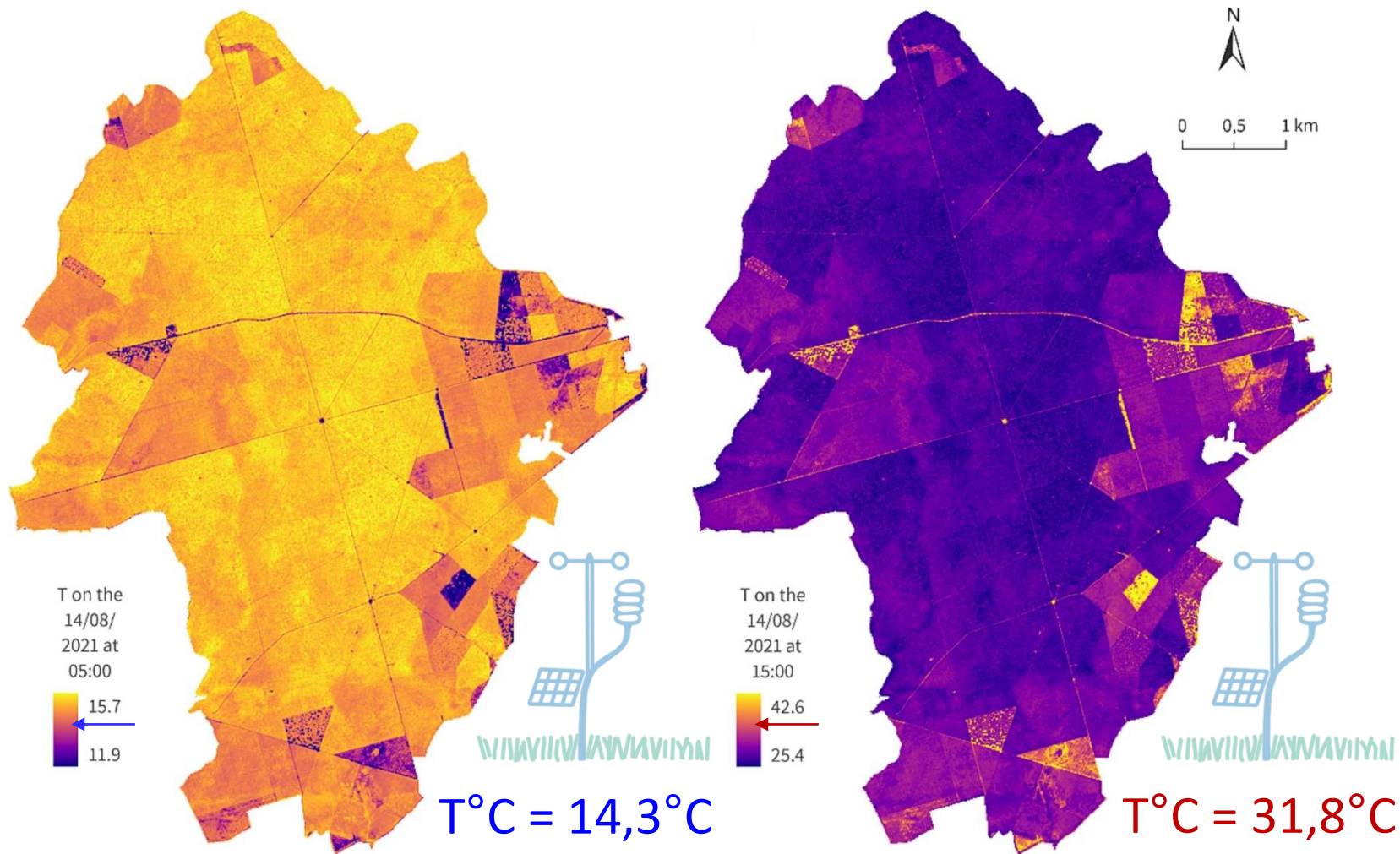
Comment modéliser les microclimats forestiers ?

Prédictions de l'effet tampon ou amplificateur à 10 m de résolution



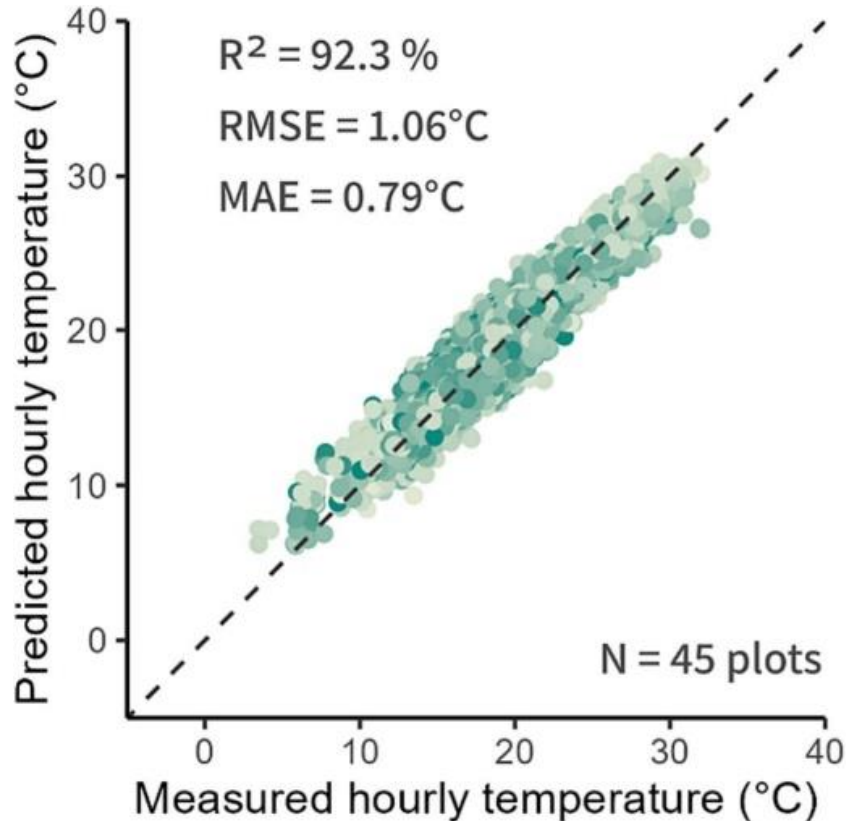
Comment modéliser les microclimats forestiers ?

Prédictions de la T°C à 10 m le 14 août 2021 à 05H00 et 15H00

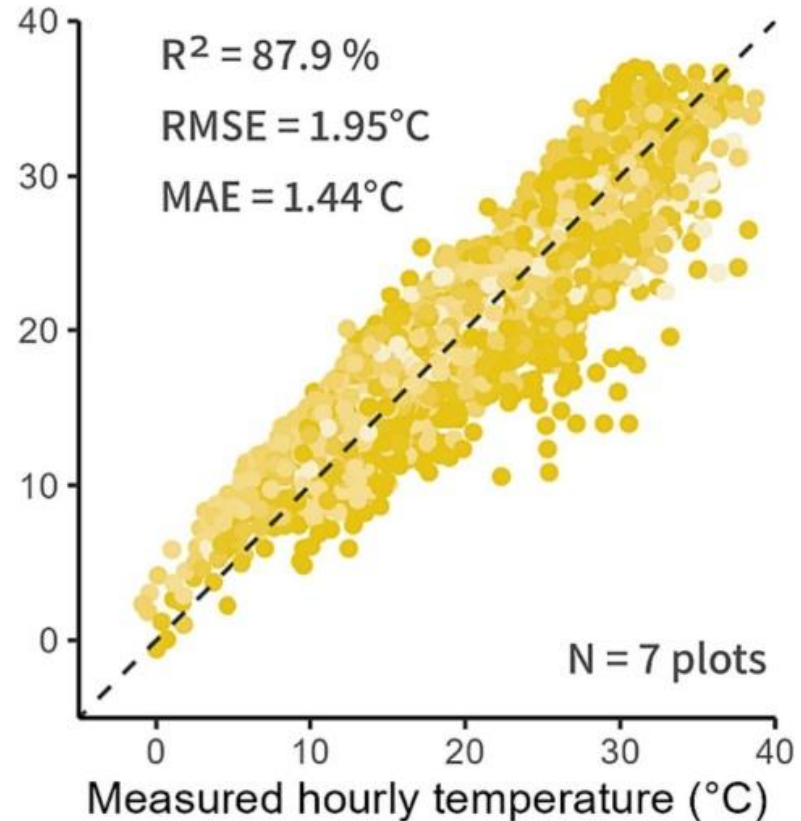


Comment modéliser les microclimats forestiers ?

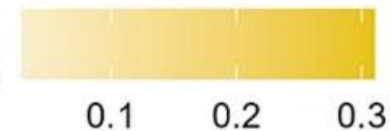
Qualité des prédictions en forêt domaniale de Blois



Log of the slope



Log of the slope



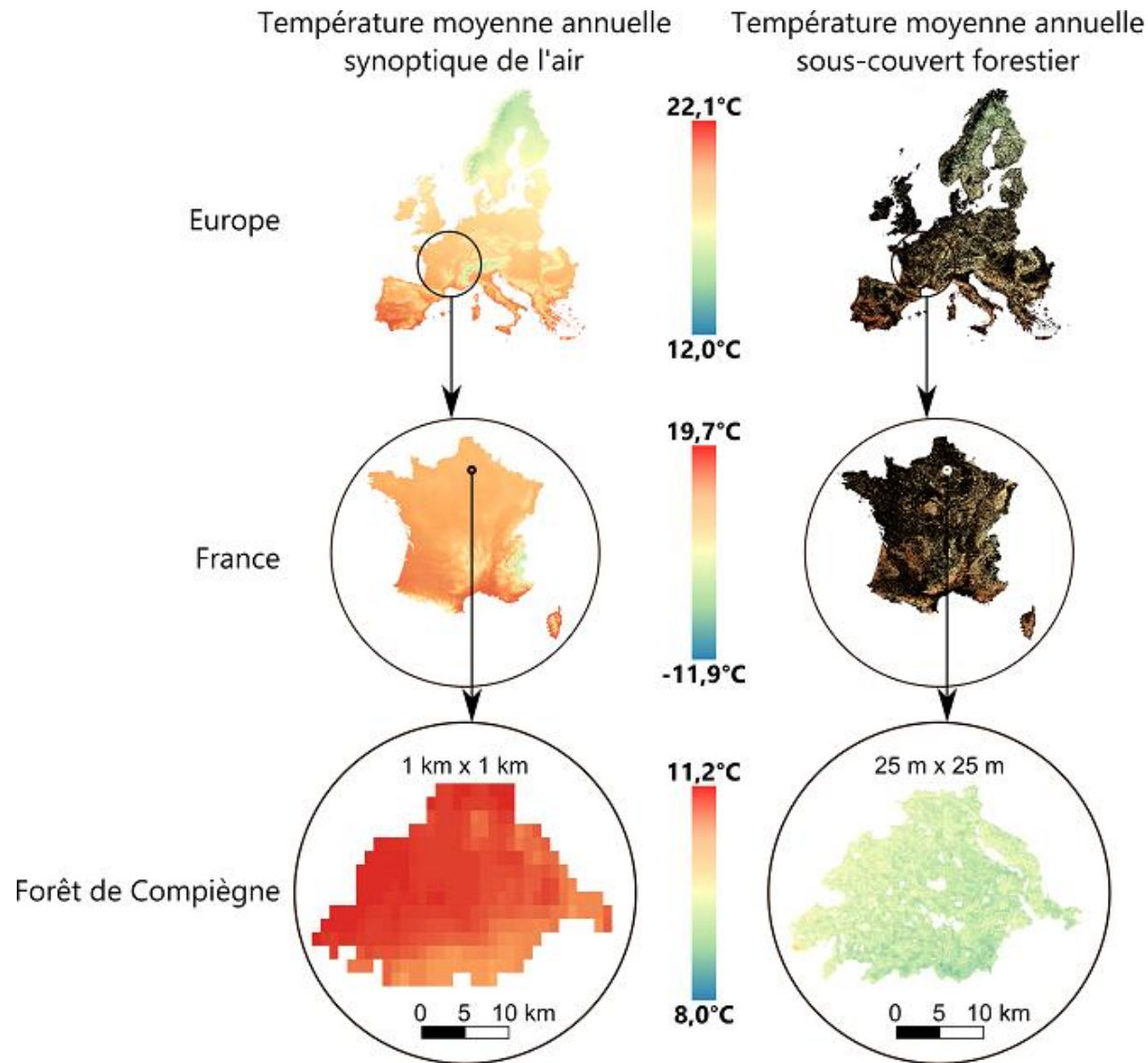
Pourquoi modéliser les microclimats forestiers ?

La production de cartes des microclimats forestiers à fine résolution spatiale et temporelle permet de nombreux usages potentiels :

- Améliorer les prédictions des modèles de distribution d'espèce
- Localiser d'éventuels « micro-refuges » aux conditions stables
- Spatialiser des « corridors thermiques » pour la migration
- Mieux comprendre le succès de régénération des essences
- Anticiper les modifications du microclimat liées à la gestion
- Optimiser la gestion pour conserver certains microclimats
- Anticiper des risques d'incendies en période de sécheresse
- Visualiser les îlots de fraîcheur en période de canicule

Cependant, ces cartes souffrent pour l'instant du caractère statique des images LiDAR indispensables pour spatialiser le microclimat à fine résolution : quid de la fusion avec des données satellites ?

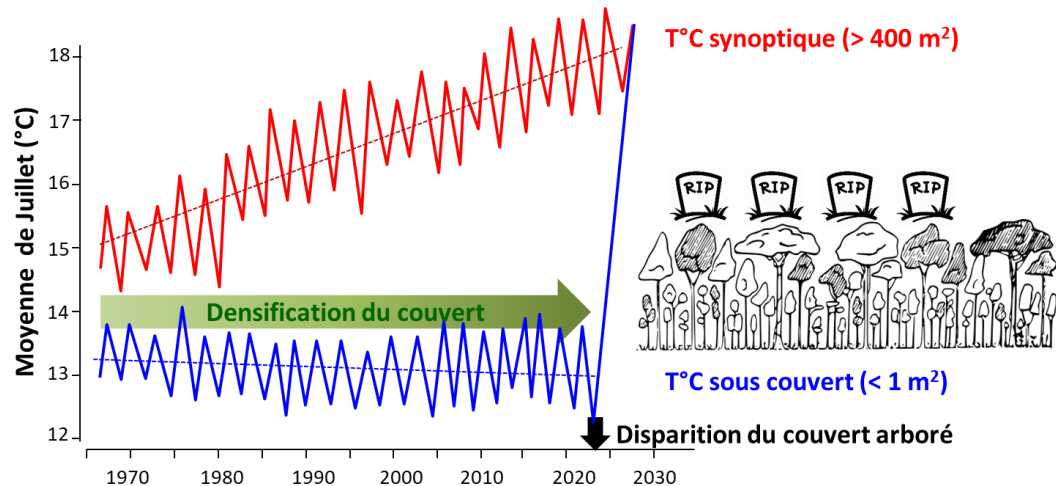
Exemple de carte des microclimats en Europe



Microclimats en contexte de réchauffement ?

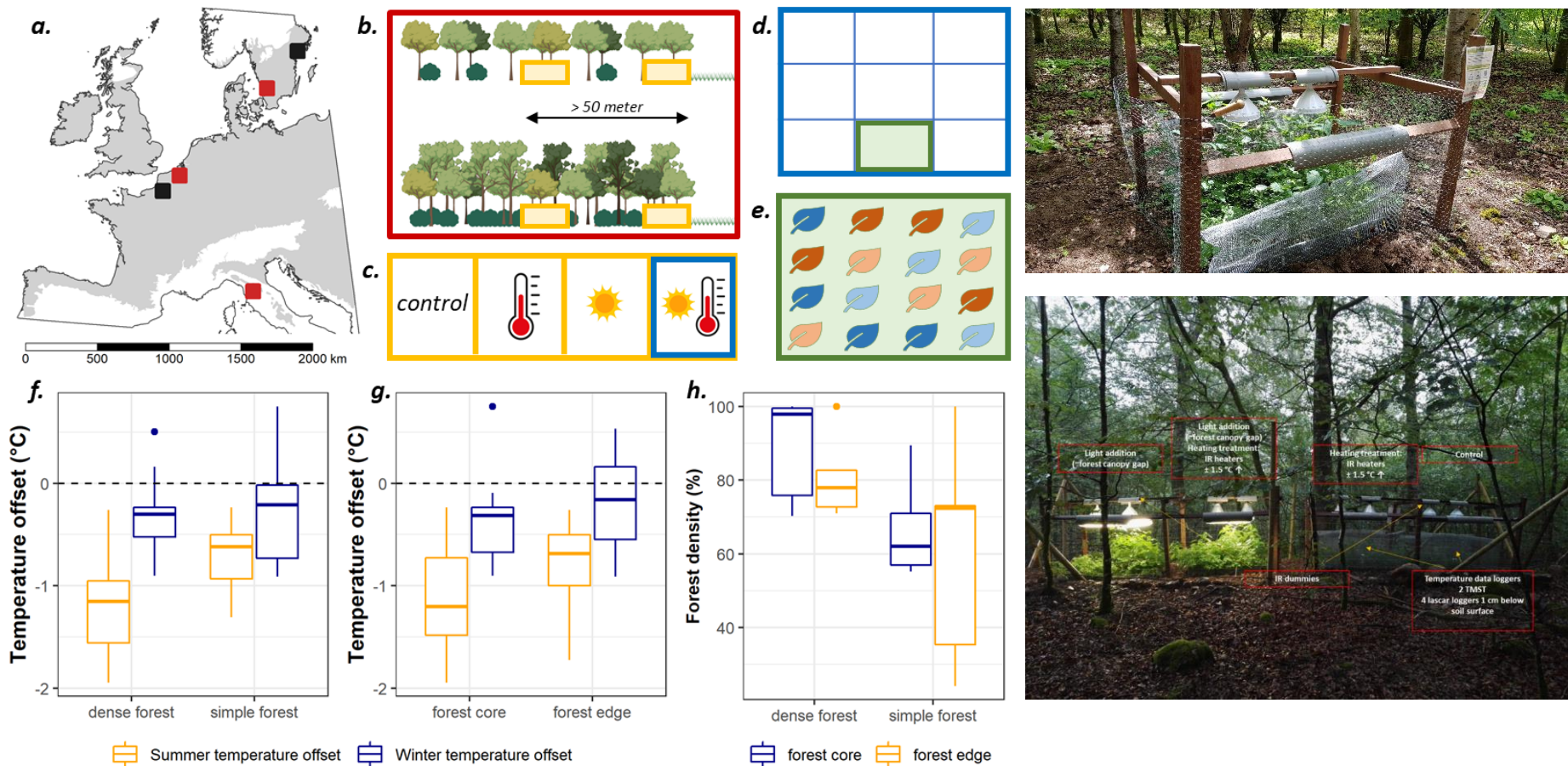
Avec les changements climatiques et l'augmentation des épisodes climatiques extrêmes, quid de l'évolution des microclimats ?

- Risques de dépérissements liés aux sécheresses successives
- Gestion forestière plus intensive par peur de perdre le capital
- Modification du couvert arboré et baisse de l'effet tampon
- Amplifications des extrêmes de T°C dans le sous-étage
- Risques de mortalité pour les espèces du sous-bois



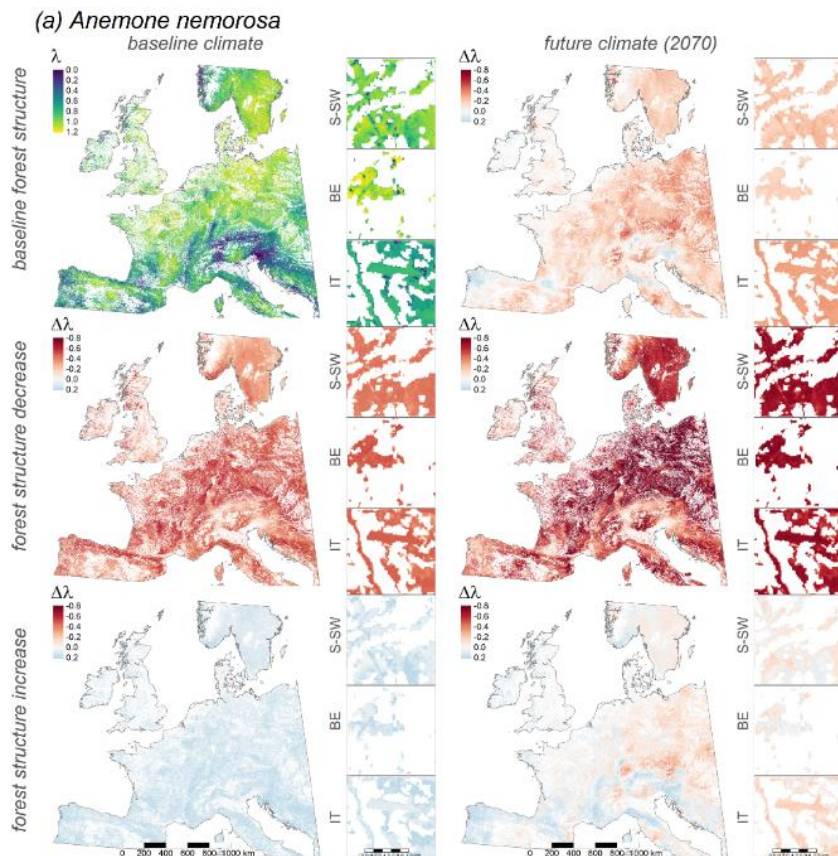
Microclimats en contexte de réchauffement ?

Expérimentation de transplantation de 12 espèces végétales du sous-bois suivant un gradient de couvert arboré et de macroclimat



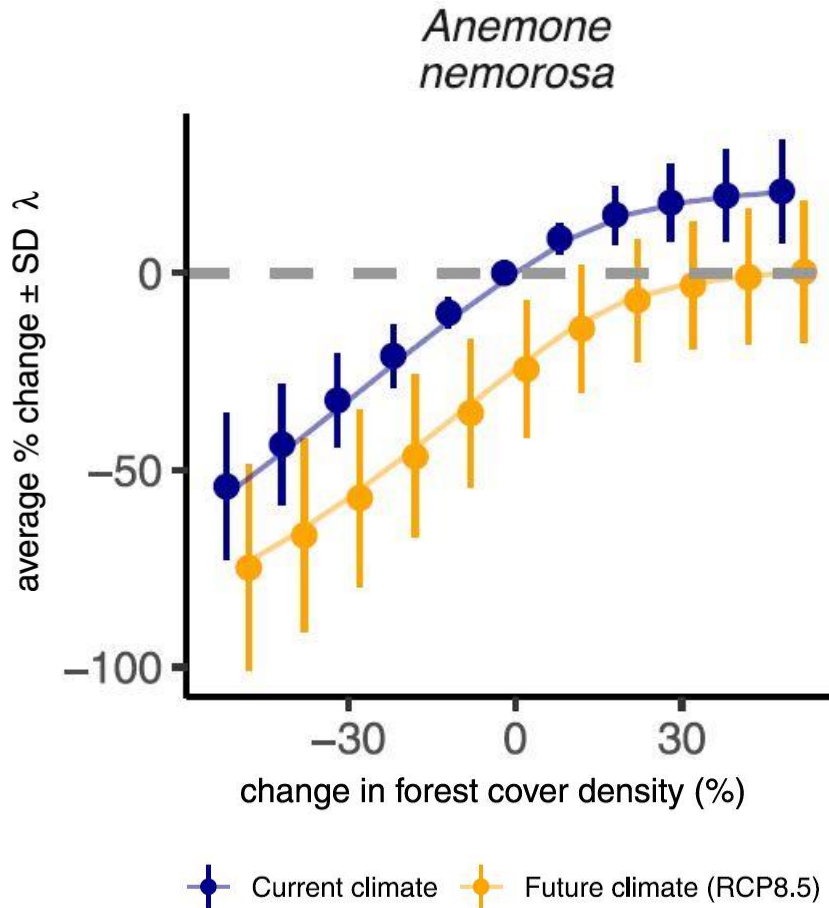
Microclimats en contexte de réchauffement ?

25997 mesures de paramètres vitaux (taux de survie, croissance, floraison, nombre de graines) sur 8064 transplants afin d'alimenter un modèle démographique de survie de population (λ) par espèce



Microclimats en contexte de réchauffement ?

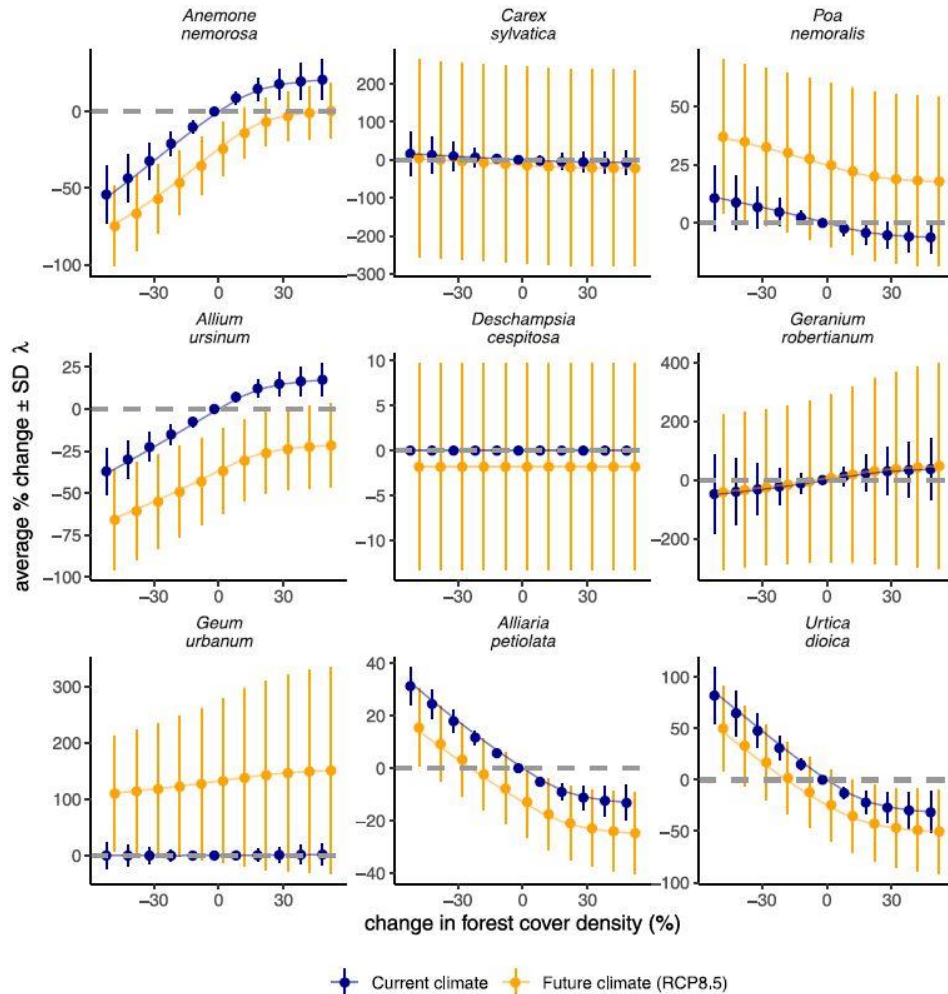
Importance du couvert arboré sur le taux de survie λ



- Une réduction de 50 % du couvert arboré induit une diminution de 75 % du taux de croissance des populations d'anémones des bois d'ici à 2070 suivant le scénario le plus extrême (RCP 8.5)
- A l'inverse, une augmentation de 50% de la fermeture du couvert permet de compenser jusqu'à 92% des impacts négatifs du scénario le plus extrême (RCP 8.5)

Microclimats en contexte de réchauffement ?

Résultats 8 autres espèces :



Pour la grande ortie, une espèce généraliste, c'est le contraire, une réduction de 50% du couvert induit une augmentation de de 50% du taux de croissance des populations d'ici à 2070, suivant le scénario le plus extrême (RCP 8.5)

Conclusions

En terme d'adaptation des pratiques de gestion :

- Si le forestier peut difficilement agir sur l'évolution des T°C qui règnent à l'extérieur des habitats forestiers, il peut intervenir sur le degré de fermeture du couvert pour compenser ou amplifier les extrêmes climatiques ressenties dans la sous-trame boisée
- Par une gestion en couvert continu, le forestier peut maintenir un effet tampon suffisant dans la sous-trame boisée pour favoriser la survie d'espèces spécialistes du sous-bois, semis inclus, et ce malgré un réchauffement global des températures

Jonathan Lenoir (CR CNRS)

 @jonlen@ecoevo.social

 @EkoLogIt



Ecologie et Dynamique
des Systèmes Anthropisés
UMR 7058 CNRS-UPJV
www.u-picardie.fr/edysan



anr®

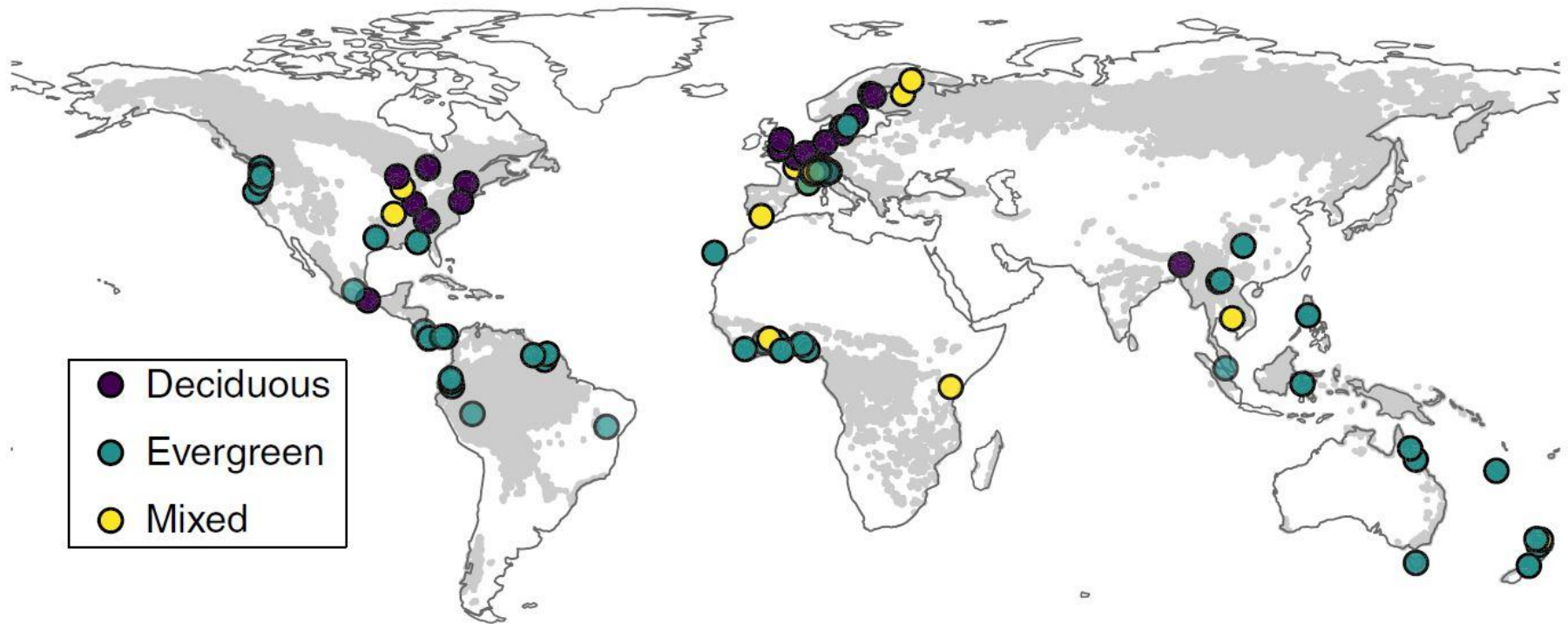
Microclimats forestiers & adaptation des forêts aux changements climatiques

Webinaire Journées TEMPO – 04/10/2023
Station d'écologie forestière de Fontainebleau

Données LiDAR : Office National des Forêts (ONF) | Illustration : Tarek Hattab

Comment mesure t-on le microclimat ?

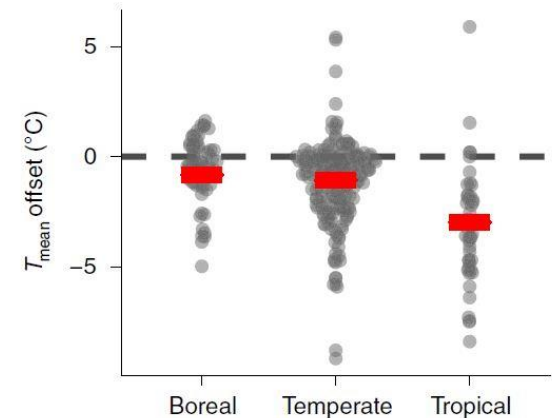
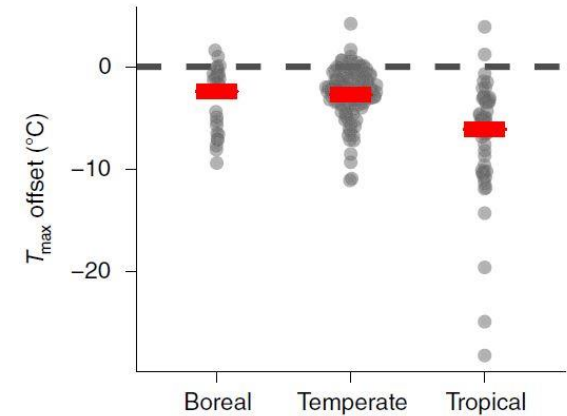
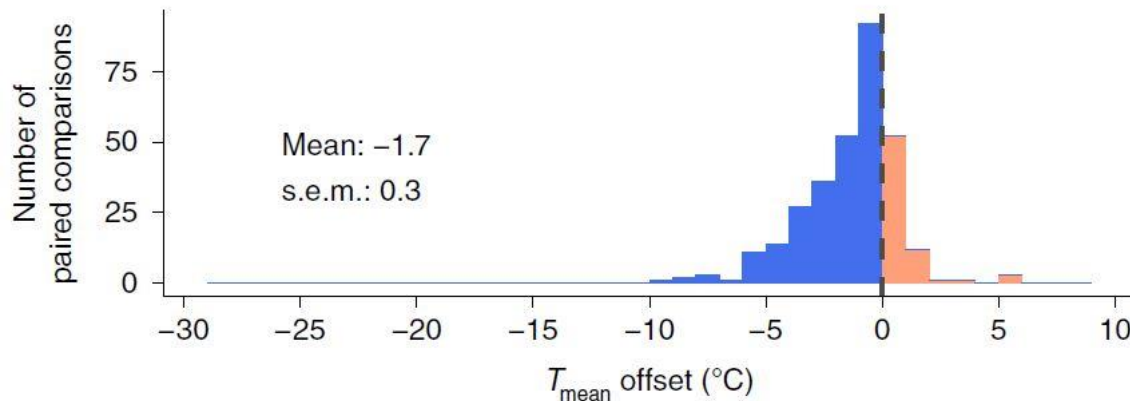
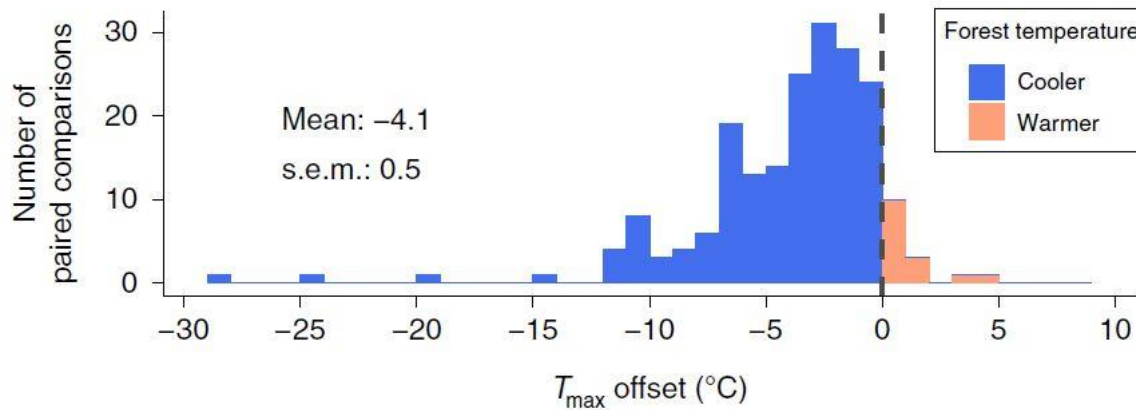
Revue de la littérature scientifique sur l'effet tampon des forêts



Un total de 98 sites avec un dispositif apparié de 714 mesures de T°C **sous-couvert** vs. **hors-couvert** forestier

Comment mesure t-on le microclimat ?

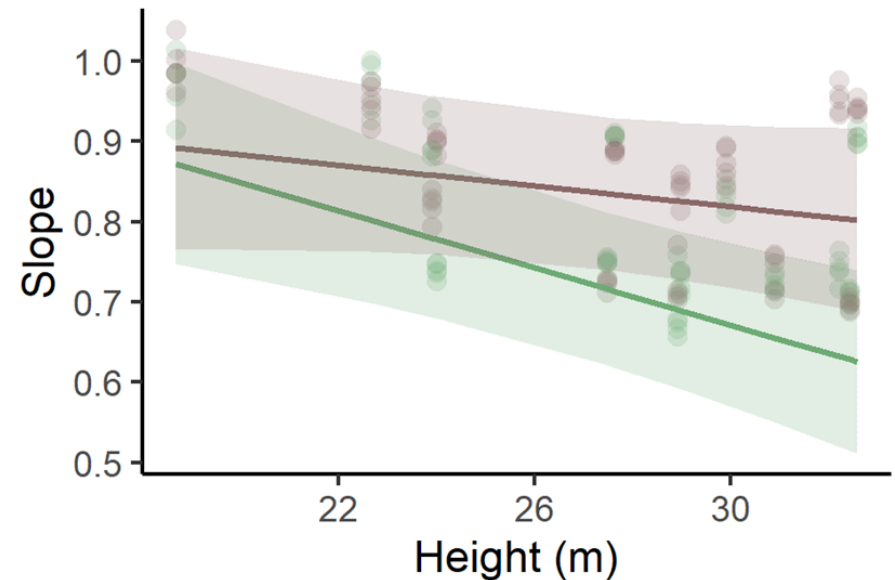
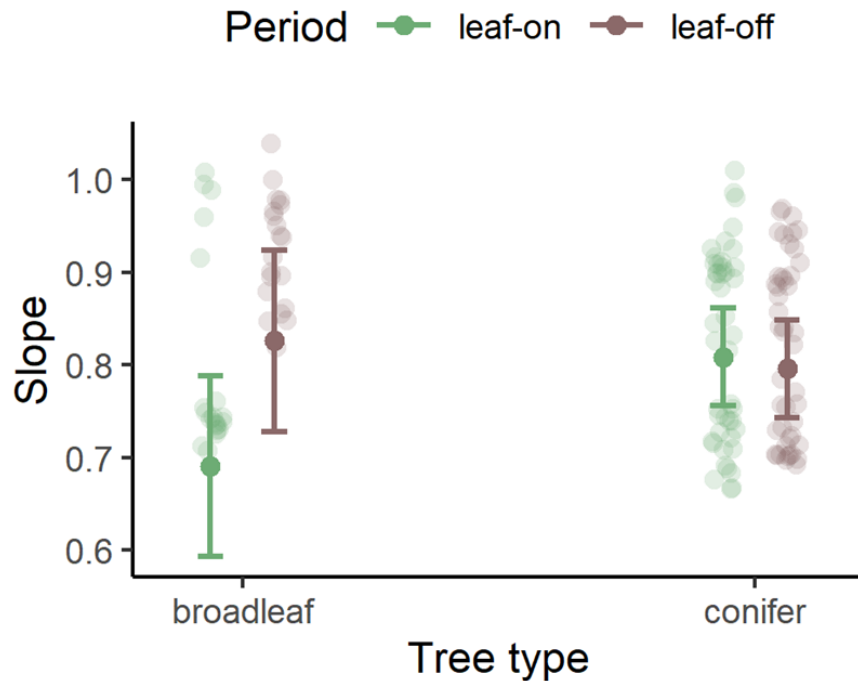
Résultats de la différence $T^{\circ}\text{C}$ hors-couvert moins $T^{\circ}\text{C}$ sous-couvert



Un effet tampon plus prononcé en contexte tropical

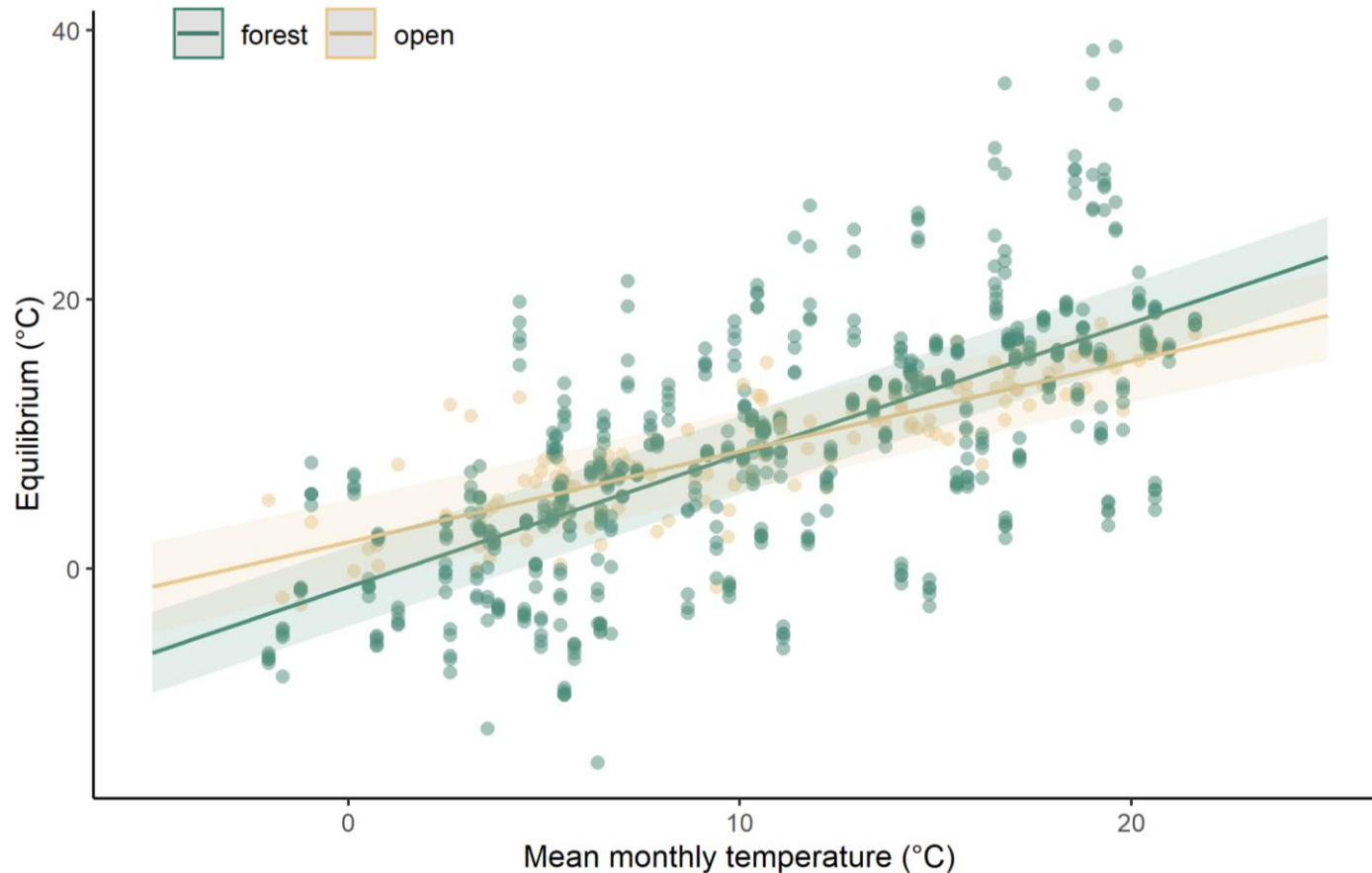
Comment modéliser le microclimat forestier ?

Le paramètre de pente dépend surtout des conditions structurelles du peuplement forestier (essence, hauteur, densité de couvert, etc.)



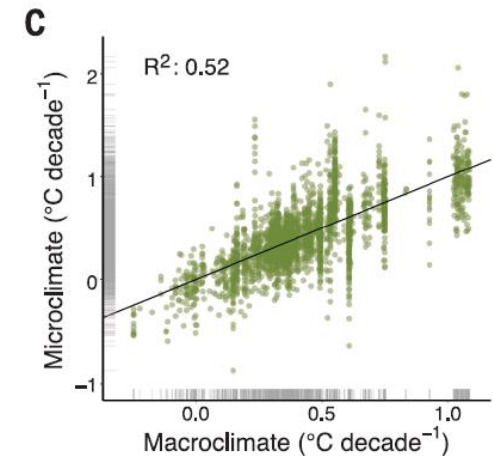
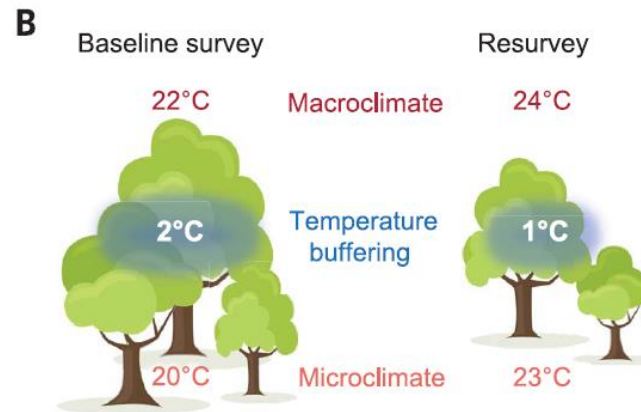
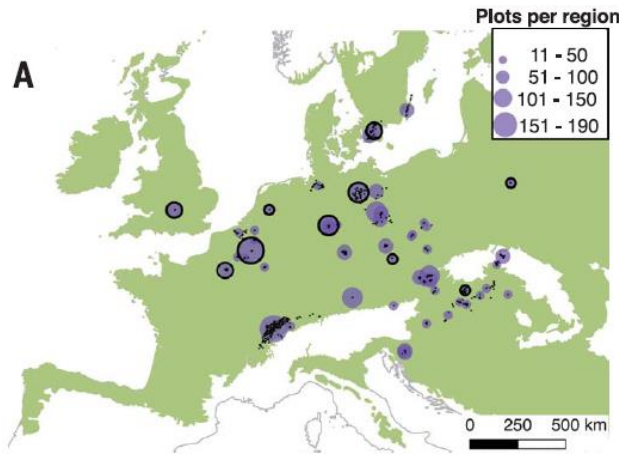
Comment modéliser le microclimat forestier ?

Tandis que le paramètre d'équilibre dépend surtout des conditions macroclimatiques générales et de la saisonnalité



La question du réchauffement climatique global ?

Non ! Mais alors, est-ce que le réchauffement ressenti hors-couvert est vraiment différent et atténué sous-couvert ? Cela dépend !



En cas d'**ouverture** des peuplements, le réchauffement est **amplifié** sous-couvert par rapport à la situation classique hors-couvert

En cas de **fermeture** du couvert, le réchauffement est **atténué** sous-couvert par rapport à la situation hors-couvert

La question du réchauffement climatique global ?

Par conséquent, les communautés végétales de nos sous-bois changent mais en réponse aux changements microclimatiques !

