



Figurer la Ressource en eau et le Microclimat des parcelles Agroforestières du Grand-Est

Rapport à un an
du projet FR-eau-MAGE

Décembre 2022

SOMMAIRE

I. Avancement de l'instrumentation des sites	3
II. Modélisation des bilans hydriques	6
III. Résultats préliminaires	6
III.1 Stratégie d'analyse des données	7
III.2 Période estivale	8
III.2.1 Température de l'air	8
III.2.2 Humidité de l'air	9
III.2.3 Précipitations	10
III.3 Période automnale	11
III.3.1 Température de l'air	11
III.3.2 Humidité de l'air	12
III.3.3 Précipitations	13
IV. Communication	14
V. Perspectives	15
VI. Annexes	16

Le projet FR-eau-MAGE, financé par l'Office Français de la Biodiversité sur la période 2021-2024, a officiellement débuté le 1^{er} décembre 2021. Il réunit les UMR Silva (coordinateur) et LAE (Laboratoire Agronomie et Environnement) ainsi que SylvaTerra, structure de conseil en agroforesterie qui fait le lien avec les agriculteurs gestionnaires des parcelles constituant le réseau de sites du projet dans le Grand-Est. Dans le cadre du projet, un post-doctorant (Hamza Mohieddine) a été recruté pour un an depuis avril 2022 afin de superviser l'instrumentation des sites et de prendre en charge l'analyse et le traitement des données recueillies.

I. Avancement de l'instrumentation des sites

Cinq des six parcelles du réseau défini et décrit dans le cadre du projet ADEME PotA-GE (2017-2022) sont en cours d'instrumentation ; la parcelle vosgienne de PotA-GE va être remplacée par une autre (voir la figure 1 ci-dessous). Pour rappel, il s'agit de parcelles en agroforesterie intra-parcellaire, présentant une densité de plantation des arbres autour de 40 par hectare et dont l'objectif de production ligneuse est le bois d'œuvre (dans la plupart des cas, un merisier a été ciblé). Les parcelles sont en agriculture conventionnelle ou biologique ; elles couvrent une diversité d'orientations technico-économiques (céréalière, polyculture-élevage) ainsi qu'une diversité de systèmes de production végétale (grandes cultures, systèmes fourragers intégrant des prairies temporaires et/ou permanentes).



Figure 1. Répartition et caractéristiques grossières des six parcelles du réseau FR-eau-MAGE dans le Grand-Est.

Quatre des six parcelles ont été équipées au cours de l'été et de l'automne 2022 (cf. tableau 1 ci-dessous) : stations météo MicroMetos de Pessl Instrument (AgroRessources) pour les mesures de

l'humidité et de la température de l'air ainsi que de la pluviométrie au pied d'un arbre et en plein champ (deux stations à un mètre de hauteur), et sondes WaterMark (Monitor R2DX, AgroRessources) pour les mesures de la tension de l'eau dans le sol au pied de l'arbre, et à 5 et 15 mètres dans le champ à deux profondeurs, 30 et 60 cm (6 sondes par site) (voir les figures 2 et 3 ci-dessous). Les stations positionnées en plein champ sont supposées ne plus être influencées par la présence de l'arbre (témoin agricole). Au pied de l'arbre, la station a été positionnée vers le sud pour que le panneau solaire soit le plus exposé au soleil. Lorsque du bétail est susceptible d'être présent sur la parcelle, une clôture électrifiée a été installée autour des instruments (par exemple à Pixérécourt).

Outre les équipements, la prestation des fournisseurs AgroRessources et NewFarm comprend un abonnement annuel pour une assistance en cas de défaillance des appareils (dépannage à distance déjà réalisé par le fournisseur à plusieurs reprises) et pour la consultation des données en temps réel en ligne (<https://ng.fieldclimate.com/auth/login> pour les stations météo et <https://www.challenge-agriculture.fr> pour les sondes WaterMark). Les stations météo sont alimentées grâce à un panneau solaire intégré et les Monitors R2DX grâce à une batterie dont la charge tient toute la saison ; ces modes d'alimentation des instruments nous permettent de limiter les allers-retours fréquents sur les parcelles et le besoin d'une source d'électricité à proximité. Nous sommes en attente, de la part du fournisseur AgroRessources, d'une formation au calcul du bilan hydrique à l'aide des données recueillies par les sondes WaterMark ; en attendant, nous raisonnons sur la base du potentiel matriciel du sol, qui est inversement proportionnel à la teneur en eau.

Tableau 1. Sites du réseau FR-eau-MAGE dans le Grand-Est. Pour chacun, l'agriculteur gestionnaire, le type de couvert, l'espèce ligneuse ciblée et la date d'équipement des parcelles sont indiqués.

Parcelle	Gestionnaire	Couvert	Espèce ligneuse ciblée	Date d'équipement
Banogne-Recouvrance (08)	Sébastien Loriette	Grandes cultures (tournesol)	Merisier	31 mai 2022
Orbigny-au-Mont (52)	William Bouvier	Prairie permanente	Merisier	7 juillet 2022
Montenoy (54)	Pierre Lavaux / Clément Etienne (repreneur)	Grandes cultures (blé)	Merisier	9 juin 2022
Pixérécourt (54)	Jérôme Joubert	Prairie temporaire	Frêne	20 octobre 2022
Quincey (10)	Maxence Meunier	Grandes cultures	Merisier	Prochainement
Monthureux-le-Sec (88)	Convention en cours de rédaction pour officialiser le partenariat avec Nestlé Waters – Agrivair, gestionnaire de la parcelle			

La parcelle de Quincey (10) va être équipée prochainement ; nous attendons que la culture d'hiver soit mise en place. L'instrumentation de la parcelle de Monthureux-le-Sec (88), qui remplace celle de Hennecourt (suivie dans le cadre du projet PotA-GE), est en attente de la finalisation et de la signature d'une convention pour officialiser la collaboration entre Nestlé Waters – Agrivair (qui suit cette parcelle en association avec l'agriculteur local) et INRAE. Aux sites de Banogne (08) et Montenoy (54), les deux premières parcelles équipées, les instruments présents dans le champ ont déjà dû être retirés puis repositionnés au cours de l'automne pour permettre la récolte du tournesol et du blé, respectivement. Il est à noter que l'analyse des suivis montre que la stabilisation des sondes d'humidité du sol est longue (~ un mois), qui plus est lorsque leur installation est réalisée en période sèche.

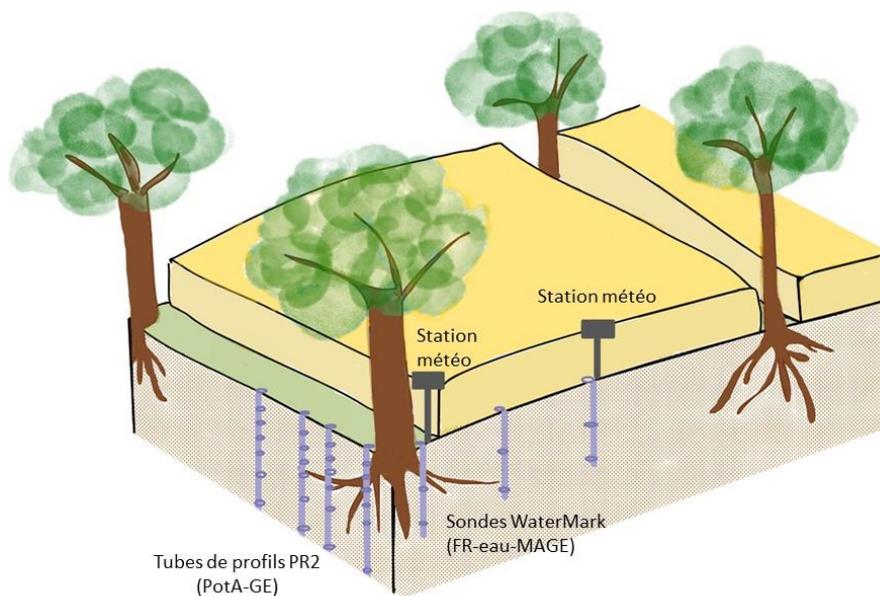


Figure 2. Disposition des équipements de mesure du microclimat et de l'humidité du sol sur la ligne d'arbre et dans le champ sur les parcelles du réseau PotA-GE / FR-eau-MAGE.



Station météo et sondes WaterMark au pied d'un arbre sur la parcelle de Banogne (08) – 31 mai 2022



Monitor R2XD et pluviomètre associé dans la parcelle de Montenois (54) – 9 juin 2022



Station météo au pied de l'arbre à Montenois – 19 août 2022



Station météo et sondes WaterMark au pied d'un arbre sur la parcelle d'Orbigny-au-Mont (52) – 7 juillet 2022



Station météo en plein champ à Orbigny-au-Mont (52) – 15 août 2022



Equipements à Montenois – 12 juillet 2022

Figure 3. Stations météorologiques et sondes WaterMark dans les parcelles du réseau FR-eau-MAGE au cours de l'été 2022.

II. Modélisation des bilans hydriques

A l'échelle de la culture, des bilans hydriques seront établis grâce aux données recueillies via les sondes WaterMark. Le prise en compte de l'arbre dans ces bilans nous oblige à passer par une phase de modélisation. Au printemps 2022, trois options de modèles pour l'établissement de bilans hydriques des parcelles ont été étudiées par l'intermédiaire d'entretiens avec les développeurs des différents modèles (cf. tableau 2 ci-dessous). Les modèles forestiers BILJOU et MAESPA se sont avérés non adaptés aux couverts très discontinus des parcelles agroforestières de la région (indice foliaire, LAI < 1) ; le modèle Hi-sAFe, spécifiquement conçu pour les peuplements agroforestiers, semble être la meilleure option.

Tableau 2. Modèles envisagés pour la simulation des bilans hydriques des parcelles agroforestières. Pour chacun, les sorties possibles, les personnes ressources avec lesquelles nous avons interagi, les liens vers des descriptifs des modèles et les limites identifiées sont indiqués.

Modèle	Sorties possibles	Personnes ressource	Réunions avec eux	Limites identifiées
BILJOU https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/fr/ 	<ul style="list-style-type: none"> - Evapotranspiration - Drainage - Indicateurs de stress hydrique 	UMR Silva (Nancy) : Nathalie Breda, Joseph Levillain	3 mars 2022 25 mai 2022	Modèle forestier : couverts non continus en agroforesterie, LAI trop faibles
Hi-sAFe https://www1.montpellier.inra.fr/wp-inra/hi-safe/ 	<ul style="list-style-type: none"> - Compétition pour la lumière - Compétition pour l'eau - Croissance racinaire en 3D 	UMR ABSys (Montpellier) : Christian Dupraz, Marie Gosme	30 mai 2022	
MAESPA https://maespa.github.io/ 	<ul style="list-style-type: none"> - Structure de la canopée en 3D - Bilan énergétique - Bilan hydrique - Hydraulique... 	UMR Eco&Sols (Montpellier) : Gueric Le Maire, Jérôme Ngao	3 juin 2022	Modèle forestier ; développements importants pour une utilisation en agroforesterie

III. Résultats préliminaires

En nous basant sur la littérature¹, nous formulons les hypothèses suivantes à propos de l'effet de la présence de l'arbre sur les variables microclimatiques (température et humidité de l'air, précipitations et humidité du sol) ; ces hypothèses sont très dépendantes des conditions climatiques, et donc de la saisonnalité, ainsi que de la phénologie de l'arbre : (1) en situations chaudes et sèches (bilan hydrique négatif, hygrométrie faible), l'arbre va maintenir un microclimat plus frais et humide (sol et atmosphère) dans le linéaire sous arboré (LSA) que dans la culture ; (2) au contraire, en situations froides (nuits, période hivernale), l'arbre va favoriser une atmosphère plus chaude que dans la culture (effet tampon joué par l'arbre) ; (3) en situations très humides (au-dessus de la capacité au champ), le système

¹ Par exemple, Lin B.B. 2010. The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology* 150: 510-518. DOI: 10.1016/j.agrformet.2009.11.010 Gosme M., Dufour L., Inurreta Aguirre H.D., Dupraz C. 2016. Microclimatic effect of agroforestry on diurnal temperature cycle. 3rd European Agroforestry Conference. Montpellier, 23-25 May.

racinaire de l'arbre va améliorer le drainage de l'eau vers les horizons profonds de sol ; (4) en cas de pluie, le houppier de l'arbre va jouer un rôle de rétention des précipitations qui n'atteindront jamais le sol car interceptées puis évaporées dans l'arbre (donc moins d'eau dans le sol dans le LSA que dans le champ). La récente revue de Jacobs et al. (2022²) a mis en évidence que tous ces effets, bien qu'attendus, ont été peu démontrés.

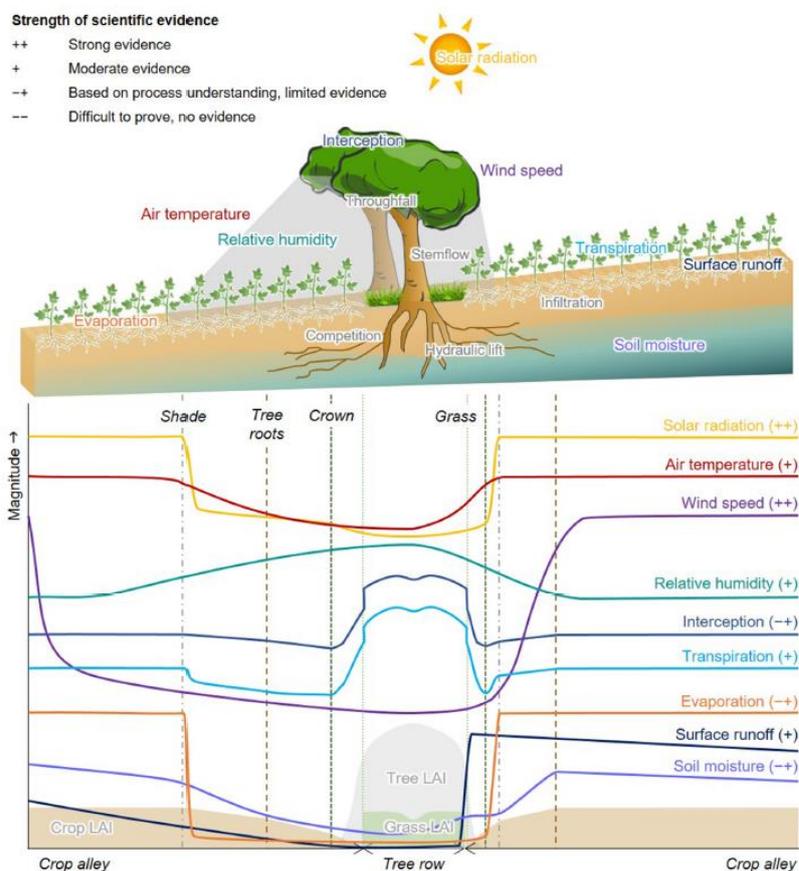


Figure 4. Figure extraite de la revue de Jacobs et al. (2022) montrant que des effets de l'arbre sur la température et l'humidité de l'air et sur l'humidité du sol sont attendus mais ont été peu démontrés.

III.1 Stratégie d'analyse des données

Les données météorologiques comprennent la température de l'air, l'humidité de l'air et les précipitations. Ces données ont été choisies pour caractériser le microclimat entre le champ et l'arbre. Nous avons subdivisé le jour en quatre périodes en considérant que le rayonnement solaire et la position du soleil sont des facteurs clés déterminants du microclimat (Swieter et al. 2021³).

Pour chacun des indicateurs climatiques (température de l'air, humidité de l'air et précipitations), nous analysons la différence de l'indicateur sous l'arbre par rapport à sa valeur dans le champ (valeur du paramètre en plein champ – valeur au pied de l'arbre). Dans le cas où cette différence est négative, alors l'indicateur du champ est inférieur à celui de l'arbre et vice versa. Dans le cas où elle est nulle, nous concluons qu'il n'y a pas d'effet de l'arbre. Les instruments installés dans les parcelles sont des instruments connectés qui envoient les résultats par télécommunication tout au long de la journée, et la

² Jacobs S.R., Webber H., Niether W., Grahmann K., Lüttschwager D., Schwartz C., Breuer L., Bellingrath-Kimura S.D. 2022. Modification of the microclimate and water balance through the integration of trees into cropping systems. *Agricultural and Forest Meteorology* 323 DOI: 10.1016/j.agrformet.2022.109065

³ Swieter A., Langhof M., Lamerre J. 2021. Competition, stress and benefits: Trees and crops in the transition zone of a temperate short rotation alley cropping agroforestry system. *Journal of Agronomy and Crop Science* 208: 209-224. DOI: 10.1111/jac.12553

récolte des données se fait via deux plateformes web (voir plus haut). Afin de tenir compte des variations climatiques intra-journalières (en lien essentiellement avec la position du soleil), nous avons subdivisé les 24h d'une journée en quatre périodes : Nuit, Matinée, Midi, Après-midi. La nuit est considérée quand il n'y pas de soleil en utilisant la sonde du panneau solaire de la station météorologique. La centrale d'acquisition des données transmet les données sous format horaire. Durant l'été, nous considérons la matinée entre 8h00 et 12h00, le midi entre 13h00 et 14h00 et l'après-midi entre 15h00 et 20h00. Durant l'automne, nous considérons la matinée entre 9h00 et 12h00, le midi entre 13h00 et 14h00 et l'après-midi entre 15h00 et 18h00. Par conséquent, la période de temps la plus longue durant l'été est l'après-midi, tandis qu'elle est la nuit durant l'automne.

Compte tenu de l'installation de la plupart des sondes de mesure du potentiel matriciel du sol dans des conditions pédoclimatiques extrêmement sèches au cours de l'été 2022, ces sondes ont mis une longue période pour se stabiliser dans le sol. Par conséquent, les parcelles instrumentées en été ont affichés des valeurs du potentiel matriciel du sol très élevées durant la période de l'été en absence de précipitations. Suite à la reprise de la pluie en automne, les sondes ont commencé à montrer des valeurs normales en stabilisant avec le sol. Une période de stabilisation était encore nécessaire pour que nous puissions procéder à la récolte et à l'analyse de données pertinentes. Par conséquent, nous présentons dans le présent rapport uniquement les résultats du microclimat issues des stations météorologiques. Les données moyennes, minimales et maximales de température et d'humidité de l'air aux différents sites pour les périodes estivales et automnales (2022) ainsi que les cumuls de précipitations journalières au pied de l'arbre et dans le champ sont présentés en Annexes 1 à 7.

III.2 Période estivale

La période étudiée pour l'été 2022 s'étale du 1^{er} août jusqu'au 1^{er} septembre. Les parcelles étudiées sont les sites de Banogne-Recouvrance (08), Montenois (54) et Orbigny-au-Mont (52).

III.2.1 Température de l'air

À Banogne-Recouvrance la différence de température entre le pied de l'arbre et le champ est toujours négative durant la nuit, ce qui indique que l'arbre joue un rôle de maintien de la température plus élevée durant la nuit quand la température baisse après une journée chaude (Figure 5). Durant la journée, et tout au long de la journée, cette différence est souvent positive en indiquant un refroidissement du microclimat par l'arbre durant l'été. Nous ne remarquons pas le même phénomène à Montenois, ni à Orbigny-au-Mont. Par conséquent, la géolocalisation et la topographie peuvent jouer un rôle important en contrôlant l'effet de l'arbre sur le microclimat. Sur le site de Montenois, la différence de température est autour de 0 durant les nuits et les matinées, tandis qu'elle est souvent négative à midi, mais à une valeur maximale faible, autour de 0.5°C. Dans l'après-midi cette différence est autour de zéro voir faiblement négative. La différence négative indique une augmentation de la température sous l'arbre en comparaison avec le champ. Ce résultat non attendu (même si la différence est faible) peut être dû à la topographie de la parcelle où la pente est plus importante que sur les autres sites. Sur le site d'Orbigny-au-Mont, nous remarquons que durant les nuits, la différence est souvent positive sauf au début de la période d'étude, période où la température était beaucoup plus élevée. Durant les matinées et à midi,

nous remarquons que cette différence est toujours négative, contrairement aux après-midis où elle toujours positive. Effectivement, les journées longues de l'été rendent la période de l'après-midi la période la plus longue et la plus chaude parmi les quatre périodes. Par conséquent, nous pouvons constater que dans cette situation, même si les arbres sont de petite taille (notamment à Orbigny-au-Mont), ils jouent un rôle de refroidissement du microclimat remarquable.

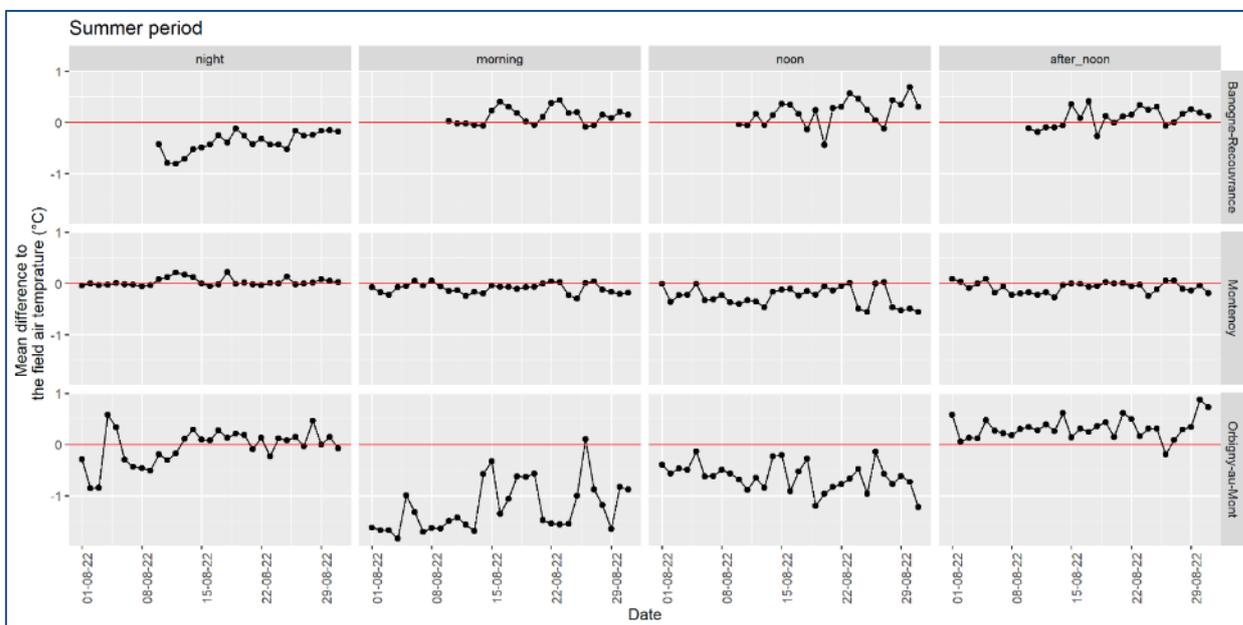


Figure 5. Moyenne des différences de température de l'air au pied de l'arbre par rapport au champ durant la période estivale (du 1^{er} août au 1^{er} septembre 2022) sur trois parcelles : Banogne-Recouvrance, Montenoisy et Orbigny-au-Mont.

III.2.2 Humidité de l'air

Durant l'été, la différence d'humidité de l'air au pied de l'arbre par rapport au champ a aussi montré une variabilité en fonction de la période horaire journalière et de la localisation de la parcelle (Figure 6). À Banogne-Recouvrance, à l'exception du début de la période, cette différence était souvent négative durant les nuits et les matinées, indiquant une humidité de l'air plus importante sous l'arbre que dans le champ. La variation de cette différence à midi et l'après-midi a suivi le même comportement : elle était souvent négative ou nulle, et parfois positive. Mais, dans tous les cas, cette différence restait modérée avec une valeur maximale autour de 2% de différence d'humidité. À Montenoisy, la différence d'humidité de l'air était positive et elle a varié entre 0 et 2% durant toutes les périodes de temps, à l'exception d'une courte période durant quelques nuits. Cela montre une humidité plus importante dans le champ que sous l'arbre. À Orbigny-au-Mont, nous remarquons un autre comportement en ce qui concerne la différence d'humidité de l'air au pied de l'arbre par rapport au champ. Durant les matinées et à midi, cette différence est toujours positive en montrant une humidité de l'air plus importante dans le champ. Les après-midis, la période de temps la plus chaude et longue durant l'été, nous remarquons que la différence est souvent négative indiquant une humidité de l'air plus importante sous l'arbre. Même si le rôle de l'arbre sur le microclimat n'est pas si clair, et même si les arbres de nos parcelles sont jeunes et de petite taille, ils peuvent jouer un rôle pour rafraîchir l'atmosphère dans des cas de très fortes chaleurs.

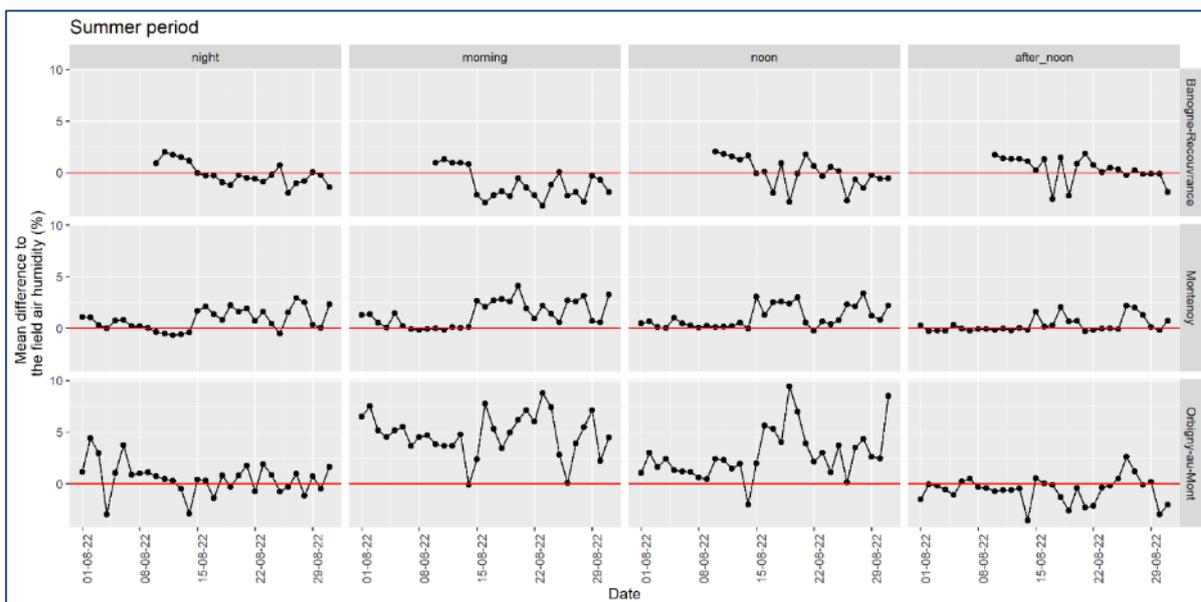


Figure 6. Moyenne des différences d'humidité de l'air au pied de l'arbre par rapport au champ durant la période estivale (du 1^{er} août au 1^{er} septembre 2022) sur trois parcelles : Banogne-Recouvrance, Montenois et Orbigny-au-Mont.

III.2.3 Précipitations

Malgré les faibles précipitations durant la période d'étude de l'été 2022, nous remarquons parfois des différences entre l'arbre et le champ. La figure 7 montre globalement une différence nulle en termes de précipitations estivales au pied de l'arbre par rapport au champ. Cette valeur est essentiellement due au manque des précipitations durant cet été exceptionnellement sec. Pourtant, aux trois sites de l'étude (surtout à Orbigny-au-Mont), nous remarquons parfois une différence négative des précipitations au pied de l'arbre par rapport au champ, indiquant des précipitations plus importantes sous l'arbre. Nous faisons l'hypothèse que l'arbre devait jouer un rôle de réduction des précipitations atteignant le sol via l'interception de la pluie par le houppier. Mais cette différence négative peut finalement être attribuée à un rôle de canalisation des précipitations joué par l'arbre, ce qui pourrait résulter en des précipitations plus importantes sous l'arbre que dans le champ.

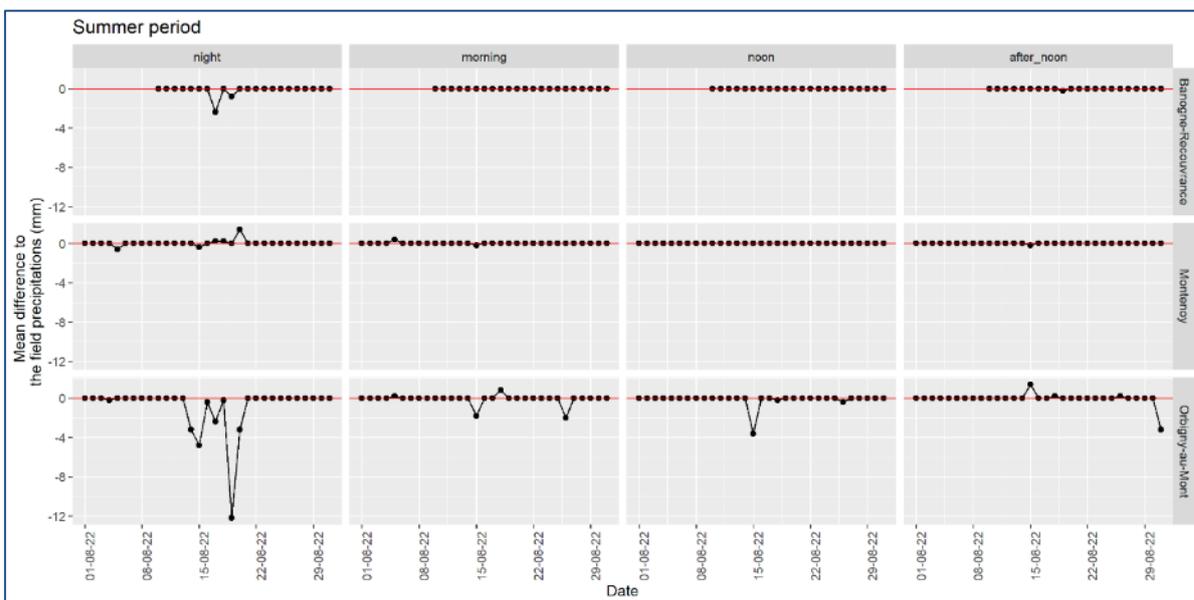


Figure 7. Moyenne des différences de précipitations au pied de l'arbre par rapport au champ durant la période estivale (du 1^{er} août au 1^{er} septembre 2022) sur trois parcelles : Banogne-Recouvrance, Montenoisy et Orbigny-au-Mont.

III.3 Période automnale

La période de l'automne s'étale de la fin du mois d'octobre jusqu'au 22 novembre 2022. Nous avons acquis les données de cette période sur trois sites : Montenoisy (54), Orbigny-au-Mont (52) et Pixérécourt (54).

III.3.1 Température de l'air

Trois sites sont étudiés pour la période de l'automne : Montenoisy, Orbigny-au-Mont et Pixérécourt (Figure 8). Deux des sites, Montenoisy et Pixérécourt, montrent très peu de différences de la température de l'air entre le pied de l'arbre et le champ quelle que soit la période de la journée. Par contre, à Orbigny-au-Mont, nous observons une différence importante de la température de l'air entre les deux positions. Cette différence est souvent positive durant les nuits, indiquant une température plus élevée dans le champ que sous l'arbre. Elle devient négative durant les matinées, indiquant l'augmentation de la température sous l'arbre par rapport au champ avec le lever du soleil. De la même manière, elle est souvent négative à midi, qui est la période de temps la plus courte durant l'automne.

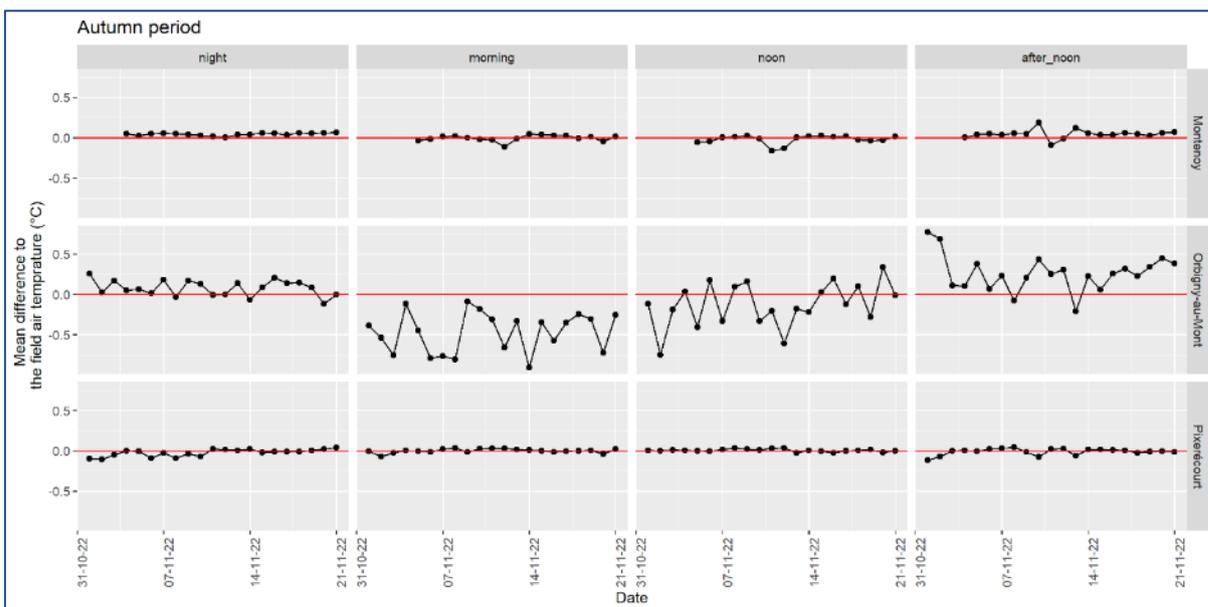


Figure 8. Moyenne des différences de température de l'air au pied de l'arbre par rapport au champ en automne (du 31 octobre au 22 novembre 2022) sur trois parcelles : Montenoy, Orbigny-au-Mont et Pixérécourt.

III.3.2 Humidité de l'air

En automne, nous remarquons une différence d'humidité de l'air qui est souvent négative avec une valeur maximale de zéro à Montenoy et à Pixérécourt (Figure 9). Celle-ci révèle une humidité plus élevée de l'air sous l'arbre que dans le champ, indiquant un rôle de l'arbre pour maintenir un microclimat plus humide durant une période fraîche au contraire du résultat vu durant l'été. Par contre, à Orbigny-au-Mont, cette différence est souvent positive durant les nuits, les matinées et aux midis. La même chose est observée durant les après-midis mais avec une tendance vers des différences négatives certains jours. Cela indique une humidité de l'air plus élevée dans le champ que sous l'arbre à Orbigny-au-Mont, qui peut être attribuée à la taille des arbres sur ce site qui est moins importante qu'aux deux autres sites. Néanmoins, à Orbigny-au-Mont, nous remarquons une différence plus importante que dans les deux autres sites. Cette différence varie entre 0% et 2.5% à Pixérécourt, entre 0% et 3% à Montenoy, et entre 0% et 7.5% à Orbigny-au-Mont.

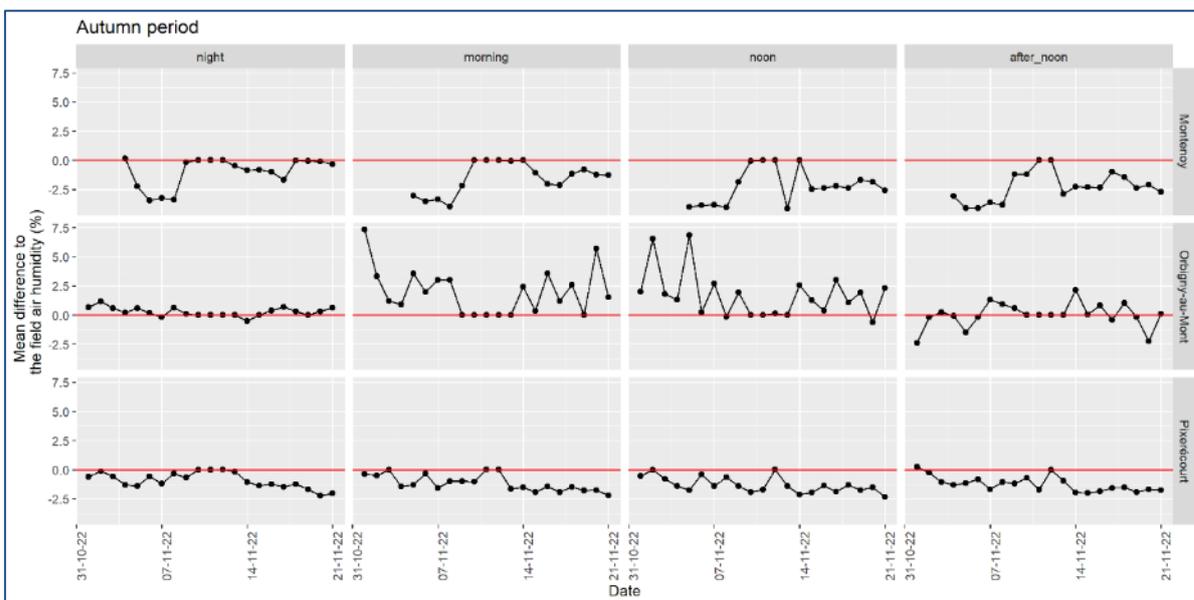


Figure 9. Moyenne des différences d'humidité de l'air au pied de l'arbre par rapport au champ en automne (du 31 octobre au 22 novembre 2022) sur trois parcelles : Montenoy, Orbigny-au-Mont et Pixérécourt.

III.3.3 Précipitations

L'automne marque une période de précipitations plus importantes que l'été. Nous pouvons remarquer que sur les trois sites de l'étude (Montenoy, Orbigny-au-Mont et Pixérécourt), la différence en précipitations au pied de l'arbre par rapport au champ est souvent nulle durant les matinées, les midis et les après-midis (Figure 10). Durant les nuits, nous remarquons une variation plus importante, avec une différence essentiellement nulle ou négative qui peut atteindre jusqu'à 15 mm de précipitations plus importantes sous l'arbre que dans le champ à Pixérécourt. Une augmentation des précipitations sous l'arbre en comparaison avec le champ peut supporter l'hypothèse que l'arbre joue un rôle de canalisation des précipitations.

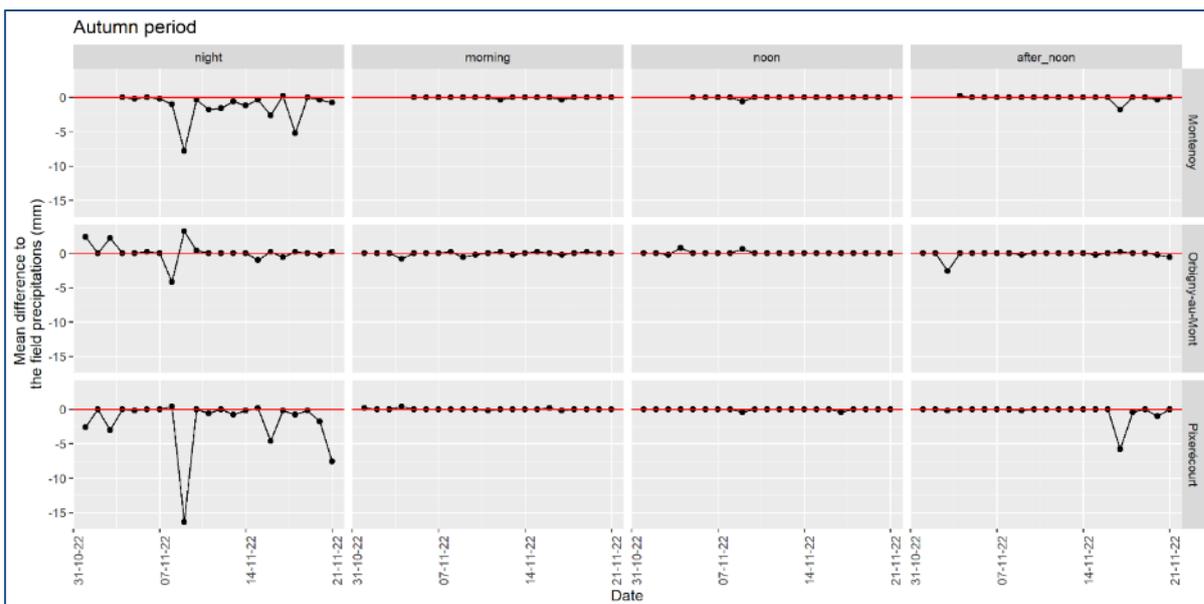


Figure 10. Moyenne des différences de précipitations entre le pied de l'arbre et le champ en automne (du 31 octobre au 22 novembre 2022) sur trois parcelles : Montenoy, Orbigny-au-Mont et Pixérécourt.

Le tableau 3 synthétise les différents effets observés en fonction de la saison et de la période de la journée. Nos hypothèses initiales ne sont pas toujours validées selon les sites. Le suivi doit être poursuivi pour une plus grande variété de conditions (deux autres sites prochainement instrumentés) et pour le reste de l'année.

Tableau 3. Récapitulatif des variations des indicateurs microclimatiques durant les deux périodes étudiées sur les différents sites. '+' correspond à une valeur majoritairement supérieure de l'indicateur dans le champ qu'au pied de l'arbre, '-' correspond à une valeur majoritairement inférieure de l'indicateur dans le champ qu'au pied de l'arbre, '=' correspond à une valeur majoritairement égale de l'indicateur dans le champ qu'au pied de l'arbre.

Site	période	Indicateur microclimatique	Période de la journée			
			Nuit	Matinée	Midi	Après-midi
Baigne-Recouvrance	Été 2022	Température de l'air	-	+	+	+
		Humidité de l'air	-	-	-	+
		Précipitations	=	=	=	=
Pixérécourt	Automne 2022	Température de l'air	=	=	=	=
		Humidité de l'air	-	-	-	-
		Précipitations	-	=	=	=
Orbigny-au-Mont	Été 2022	Température de l'air	+	-	-	+
		Humidité de l'air	+	+	+	-
		Précipitations	=	=	=	=
	Automne 2022	Température de l'air	+	-	-	+
		Humidité de l'air	=	+	+	+
		Précipitations	=	=	=	=
Montenoy	Été 2022	Température de l'air	=	=	-	=
		Humidité de l'air	+	+	+	=
		Précipitations	=	=	=	=
	Automne 2022	Température de l'air	=	=	=	=
		Humidité de l'air	-	-	-	-
		Précipitations	-	=	=	=

IV. Communication

Le projet a été présenté à de multiples occasions fin 2022 : Journée « Croisons les regards » du RMT AgroforesterieS (8 novembre), Journée d'animation de l'UMR Silva (1^{er} décembre), Rencontre du groupe « Grandes cultures » du RMT AgroforesterieS (6 décembre). Certaines des parcelles du projet servent de sites de démonstration, par exemple celui de Montenoy dans le cadre de l'UE d'Agroforesterie du Master AETPF (Agrosciences, Environnement, Territoires, Paysage, Forêt) de l'Université de Lorraine.

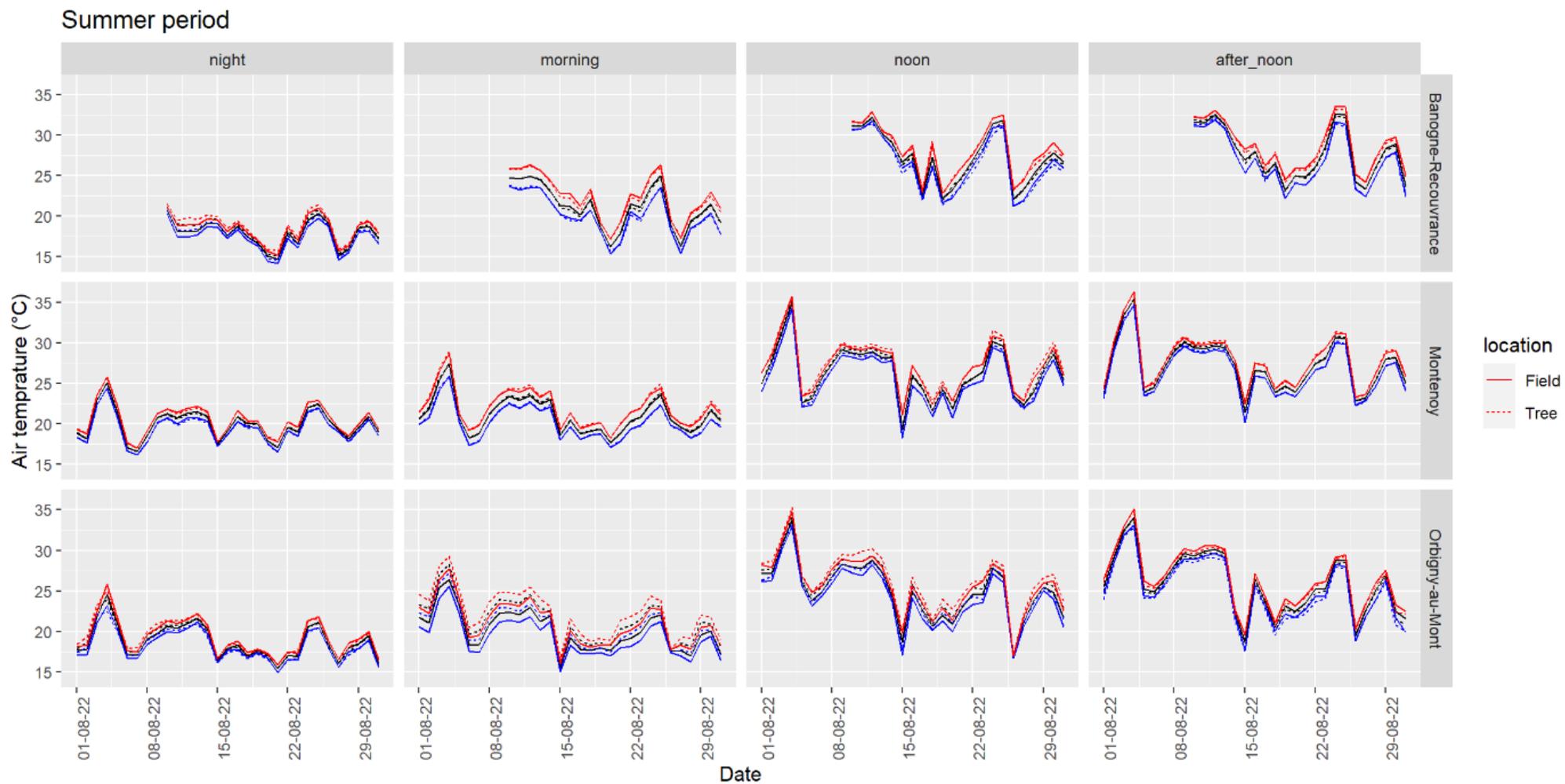
V. Perspectives

- ▶ L'instrumentation des sites va se poursuivre. Le site de Quincey devrait être équipé au cours de l'hiver 2022-2023. Le site de Monthureux-le-Sec sera instrumenté lorsque le partenariat avec Nestlé Waters – Agrivair aura été formalisé (convention en cours de relecture par les juristes INRAE).
- ▶ Les suivis des conditions microclimatiques et édaphiques vont également être poursuivis aux différents sites de façon à couvrir l'ensemble de l'année, les alternances saisonnières ayant une influence forte sur l'impact de l'arbre sur le microclimat et le bilan hydrique.
- ▶ Nous sommes en attente de formations d'une part, par AgroRessources pour l'établissement de bilans hydriques à l'aide des données de potentiels matriciels du sol recueillies via les sondes WaterMark et d'autre part, par l'UMR ABSys à Montpellier, pour l'utilisation du modèle agroforestier Hi-sAFé.

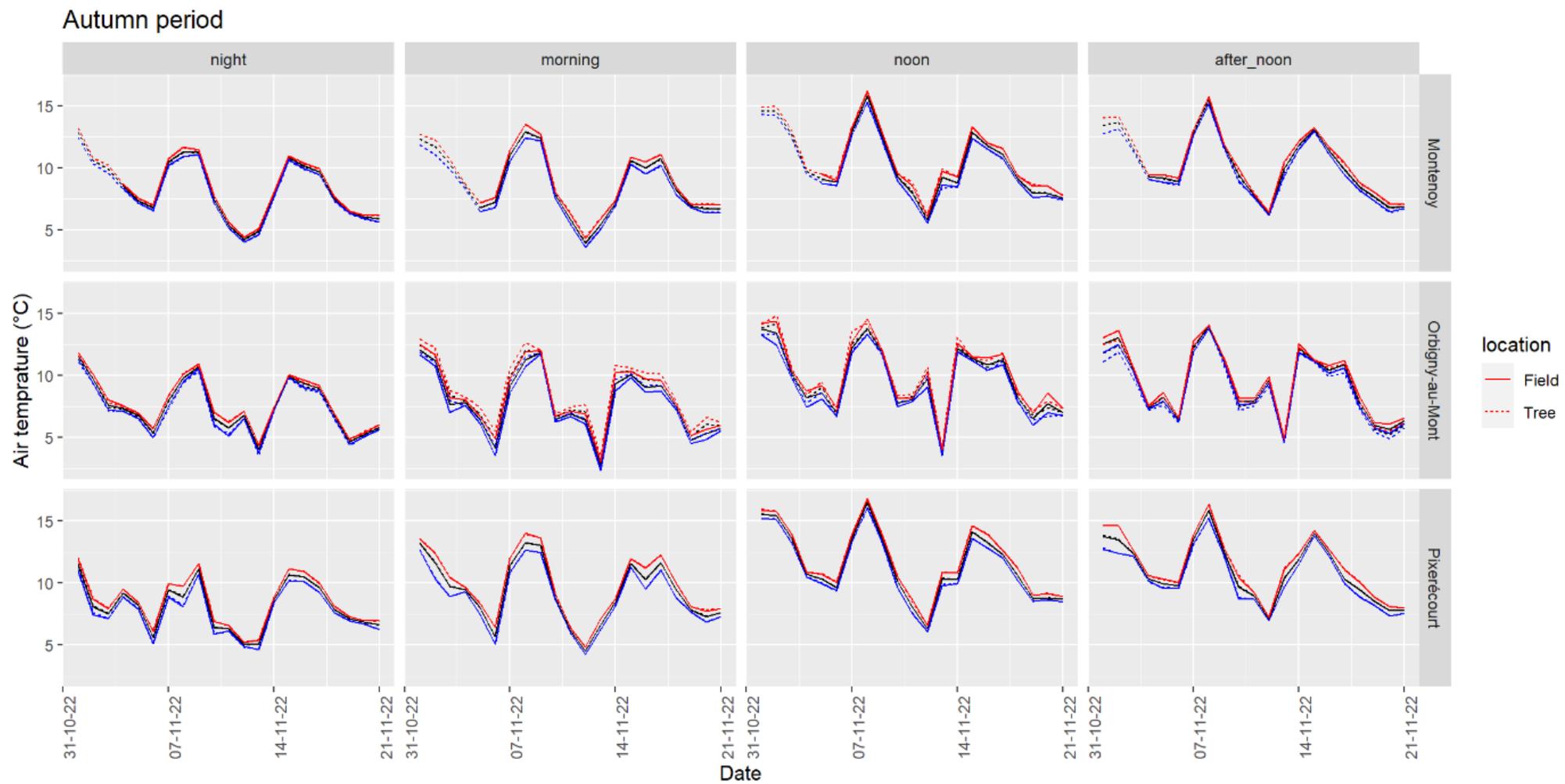
VI. Annexes

Annexe 1. Températures (°C) et humidités (%) de l'air moyennes, minimales et maximales en fonction de la saison (été, automne), de la période de la journée, du site et de la localisation de la station météorologique (pied de l'arbre ou milieu du champ).

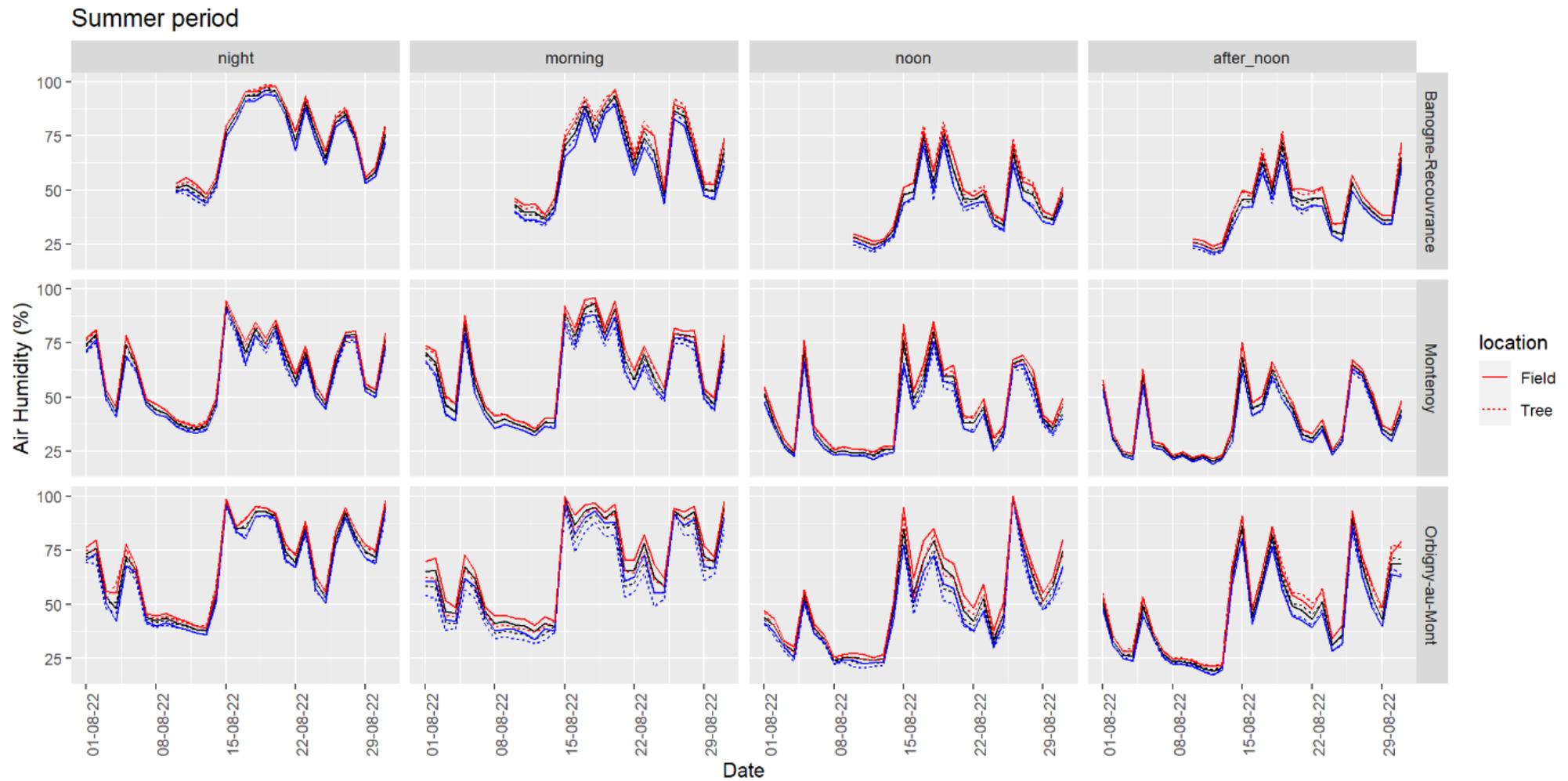
Saison	Période	Site	Localisation	Température moyenne (°C)	Température maximale (°C)	Température minimale (°C)	Humidité moyenne (%)	Humidité maximale (%)	Humidité minimale (%)
Été 2022	Après-midi	Banogne-Recouvrance	champ	27.68	28.65	26.75	42.27	45.60	39.14
			arbre	27.59	28.47	26.74	41.96	45.03	39.05
		Montenoy	champ	27.17	27.84	26.54	38.05	40.22	36.00
			arbre	27.24	27.91	26.60	37.75	39.83	35.76
		Orbigny-au-Mont	champ	25.83	26.55	25.11	45.94	49.49	42.73
			arbre	25.52	26.31	24.80	46.56	49.83	43.31
	Matinée	Banogne-Recouvrance	champ	21.15	22.37	20.04	64.89	68.67	60.98
			arbre	21.03	22.14	20.01	66.03	69.60	62.36
		Montenoy	champ	21.03	21.92	20.15	61.61	64.74	58.25
			arbre	21.12	22.06	20.21	60.28	63.45	56.88
		Orbigny-au-Mont	champ	20.15	21.04	19.29	67.09	70.53	63.52
			arbre	21.37	22.27	20.48	62.30	65.99	58.56
	Nuit	Banogne-Recouvrance	champ	17.79	18.35	17.27	73.79	76.19	71.39
			arbre	18.17	18.71	17.66	73.97	76.36	71.61
		Montenoy	champ	19.89	20.41	19.39	61.80	64.10	59.47
			arbre	19.86	20.39	19.35	61.03	63.26	58.74
		Orbigny-au-Mont	champ	18.71	19.24	18.18	68.93	71.59	66.43
			arbre	18.75	19.26	18.24	68.20	70.70	65.78
	Midi	Banogne-Recouvrance	champ	27.20	28.10	26.44	45.17	48.07	42.00
			arbre	27.01	27.98	26.17	45.14	48.40	41.79
		Montenoy	champ	26.22	27.07	25.49	43.00	45.86	40.07
			arbre	26.48	27.33	25.68	41.95	44.73	39.07
		Orbigny-au-Mont	champ	24.99	25.78	24.24	49.46	53.45	45.76
			arbre	25.62	26.39	24.82	46.64	50.07	43.73
Automne 2022	Après-midi	Montenoy	champ	9.85	10.13	9.58	89.61	91.53	87.58
			arbre	10.25	10.56	9.95	89.68	91.74	87.46
		Orbigny-au-Mont	champ	9.37	9.65	9.10	93.01	94.46	91.43
			arbre	9.11	9.38	8.83	93.01	94.28	91.55
		Pixierécourt	champ	10.96	11.41	10.52	83.13	86.09	80.08
			arbre	10.97	11.41	10.53	84.36	87.40	81.32
	Matinée	Montenoy	champ	8.26	8.61	7.93	93.38	94.91	91.75
			arbre	8.74	9.11	8.37	93.54	95.08	91.97
		Orbigny-au-Mont	champ	7.86	8.28	7.49	96.88	97.89	95.66
			arbre	8.34	8.76	7.92	94.90	96.25	93.33
		Pixierécourt	champ	9.33	9.81	8.84	88.81	91.35	86.23
			arbre	9.33	9.82	8.84	89.95	92.39	87.35
	Nuit	Montenoy	champ	7.87	8.08	7.66	97.00	97.79	96.16
			arbre	8.30	8.52	8.07	97.05	97.83	96.23
		Orbigny-au-Mont	champ	7.52	7.79	7.22	98.65	99.05	98.20
			arbre	7.45	7.74	7.16	98.39	98.89	97.81
		Pixierécourt	champ	8.09	8.48	7.71	95.37	96.72	93.91
			arbre	8.11	8.48	7.74	96.29	97.49	94.94
	Midi	Montenoy	champ	9.93	10.32	9.60	88.50	90.69	86.50
			arbre	10.52	10.91	10.16	87.74	89.98	85.50
		Orbigny-au-Mont	champ	9.70	10.16	9.28	91.70	93.80	89.33
			arbre	9.83	10.22	9.47	90.02	91.81	87.87
		Pixierécourt	champ	11.47	11.86	11.12	79.54	82.32	76.99
			arbre	11.47	11.86	11.13	80.84	83.75	78.05



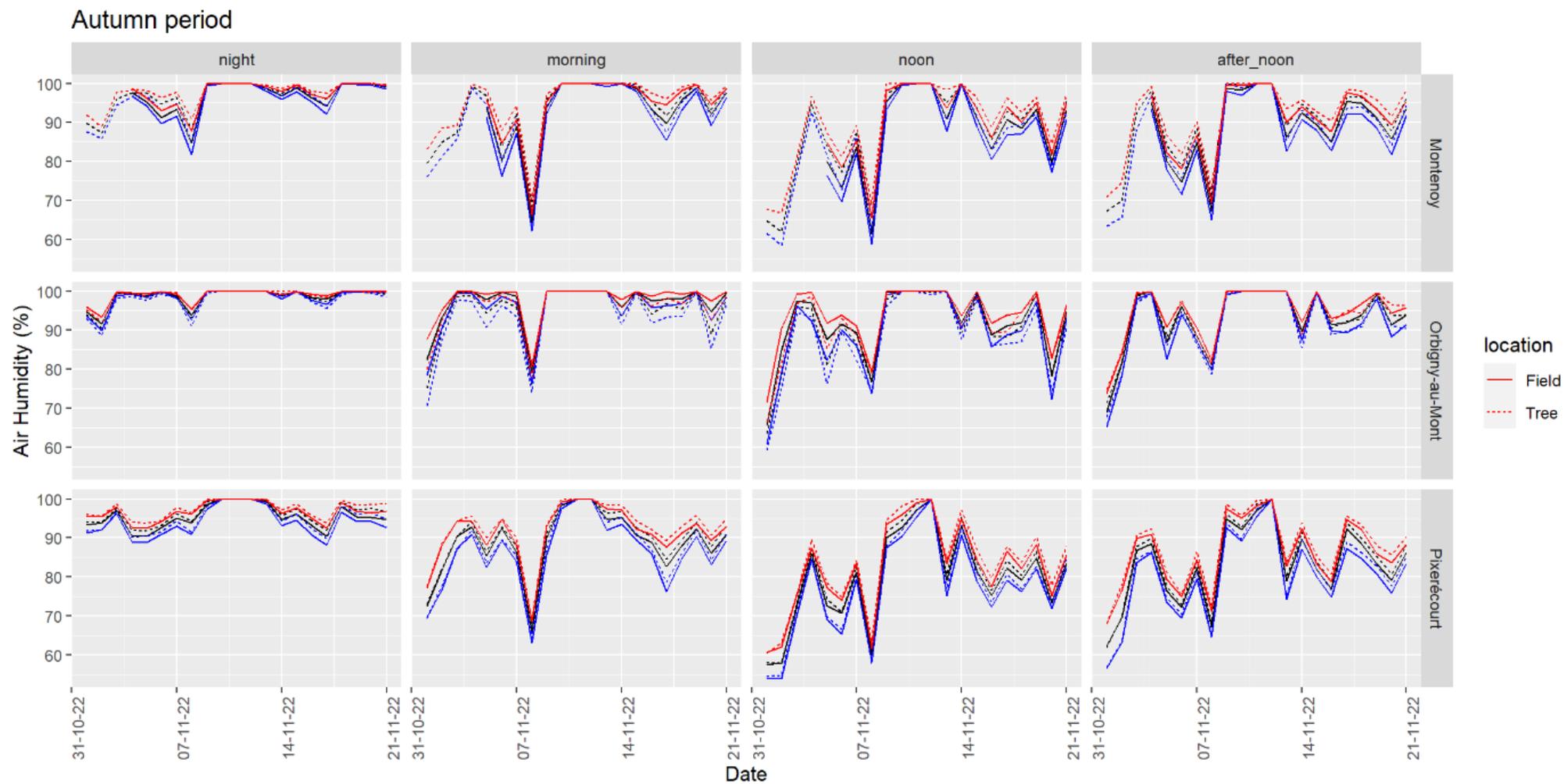
Annexe 2. Variation de la température de l'air (°C) durant la période estivale dans le champ (courbes continues) et sous l'arbre (courbes pointillées) avec les valeurs moyennes (courbe noire), maximales (courbes rouges) et minimales (courbes bleues).



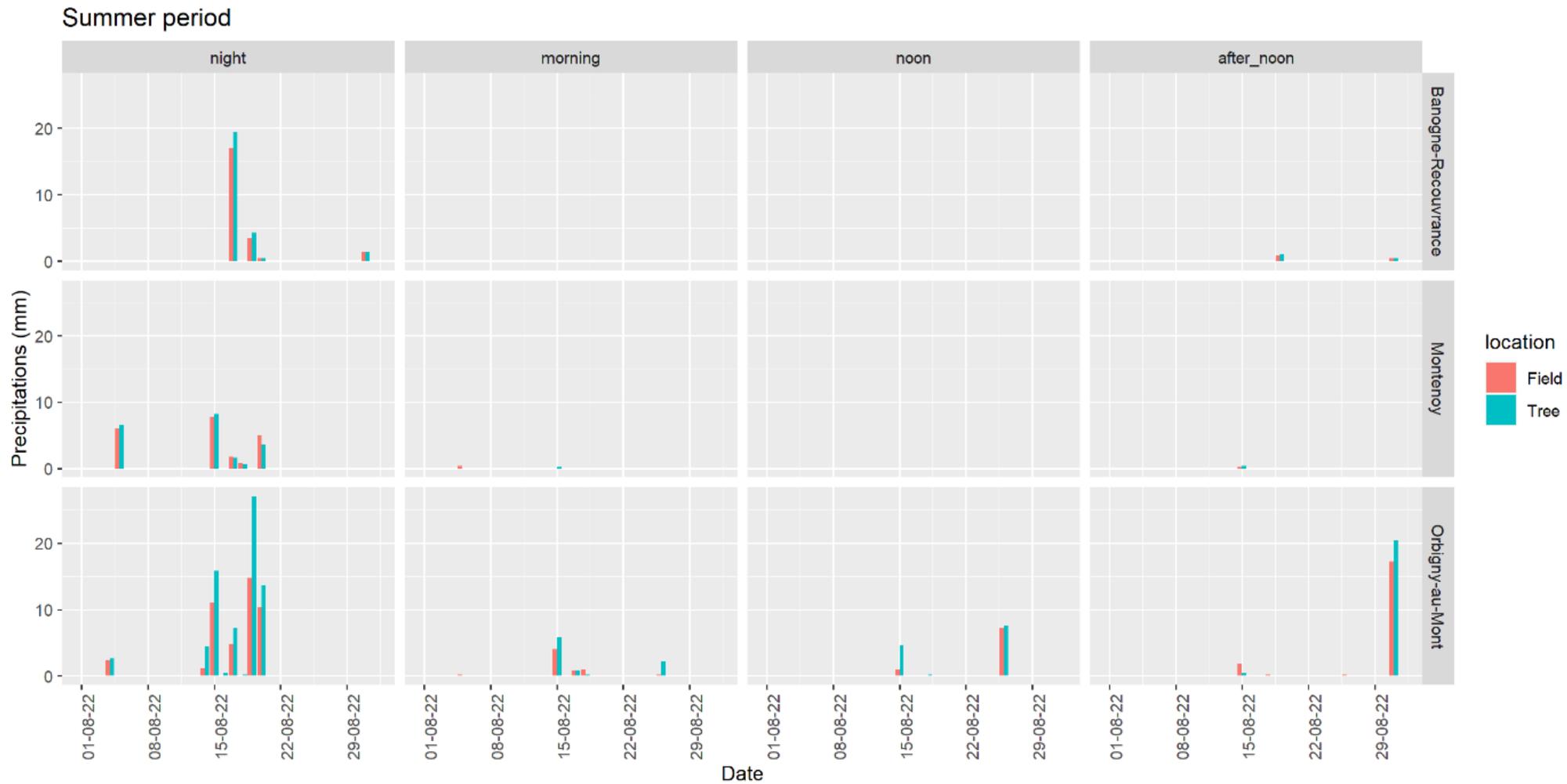
Annexe 3. Variation de la température de l'air (°C) au cours de l'automne dans le champ (courbes continues) et sous l'arbre (courbes pointillées) avec les valeurs moyennes (courbes noires), maximales (courbes rouges) et minimales (courbe bleues).



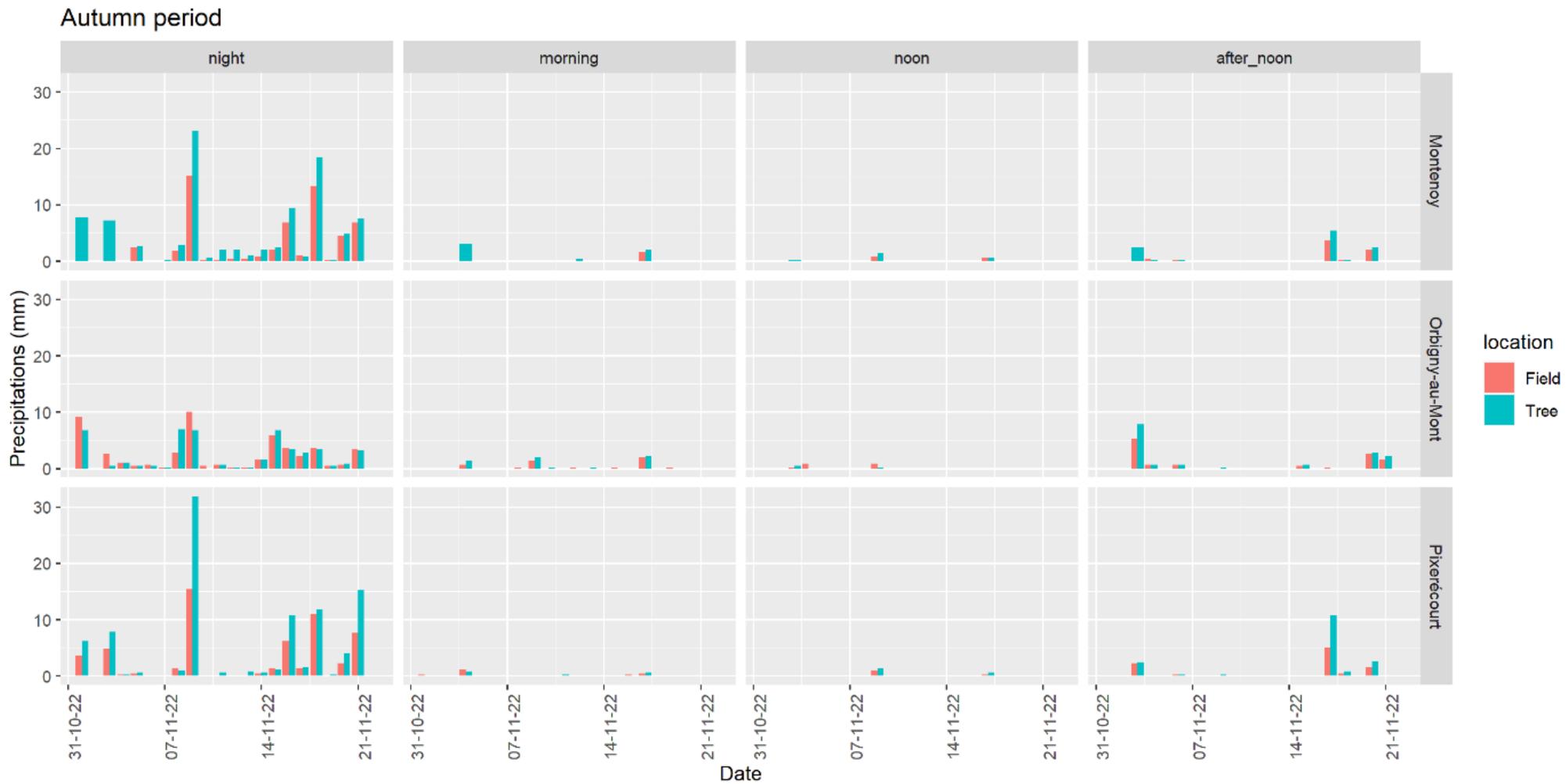
Annexe 4. Variation de l'humidité de l'air (%) durant la saison estivale dans le champ (courbes continues) et sous l'arbre (courbes pointillées) avec les valeurs moyennes (courbes noires), maximales (courbes rouges) et minimales (courbes bleues).



Annexe 5. Variation de l'humidité de l'air (%) au cours de l'automne dans le champ (courbes continues) et sous l'arbre (courbes pointillées) avec les valeurs moyennes (courbes noires), maximales (courbes rouges) et minimales (courbes bleues).



Annexe 6. Cumul de précipitations journalières (mm) durant la saison estivale entre le champ (rouge) et sous l'arbre (bleu).



Annexe 7. Cumul de précipitations journalières (mm) au cours de l'automne entre le champ (rouge) et sous l'arbre (bleu).