



Nicolas Marron, Séverine Piutti, Pierrick Priault, Erwin Dallé, Dempsey Princet

Séminaire OFB – 5 juillet 2024

# Contexte

## Agroforesterie

Dans le Grand-Est, deux constats :

L'agroforesterie intra-parcellaire se développe lentement

73 parcelles répertoriées (peu)

Besoin d'indicateurs des services rendus par l'arbre en milieu agricole

Effets plus ou moins connus sur stockage de C, lixiviation de  $\text{NO}_3^-$ , flux de GES, biodiversité et... **microclimat (température et humidité) !**

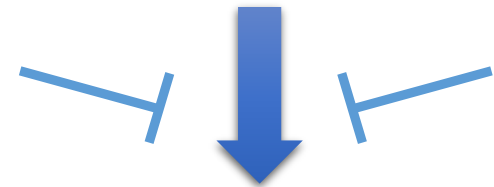
## Changement climatique

Augmentation moyenne de  $0,3^\circ\text{C}$  / décennie depuis 50 ans

Augmentation continue du déficit hydrique (ETP / précipitations)

**Stress thermique**  
(chaud le jour  
ET/OU froid la nuit)

**Stress hydrique édaphique et atmosphérique**



Réduction des rendements de cultures  
Augmentation de la conso hydrique

# Hypothèses : L'arbre va...

Maintenir une humidité  
de l'air

① Tamponner les températures  
extrêmes

②

③ Réduire les amplitudes  
de variation  
(température et humidité)

Permettre un partage optimisé  
de l'eau avec la culture :

④

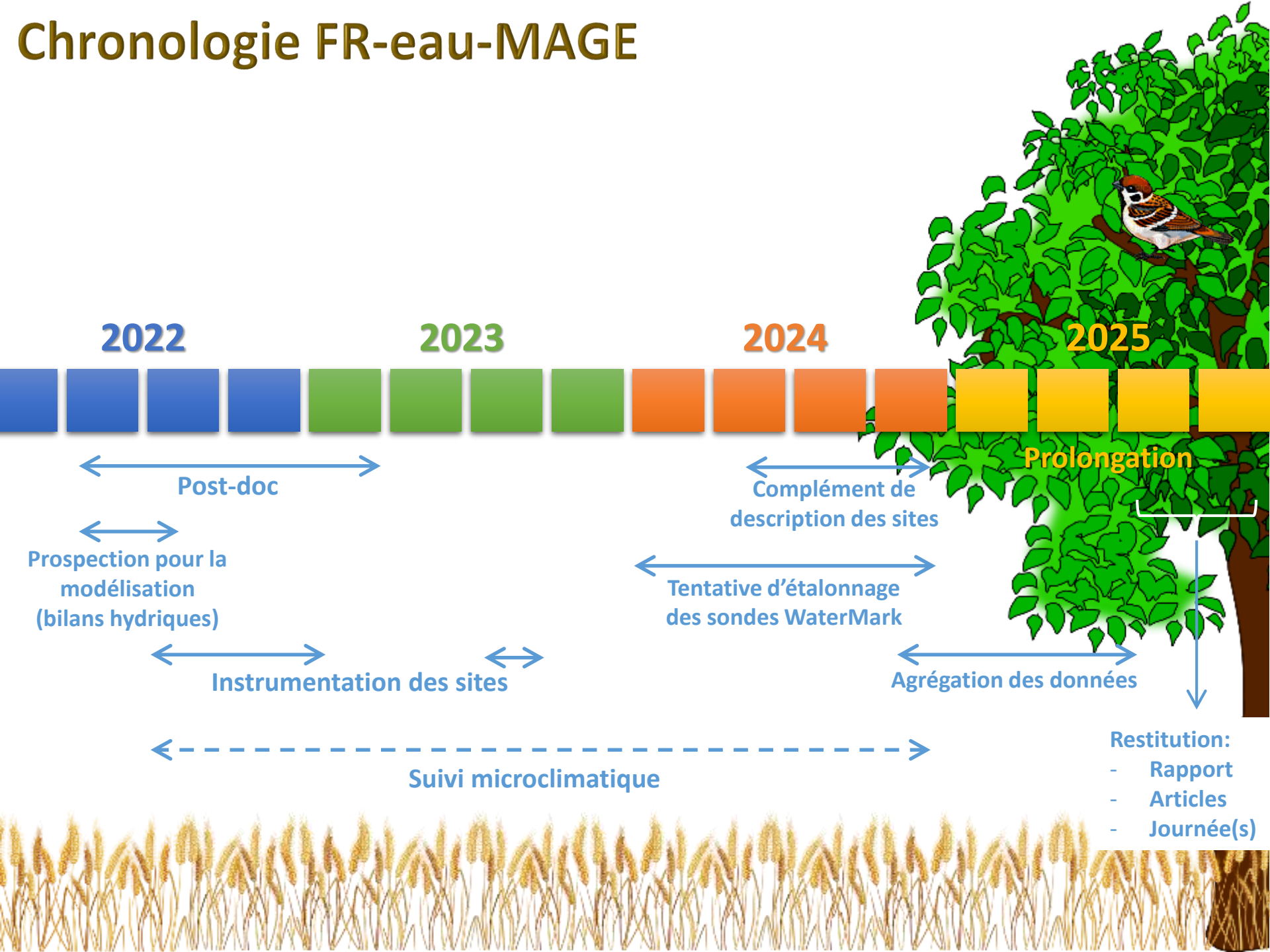
- Puiser dans les horizons profonds
- Maintenir l'humidité de surface
- Favoriser l'infiltration

⑤ Concentrer les précipitations

Hypothèse générale : Dans le Grand-Est, l'arbre en milieu agricole permet de tamponner les extrêmes climatiques et d'optimiser le partage de l'eau avec la culture



# Chronologie FR-eau-MAGE



- Surface : 15 ha
- Densité : 37 arbres/ha
- Type : Grandes cultures
- Conduite : Conventionnel
- Installation : 2015 / 2016
- Espèces : Merisier, noyer, alisier, cormier, érable
- Hauteur moyenne : 3,1 m



- Surface : 13 ha
- Densité : 48 arbres/ha
- Type : Polyculture, élevage
- Conduite : Conventionnel
- Installation : 2013 / 2014
- Espèces : Merisier, frêne
- Hauteur moyenne : 6,5 m



- Surface : 20 ha
- Densité : 33 arbres/ha
- Type : Polyculture, élevage
- Conduite : Biologique
- Installation : 2013
- Espèces : Merisier, robinier
- Hauteur moyenne : 3,7 m



- Surface : 7,5 ha
- Densité : 32 arbres/ha
- Type : Grandes cultures
- Conduite : Conventionnel
- Installation : 2012
- Espèces : Erable, cormier, alisier, sorbier
- Hauteur moyenne : 5,2 m



20 km

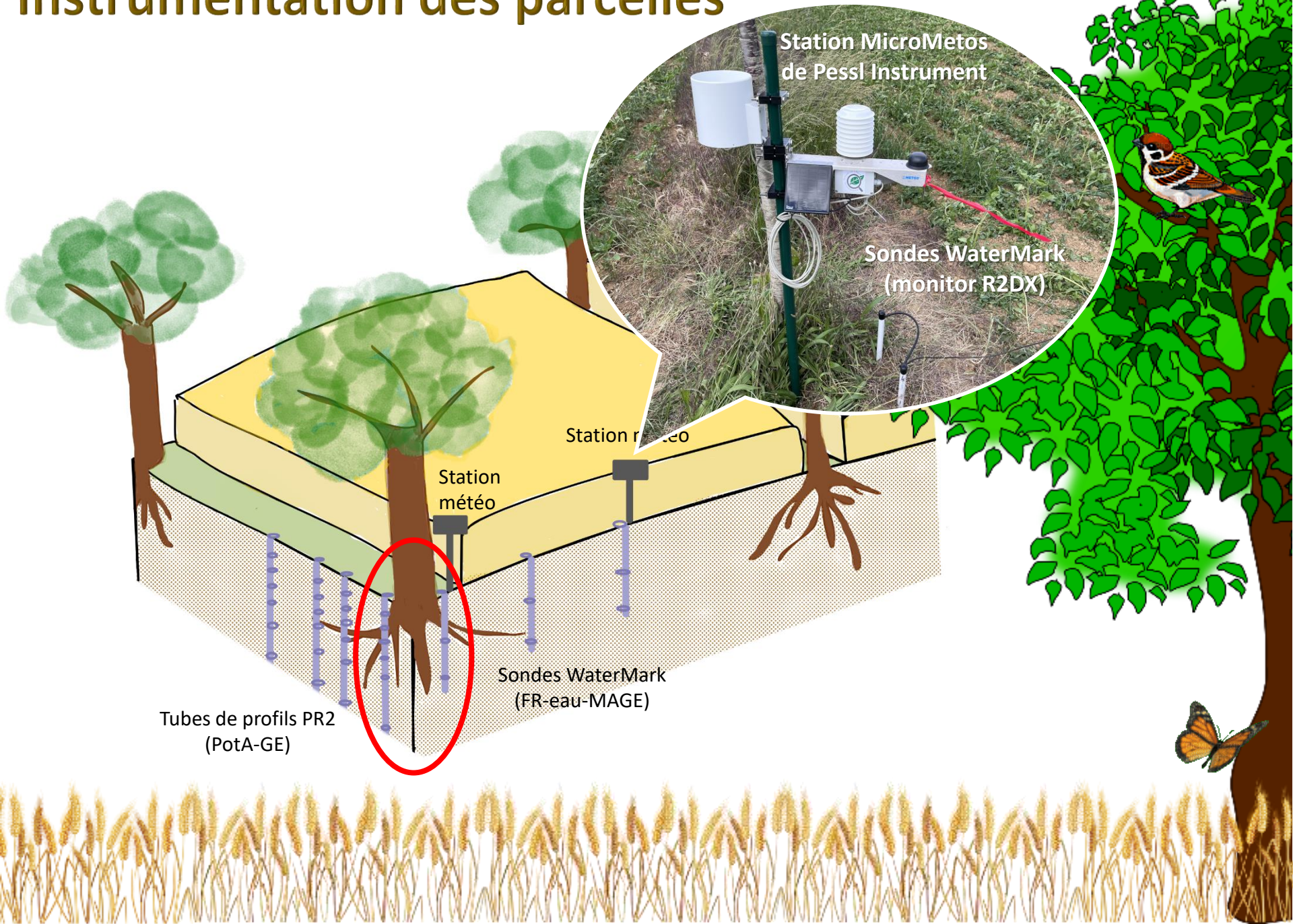
- Surface : 9,4 ha
- Densité : 30 arbres/ha
- Type : Polyculture, élevage
- Conduite : Biologique
- Installation : 2013 / 2014
- Espèces : Merisier, noyer
- Hauteur moyenne : 5,4 m



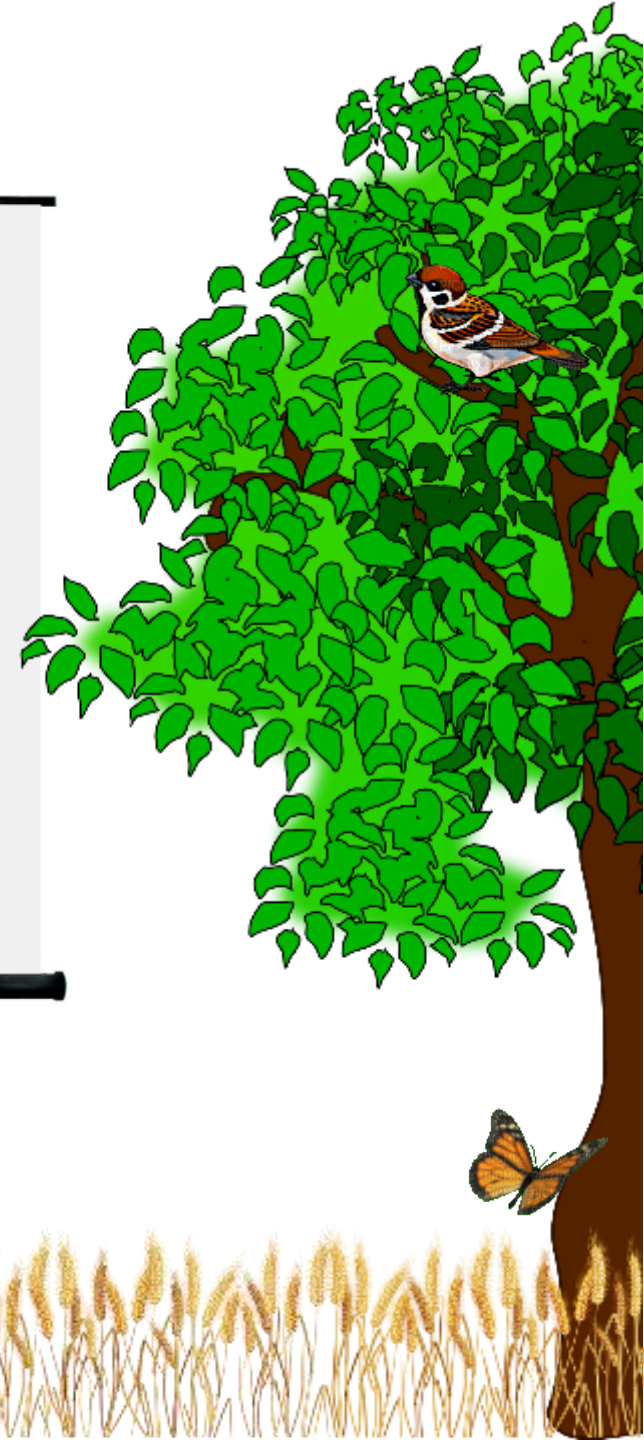
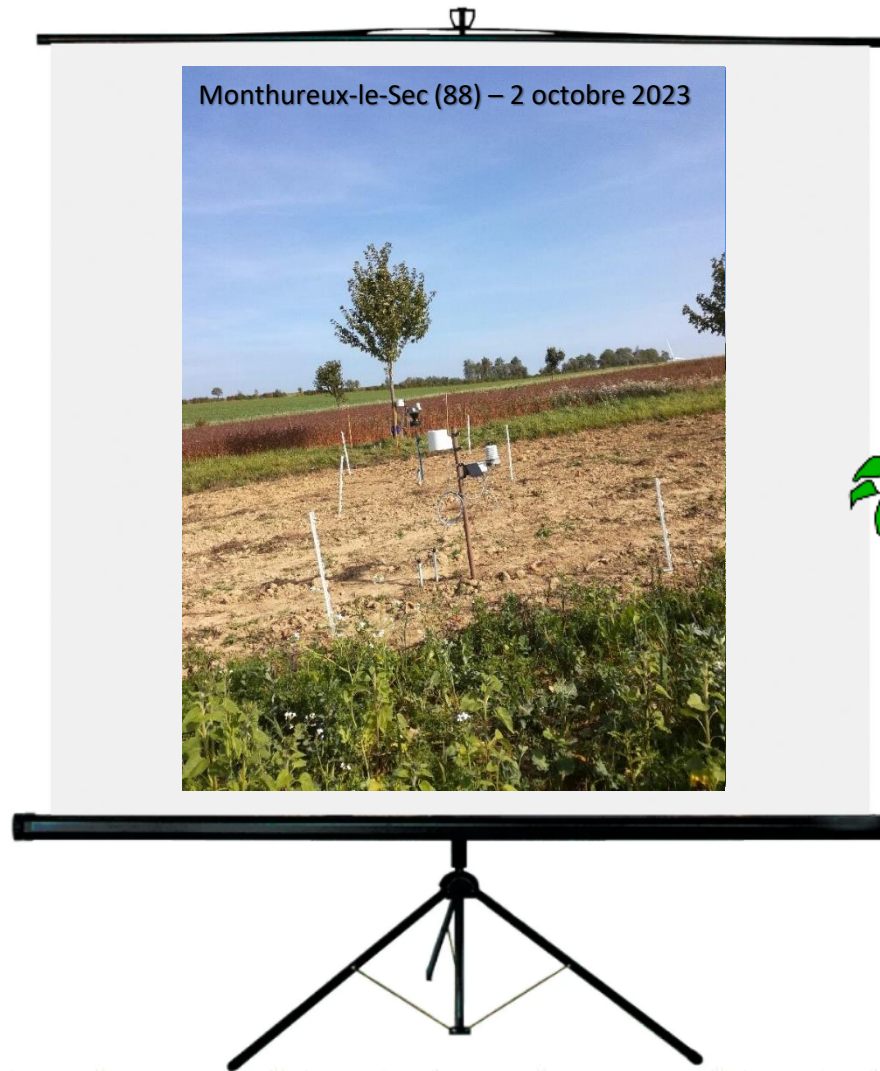
- Surface : 11,8 ha
- Densité : 25 arbres/ha
- Type : Polyculture
- Conduite : Biologique
- Installation : 2013
- Espèces : Noyer, noisetier, merisier, robinier, érable, alisier



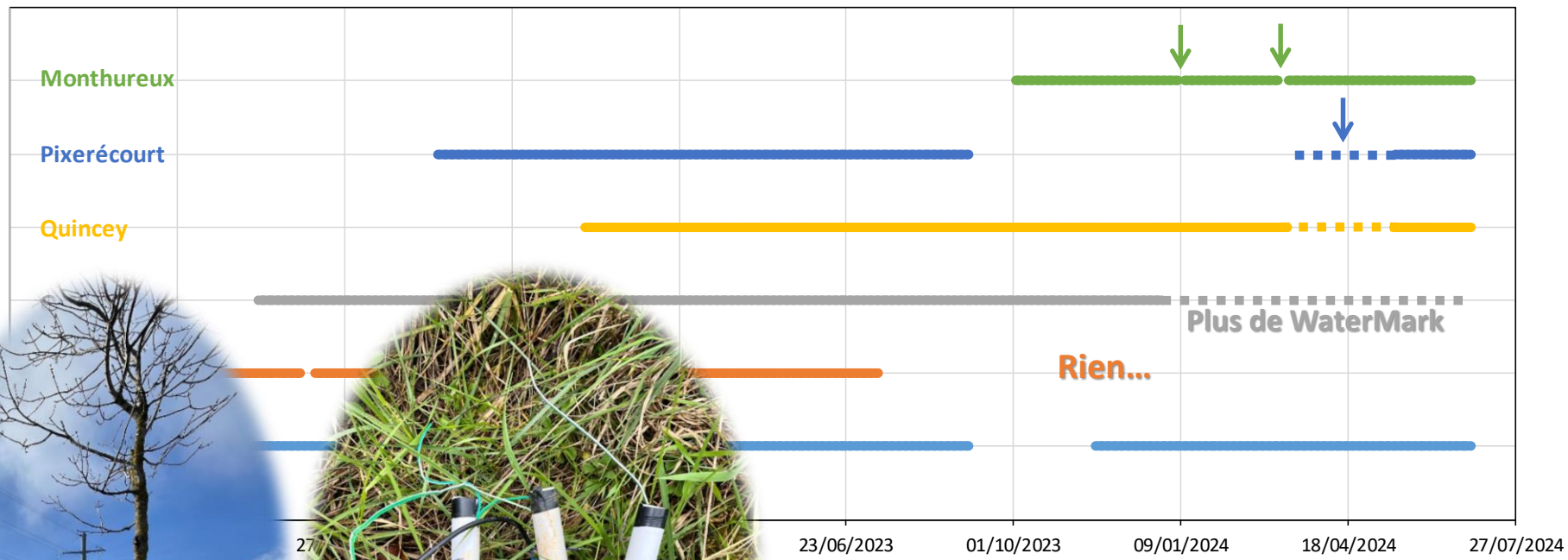
# Instrumentation des parcelles



# Instrumentation des parcelles



# Suivi microclimatique des sites



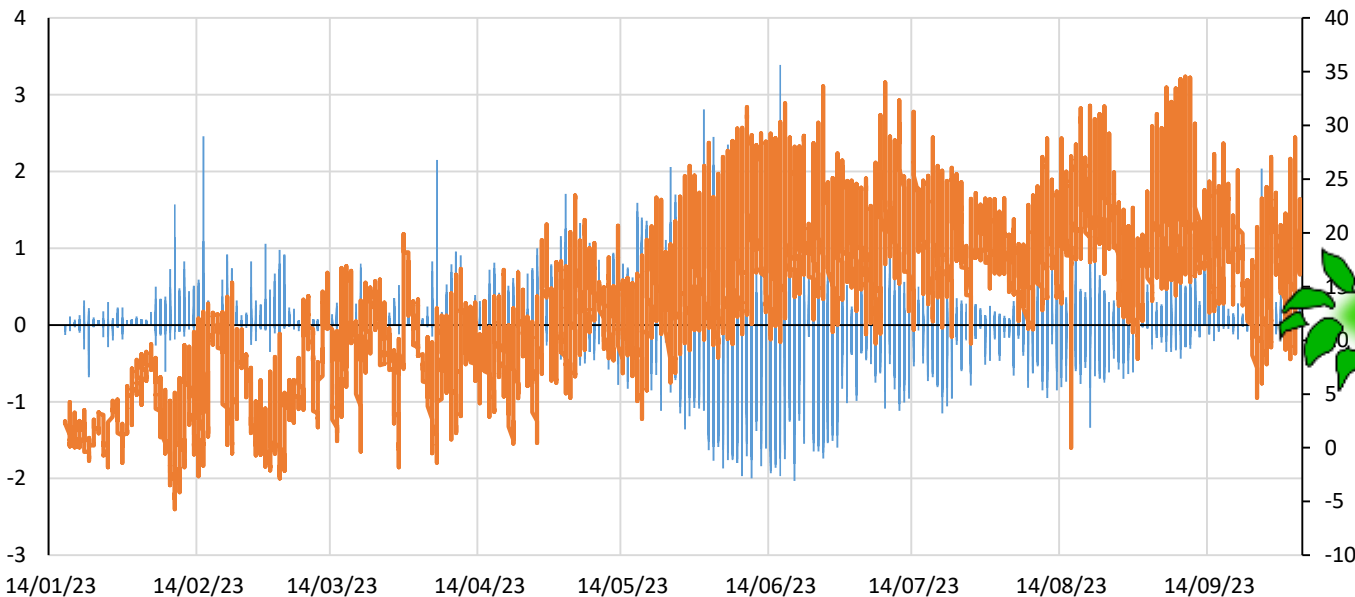


# ① Tampon des températures extrêmes

Site de Quincey (10) 

Différence de température entre le pied de l'arbre et le champ (°C)

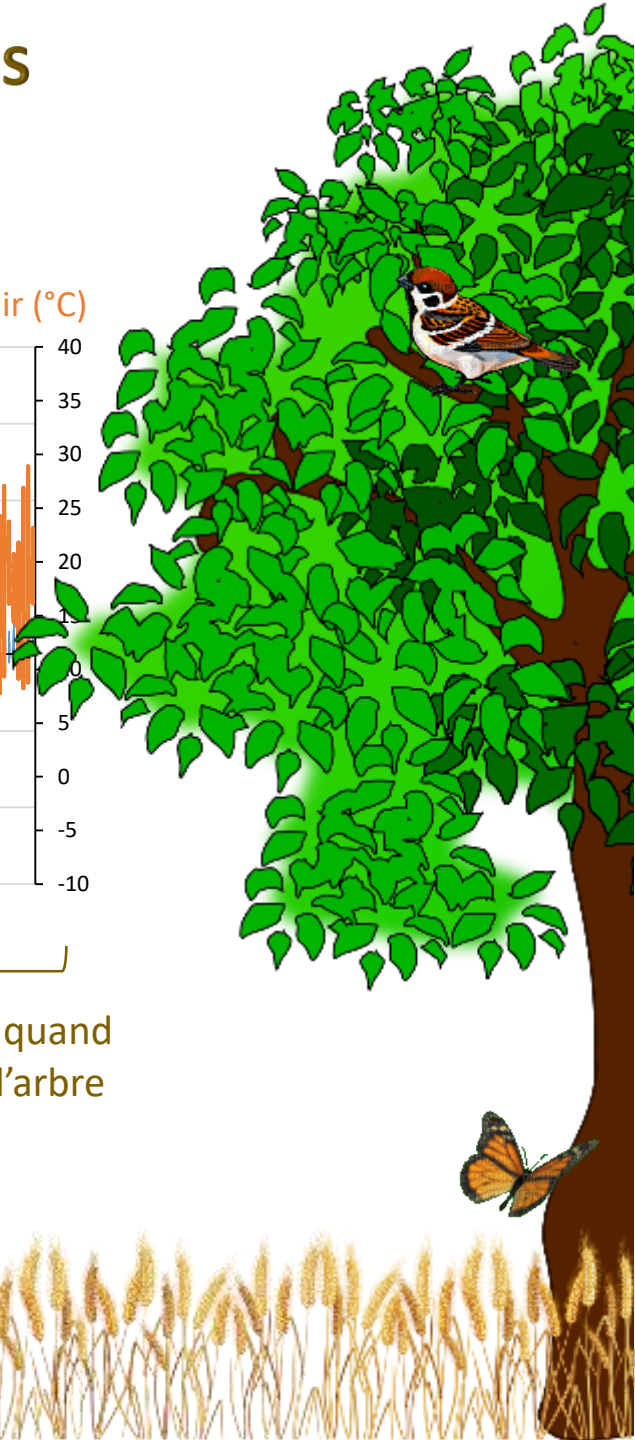
Température de l'air (°C)



Jusqu'en mai, les abords de l'arbre sont plus chauds que le plein champ (~0,1°C)

Lors de la phase la plus active de croissance de l'arbre, l'effet est plus marqué mais erratique

L'effet s'estompe quand la croissance de l'arbre ralentie

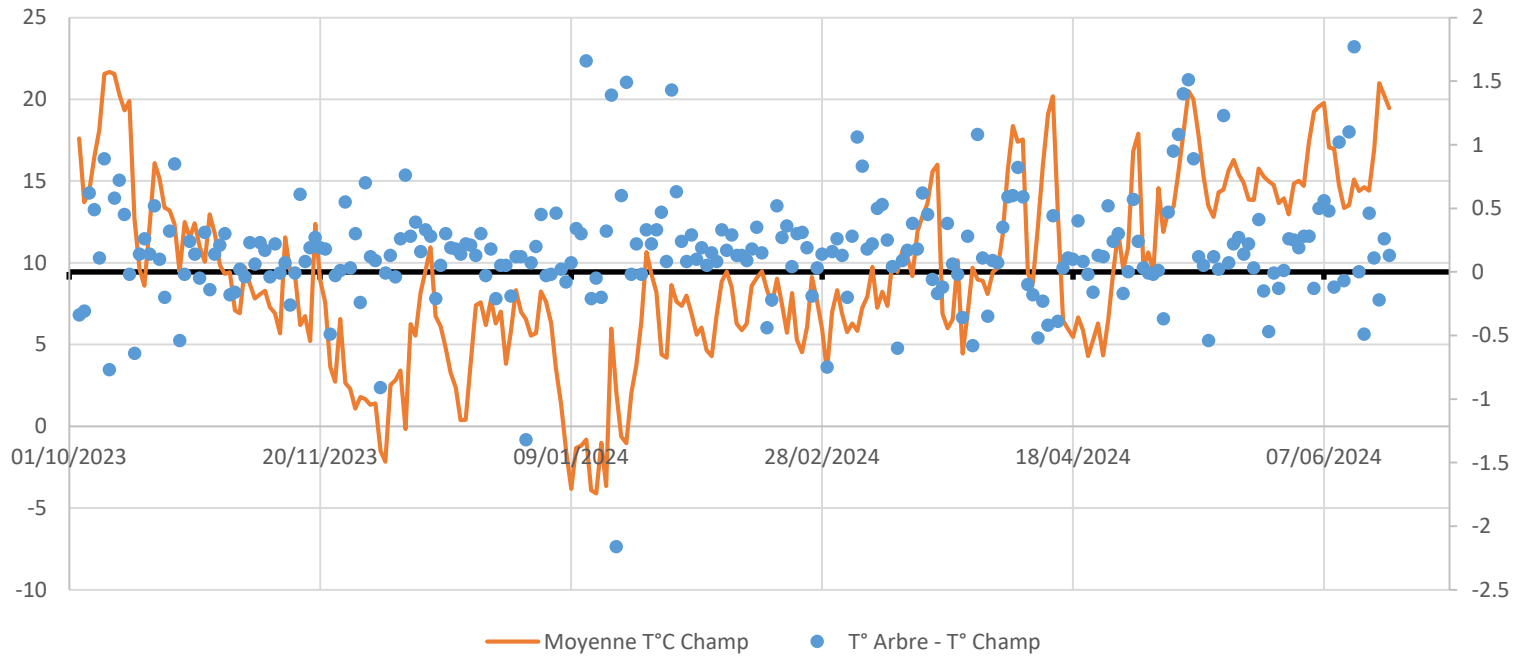


# ① Tampon des températures extrêmes

## Site de Monthureux (88)

Différence de température entre le pied de l'arbre et le champ (°C)

Température de l'air (°C)



Pas d'effet très clair en 2024 (jusqu'à maintenant !)

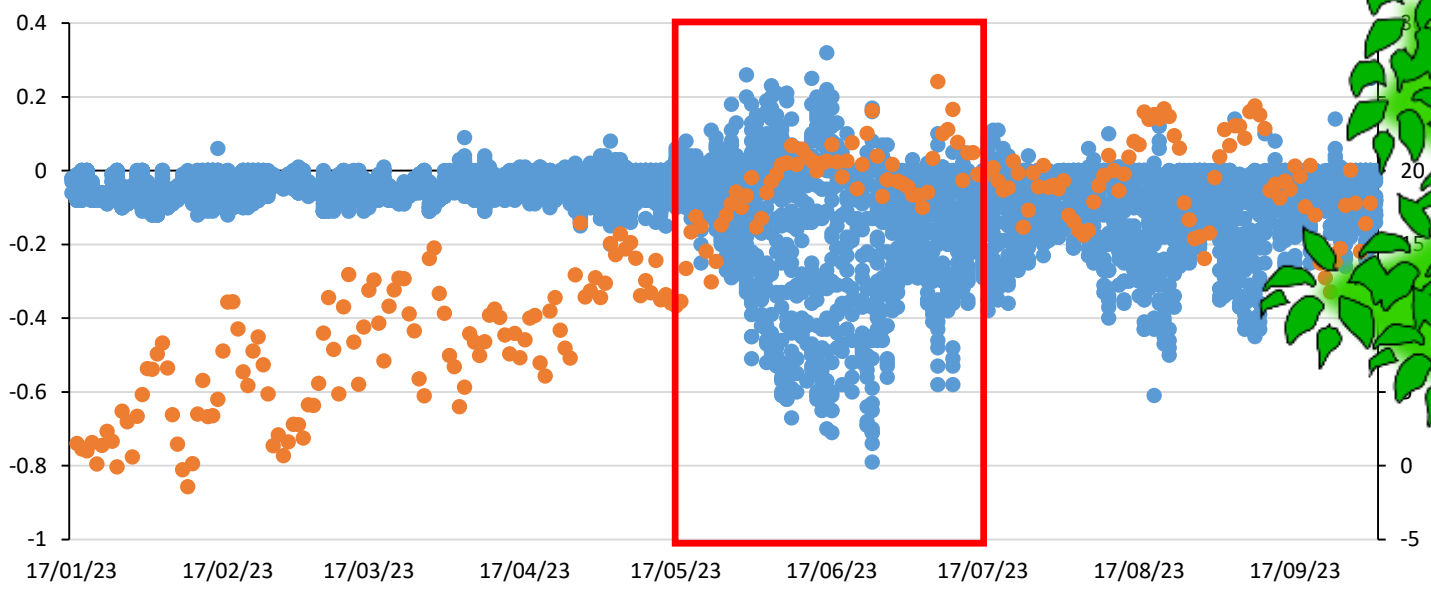


# ② Maintien de l'humidité de l'air

## Site de Quincey (10)

Différence de VPD entre le pied de l'arbre et le champ (kPa)

Température de l'air (°C)



Le déficit de pression de vapeur de l'air est toujours plus faible près de l'arbre

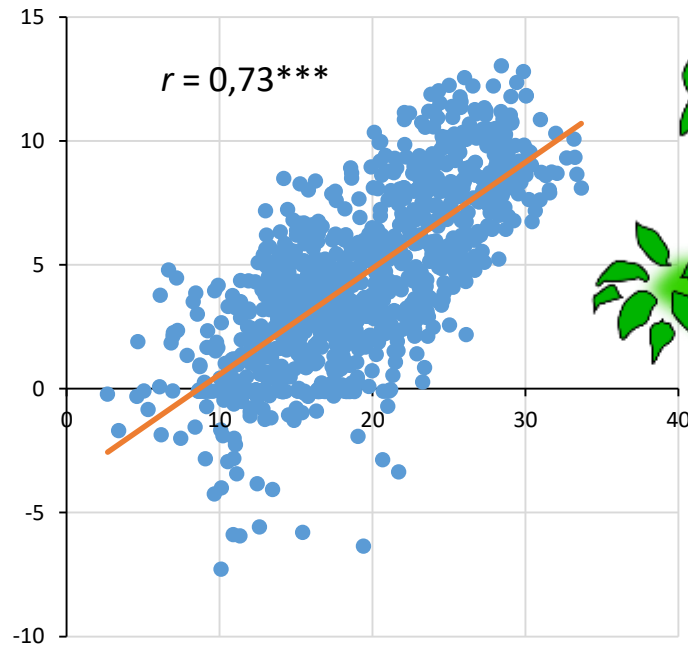
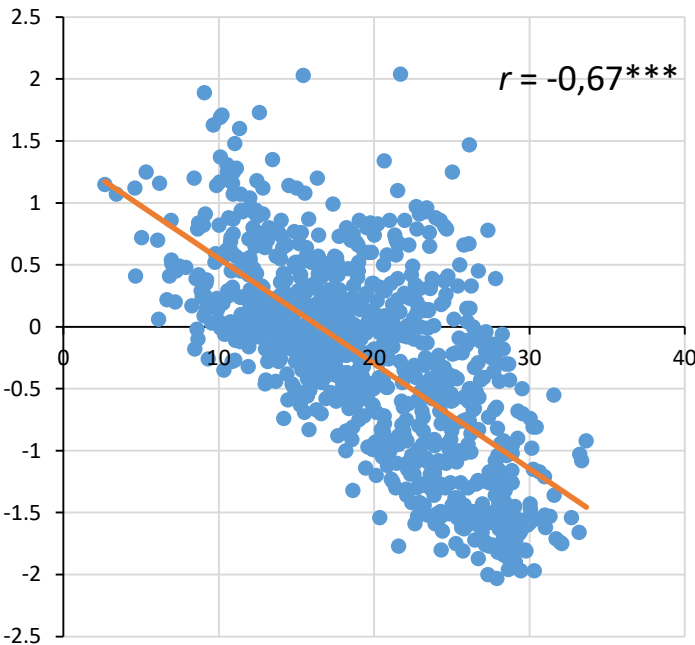
L'effet est exacerbé au printemps



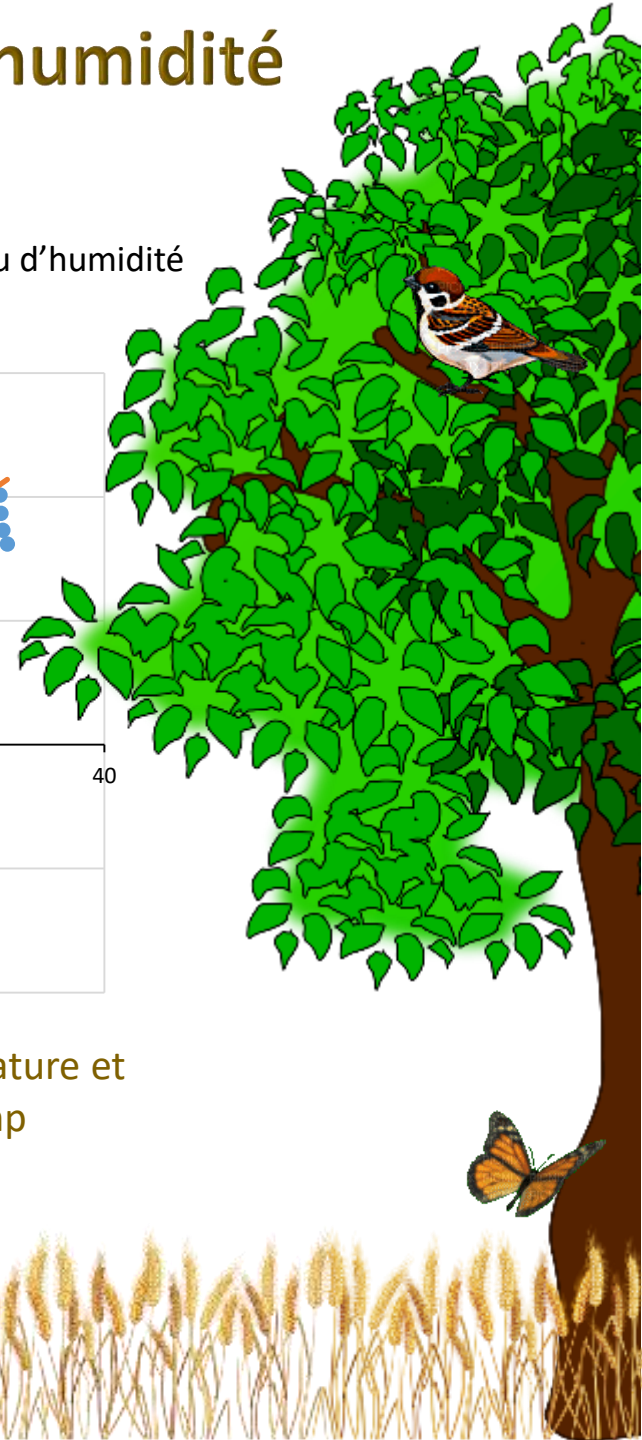
# ① et ② Tampon de température et d'humidité

## Site de Quincey (10)

Relation entre la différence Arbre – Champ de température de l'air (°C, à gauche) ou d'humidité de l'air (% , à droite) et la température de l'air (°C)



Au printemps, plus il fait chaud, plus l'arbre réduit la température et augmente l'humidité de l'air, par rapport au plein champ

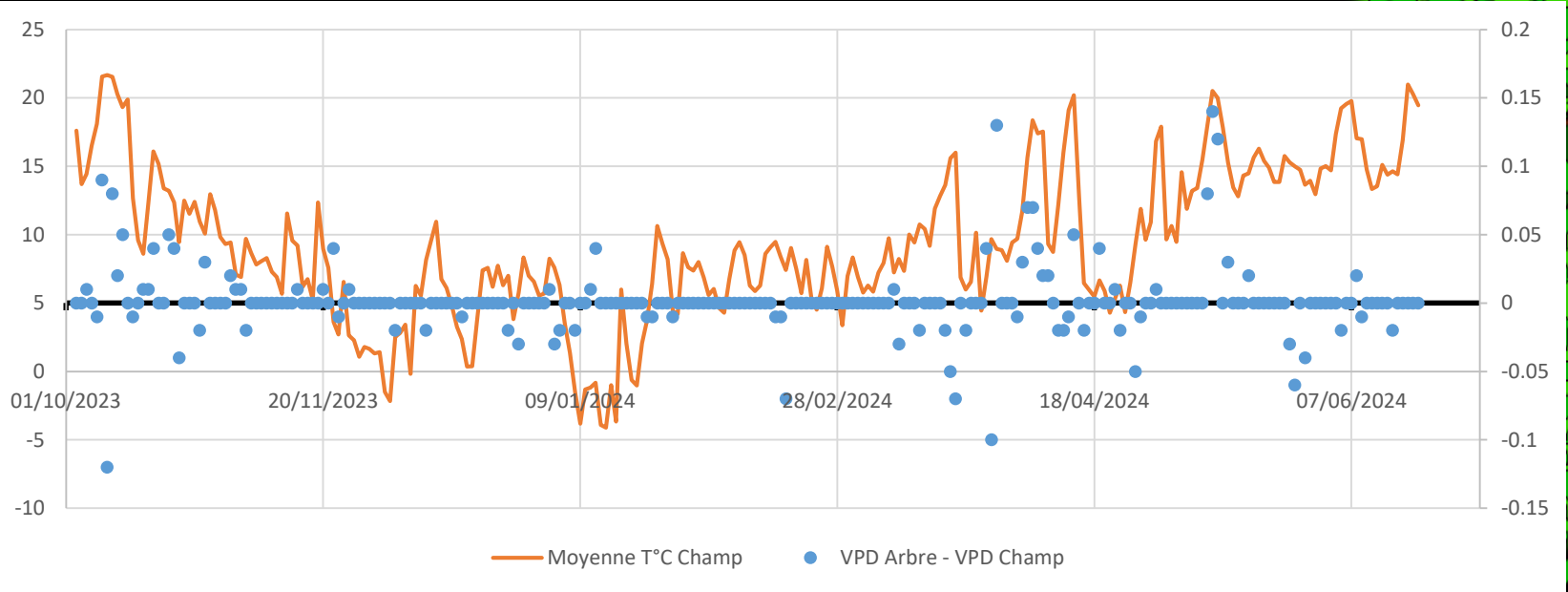


# ② Maintien de l'humidité de l'air

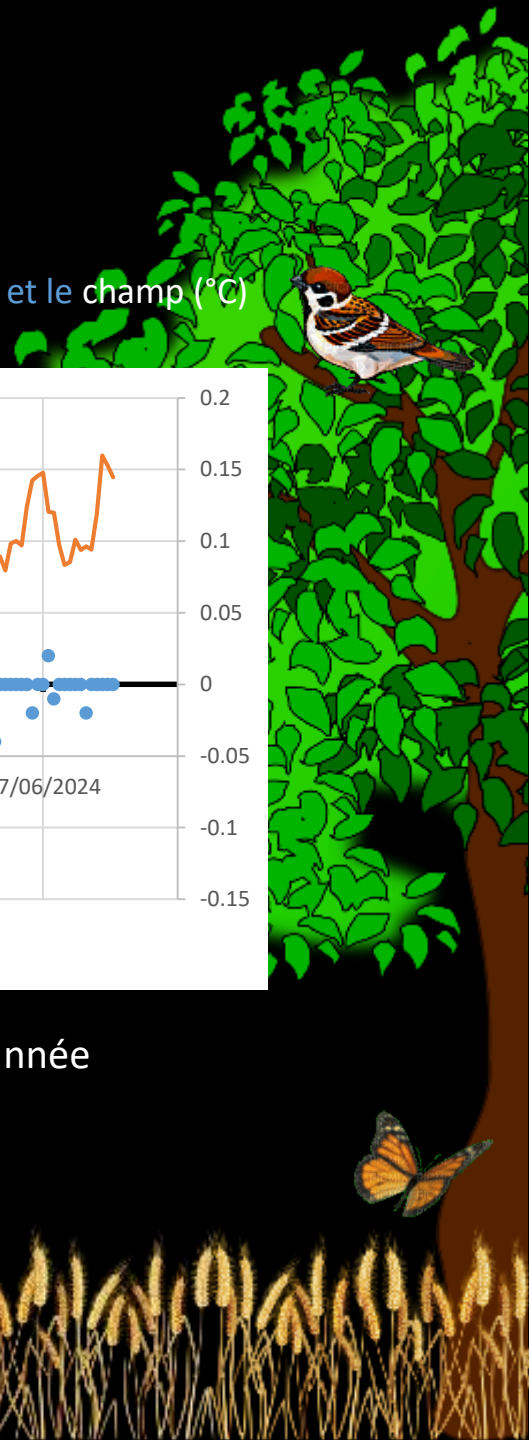
Site de Monthureux (88)

Différence de VPD entre le pied de l'arbre et le champ (°C)

Température de l'air (°C)



Peu de différences entre l'arbre et le champ en comparaison de l'année 2023 au site de Quincey



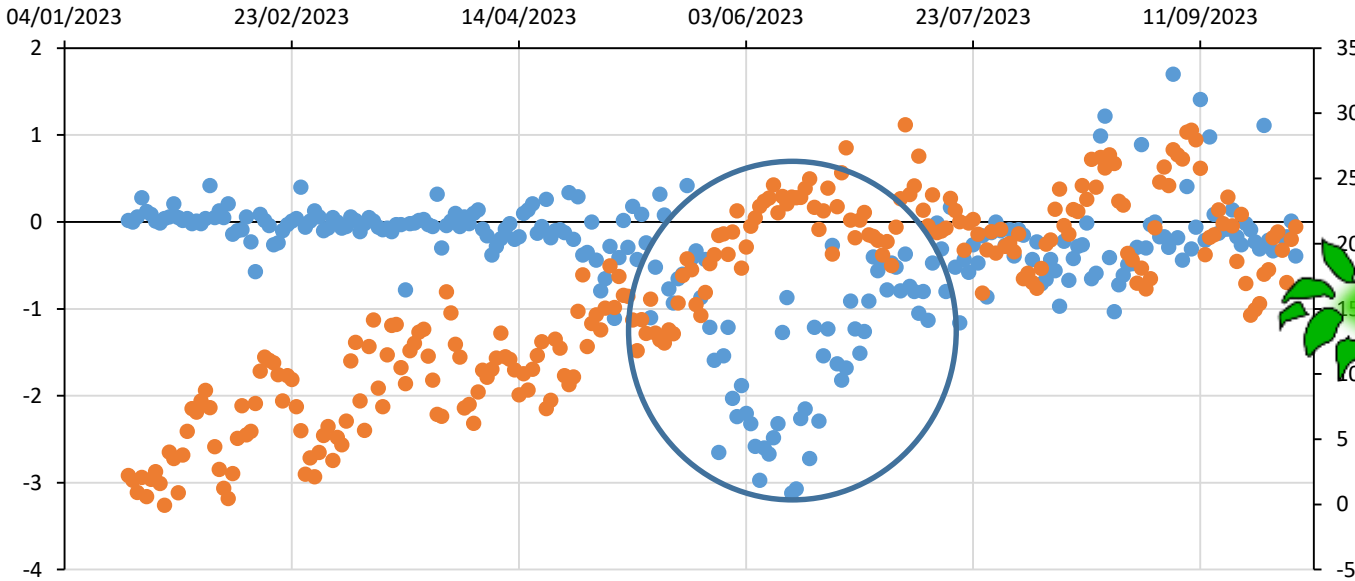
# ③ Atténuation des amplitudes

## Site de Quincey (10)



Différence d'amplitude diurne de température entre le pied de l'arbre et le champ (°C)

Température de l'air (°C)



Transitoirement, lors du réchauffement printanier / de la reprise de végétation de l'arbre, la température journalière varie beaucoup moins près de l'arbre

Cet effet s'estompe lorsque la température de l'air reste forte pendant l'été

➔ Effet tampon de l'arbre transitoire lorsque sa croissance ralentie

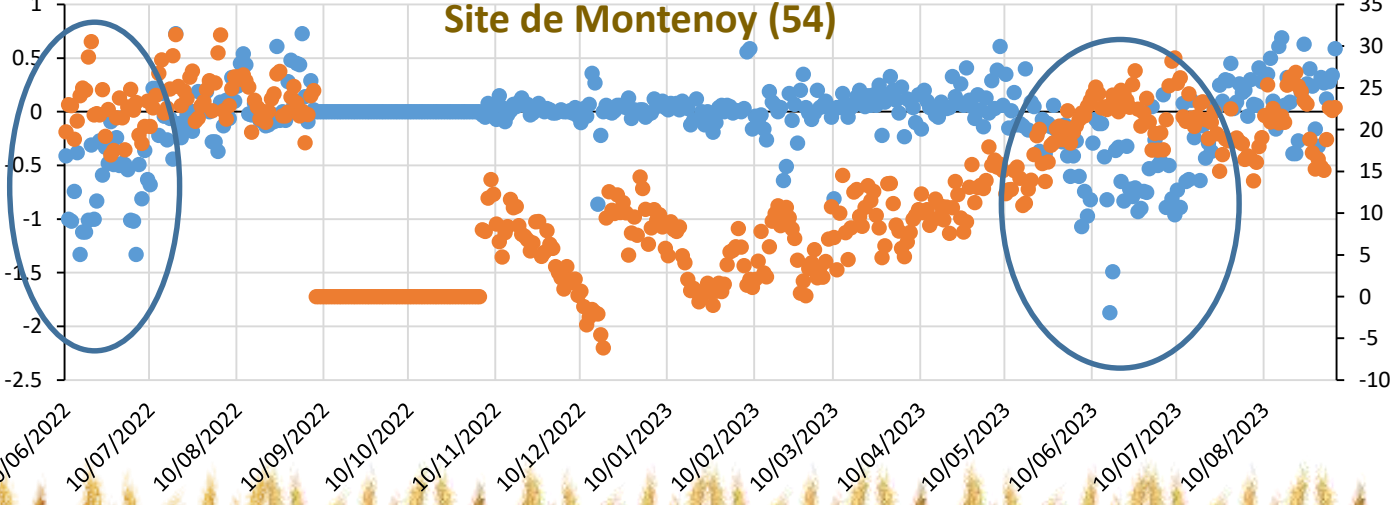
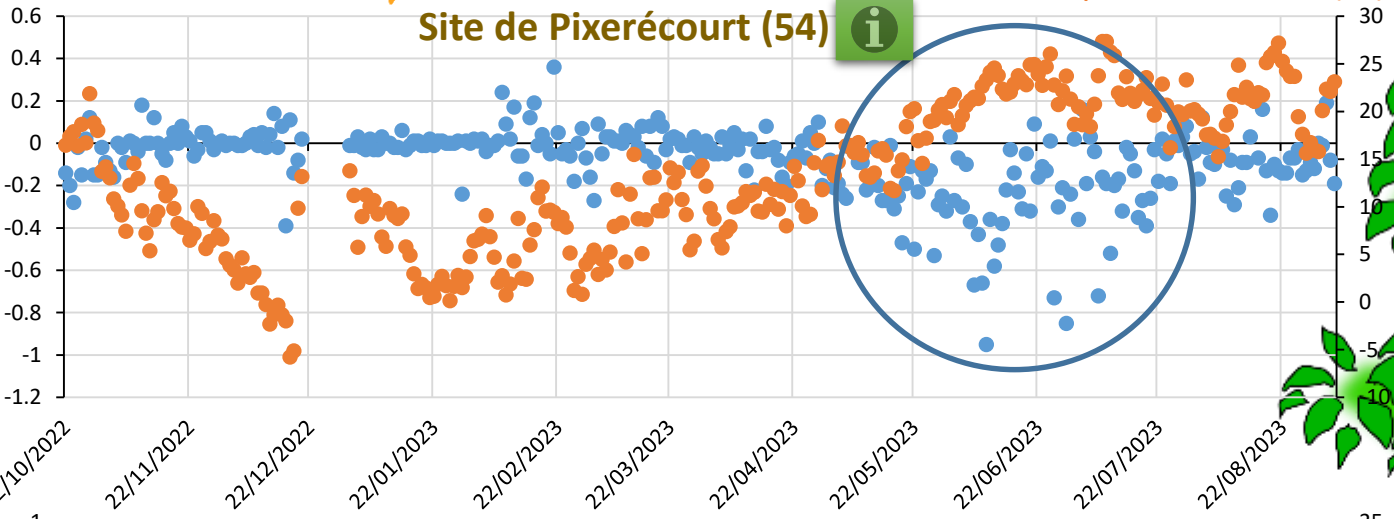


# ③ Atténuation des amplitudes



Différence d'amplitude diurne de température entre le pied de l'arbre et le champ (°C)

Température de l'air (°C)



Effet similaire aux autres sites...

... Dans une moindre mesure car arbres moins touffus

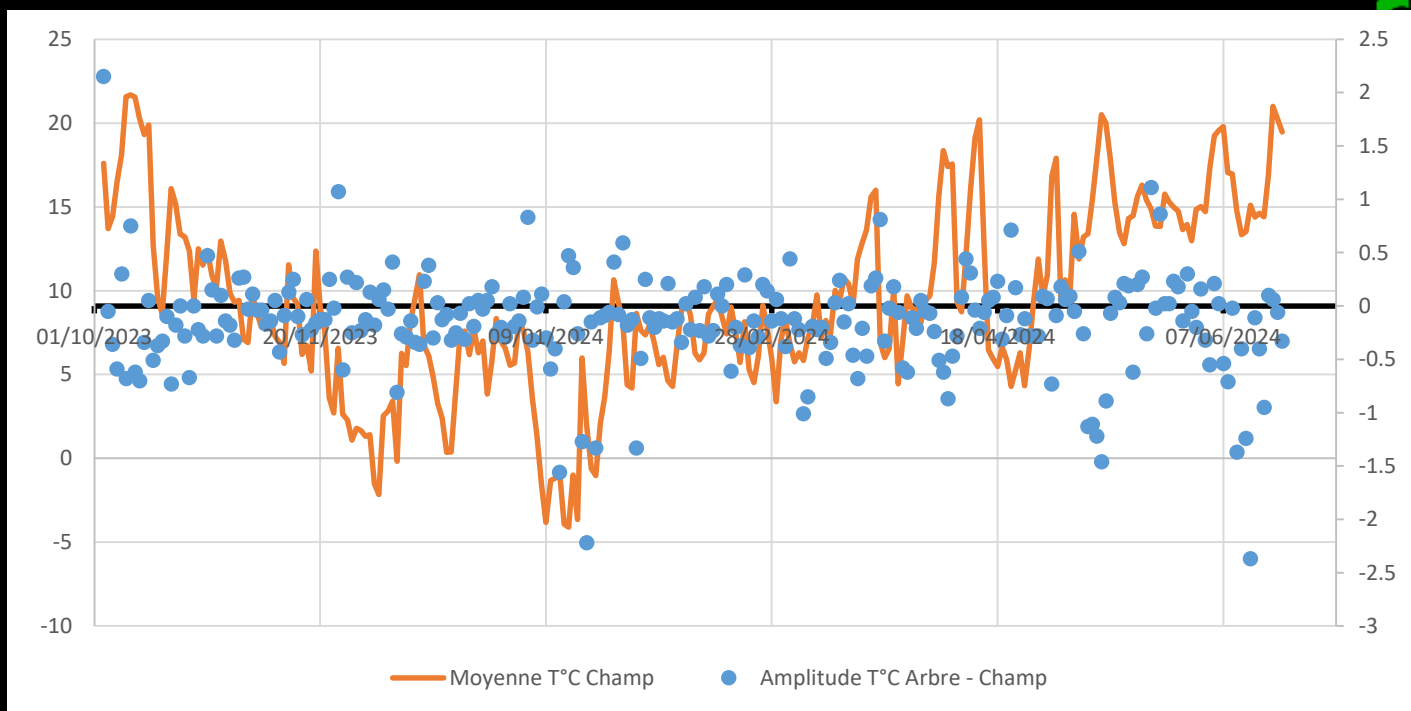


# ③ Atténuation des amplitudes

## Site de Monthureux (88)

Différence d'amplitude diurne de température entre le pied de l'arbre et le champ (°C)

Température de l'air (°C)



Plutôt une tendance à une amplitude de variation de températures plus faible au pied de l'arbre que dans le champ (valeurs négatives)  
Mais effet peu marqué pour l'instant en 2024





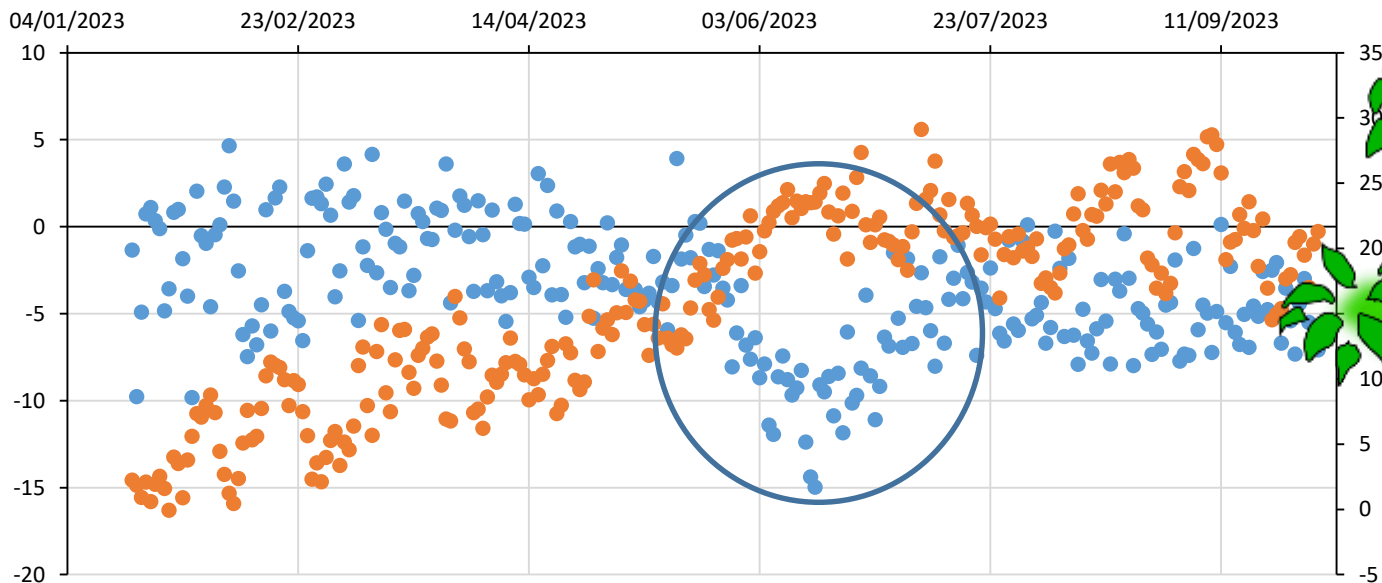
# ③ Atténuation des amplitudes

## Site de Quincey (10)



Différence d'amplitude diurne d'humidité de l'air entre le pied de l'arbre et le champ (%)

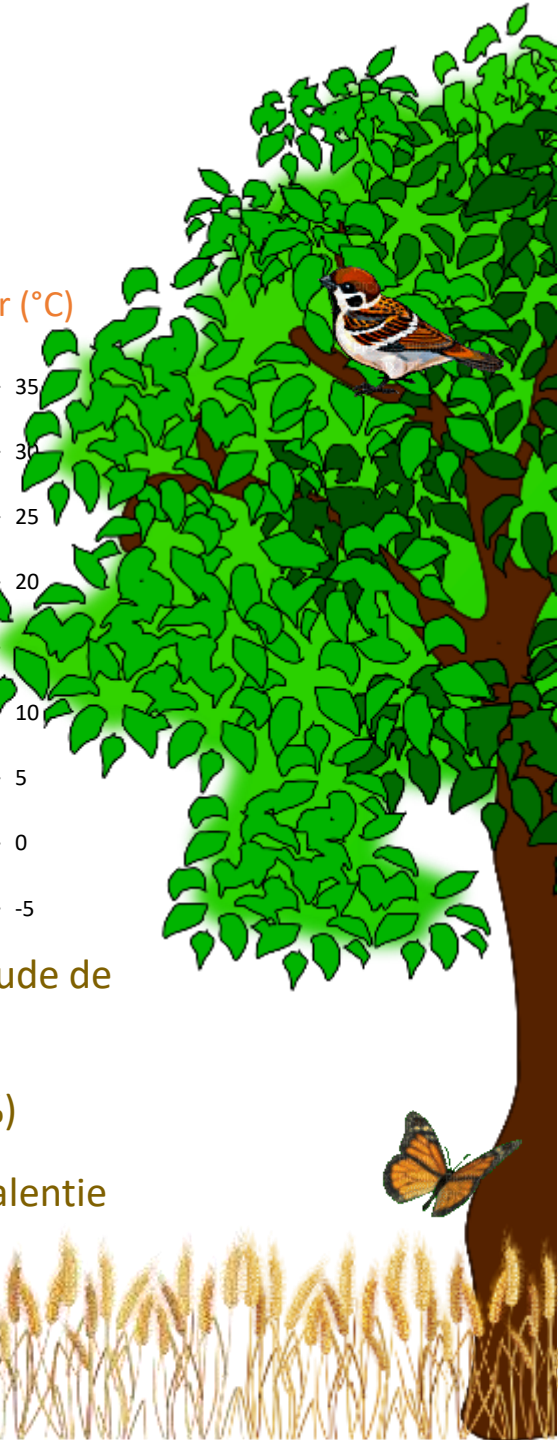
Température de l'air (°C)



Même effet pour m'humidité de l'air : beaucoup moins d'amplitude de variation journalière près de l'arbre en juin

Mais l'effet tampon de l'arbre reste vrai toute l'année (~5%)

➔ Effet tampon de l'arbre qui s'atténue lorsque sa croissance ralentie

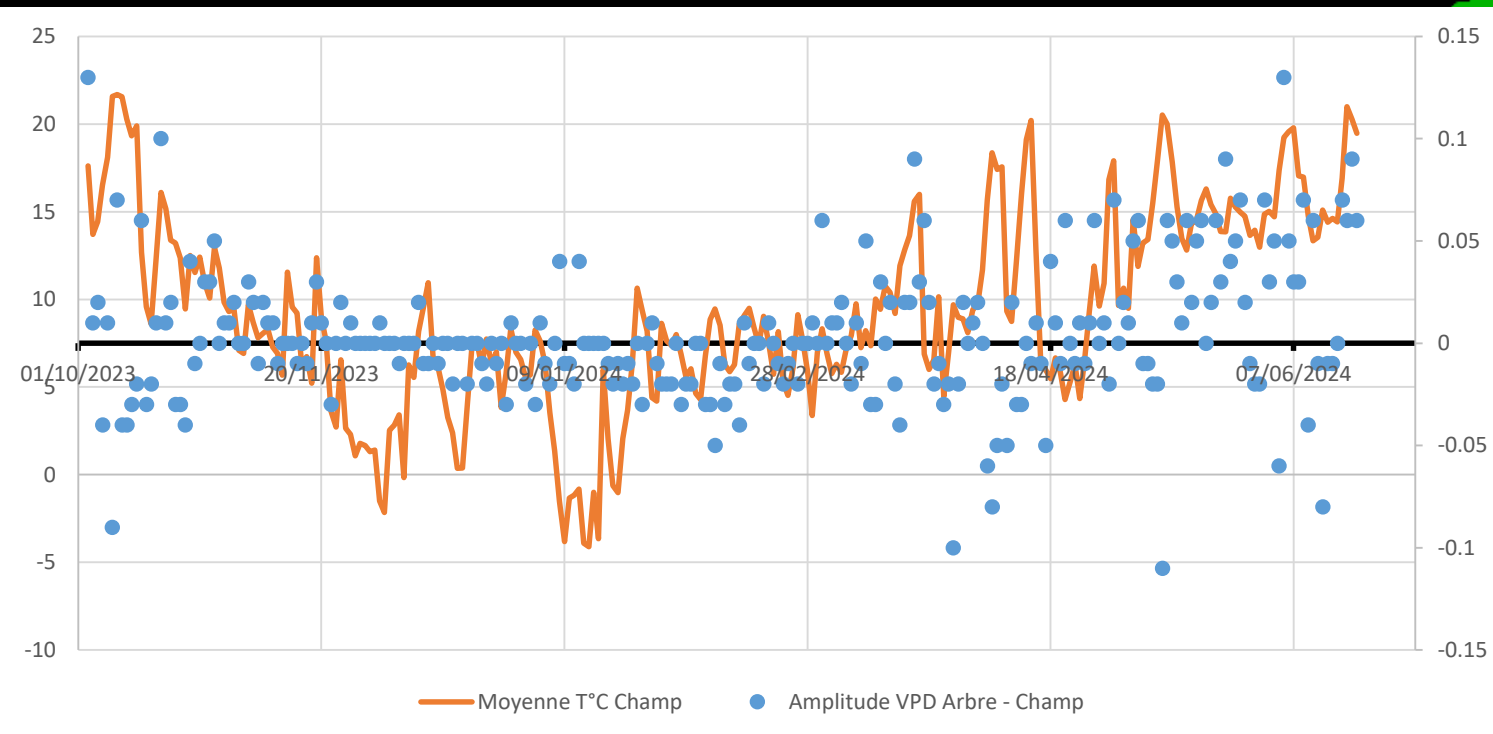


# ③ Atténuation des amplitudes

## Site de Monthureux (88)

Différence d'amplitude diurne de VPD entre le pied de l'arbre et le champ (kPa)

Température de l'air (°C)

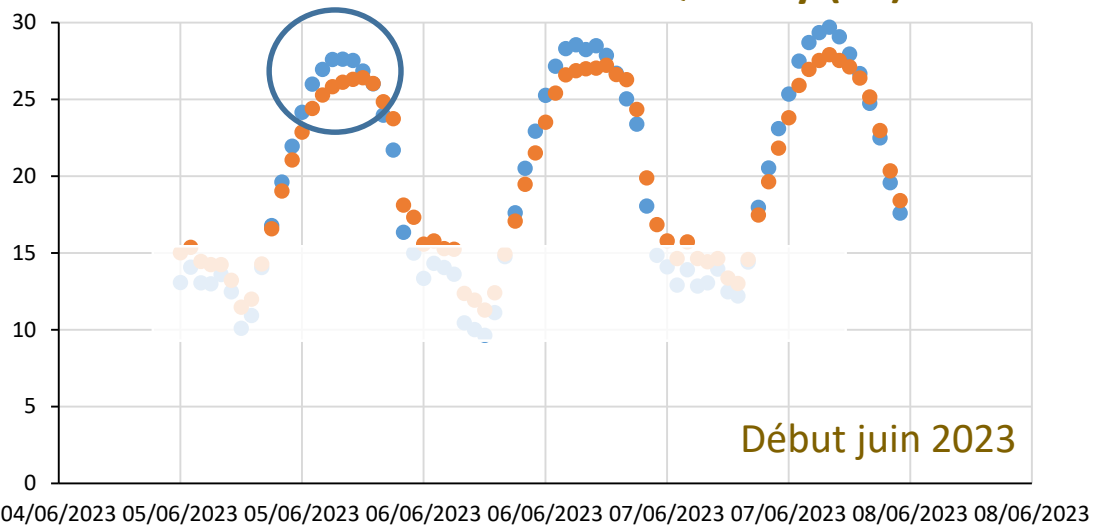


Différence d'amplitude de variation diurne du VPD entre l'arbre et le champ faible en 2024 (absence d'extrême thermique pour l'instant)

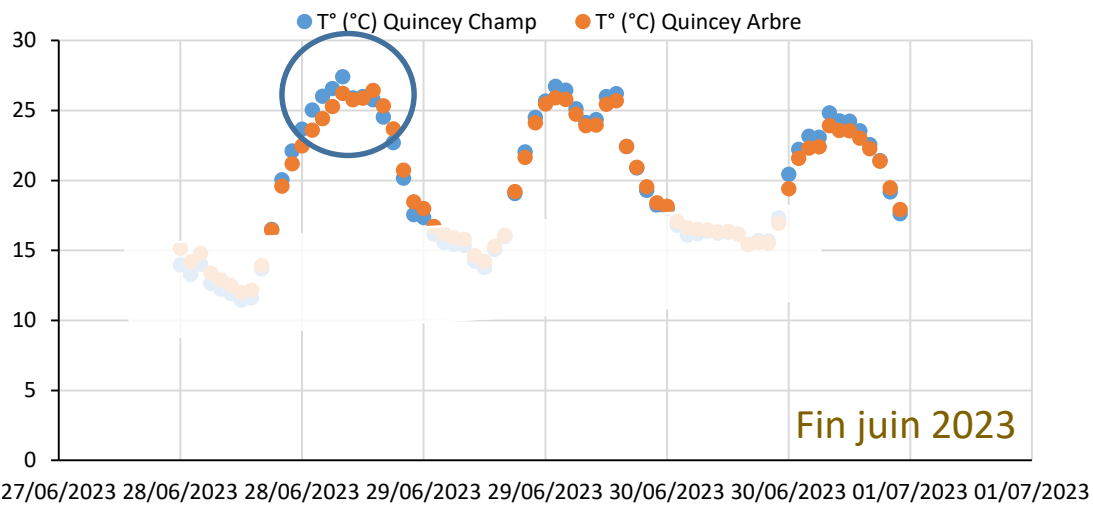


# ③ Atténuation des amplitudes

## Site de Quincey (10)

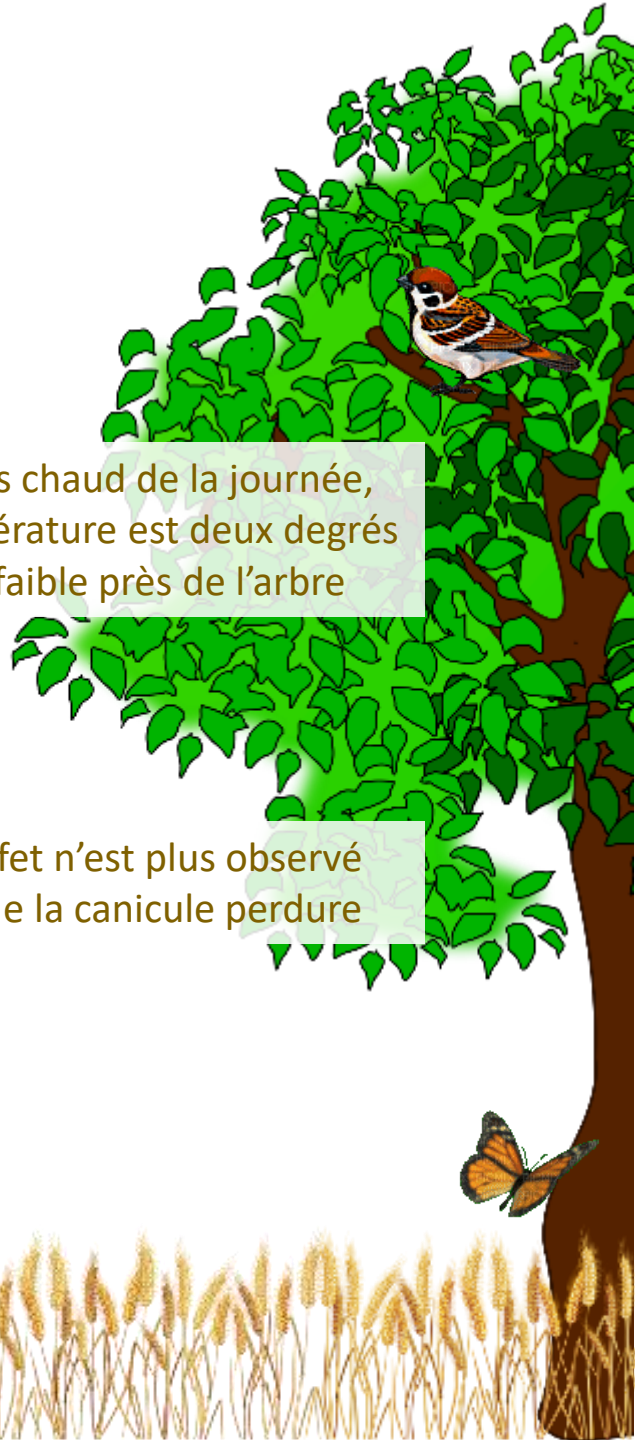


04/06/2023 05/06/2023 05/06/2023 06/06/2023 06/06/2023 07/06/2023 07/06/2023 08/06/2023 08/06/2023



27/06/2023 28/06/2023 28/06/2023 29/06/2023 29/06/2023 30/06/2023 30/06/2023 01/07/2023 01/07/2023

T° (°C) Quincey Champ T° (°C) Quincey Arbre



Au plus chaud de la journée,  
la température est deux degrés  
plus faible près de l'arbre

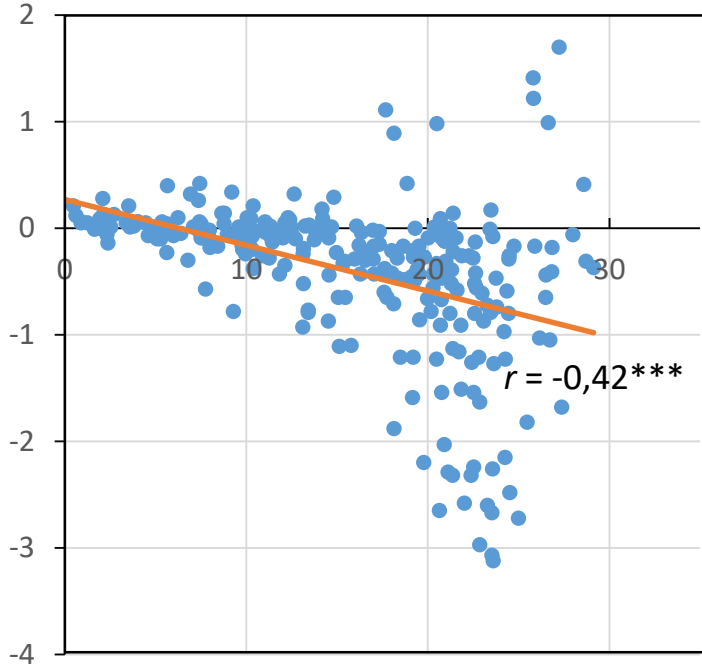
Cet effet n'est plus observé  
lorsque la canicule perdure

# ③ Atténuation des amplitudes

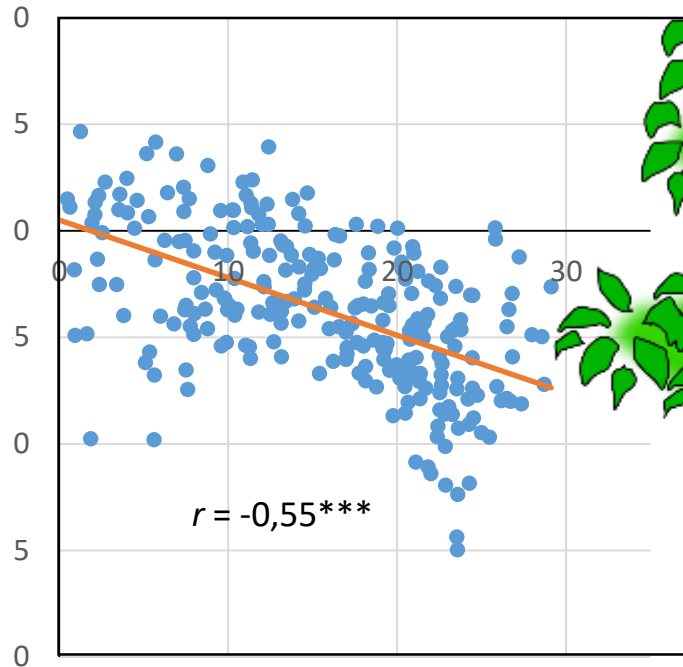
## Site de Quincey (10)

Différence d'amplitude entre l'arbre et le champ en termes :

De température (°C)

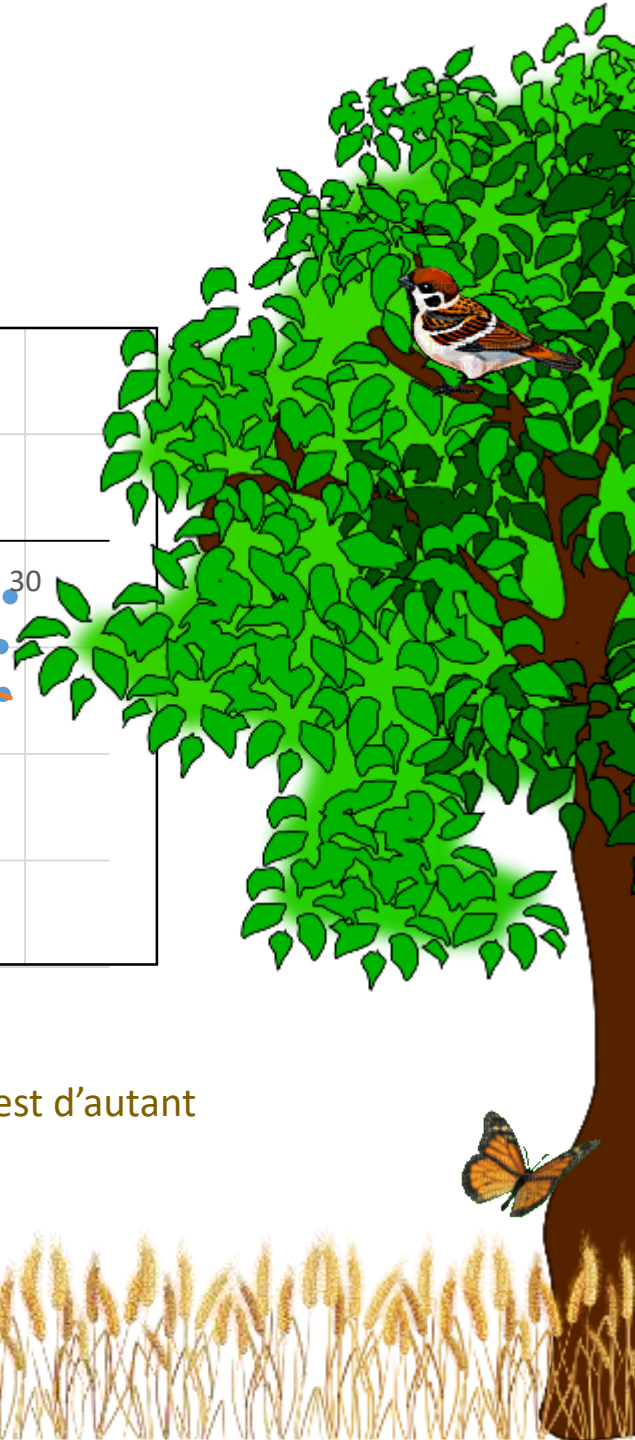


D'humidité de l'air (%)



Température journalière moyenne (°C)

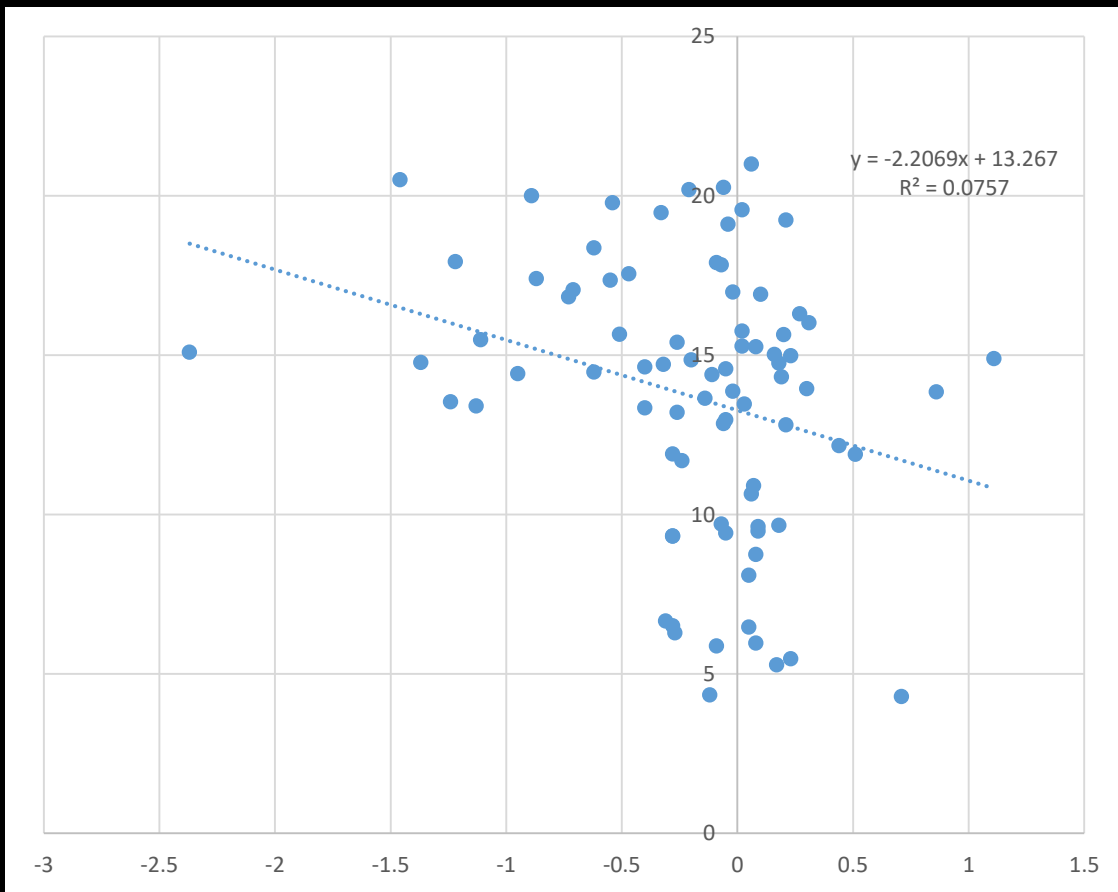
L'effet tampon de l'arbre sur les amplitudes journalières est d'autant plus fort que la température est élevée



# ③ Atténuation des amplitudes

## Site de Monthureux (88)

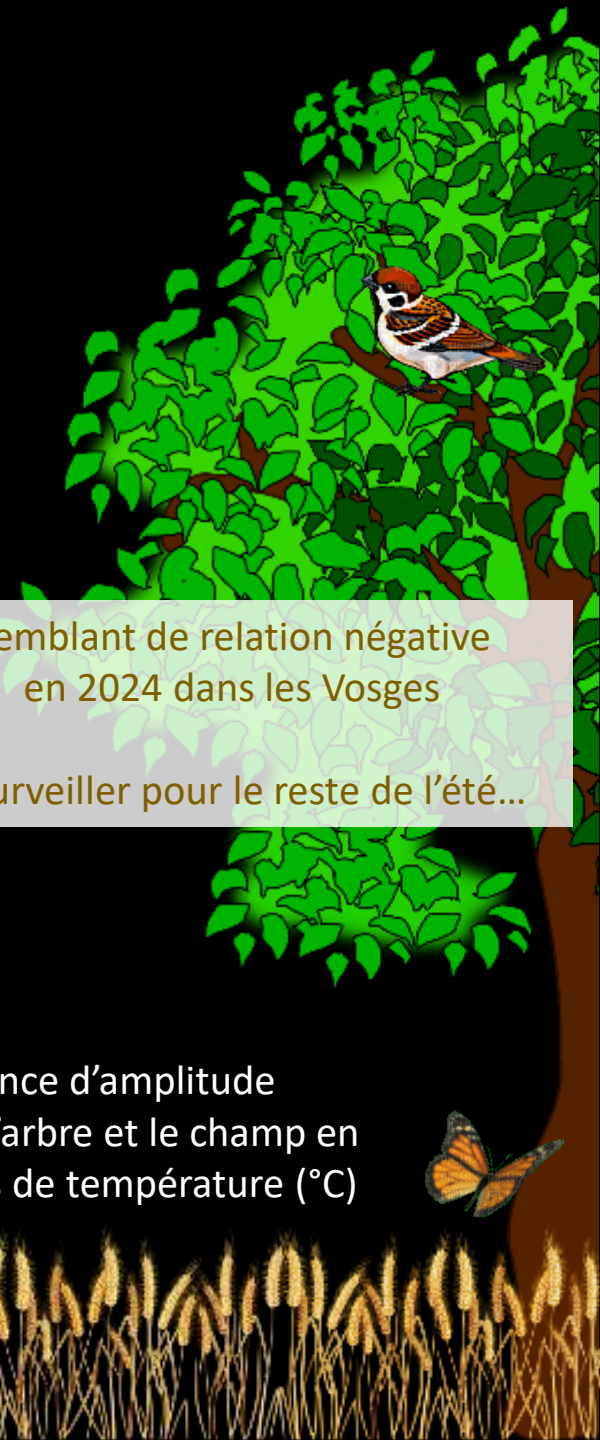
Température journalière moyenne (°C)



Semblant de relation négative  
en 2024 dans les Vosges

À surveiller pour le reste de l'été...

Différence d'amplitude  
entre l'arbre et le champ en  
termes de température (°C)



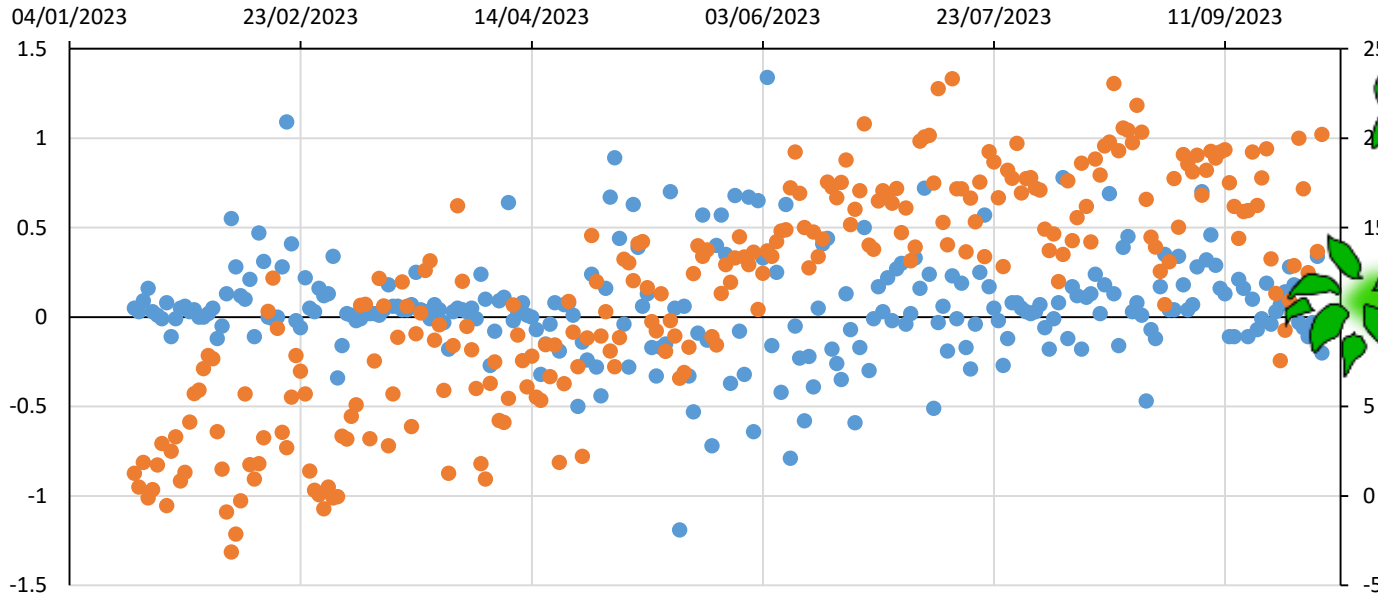
# ③ Réduction des amplitudes

## Site de Quincey (10)

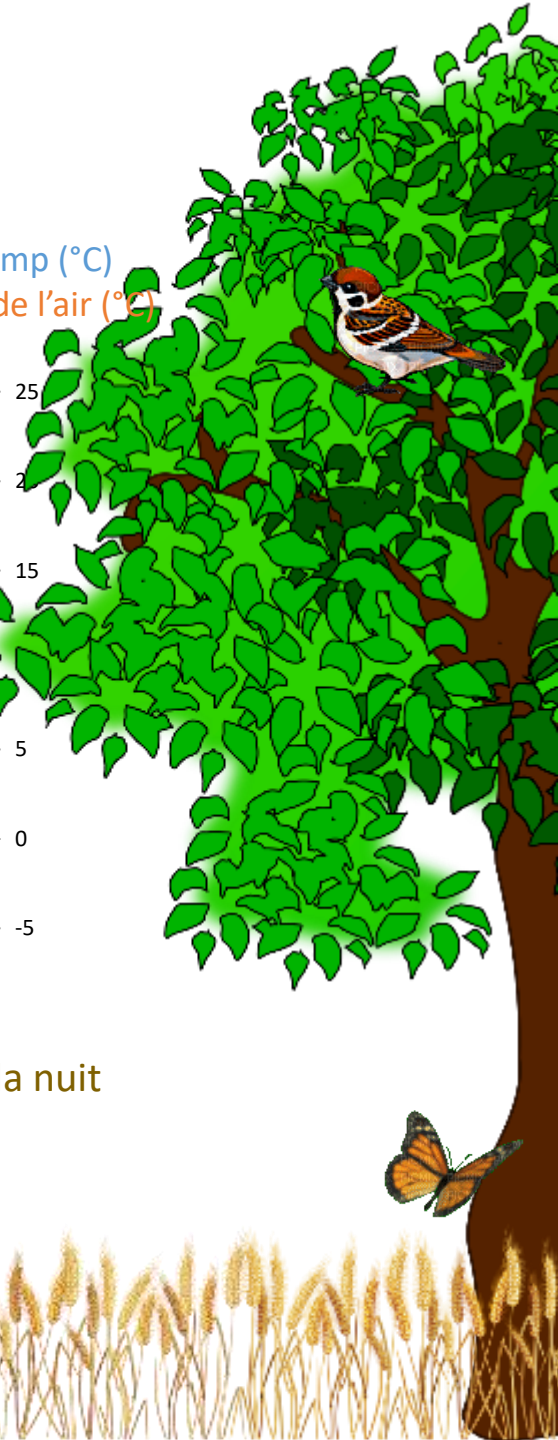


Différence d'amplitude nocturne de température de l'air entre le pied de l'arbre et le champ (°C)

Température de l'air (°C)



Rien de flagrant à propos d'une atténuation des amplitudes la nuit



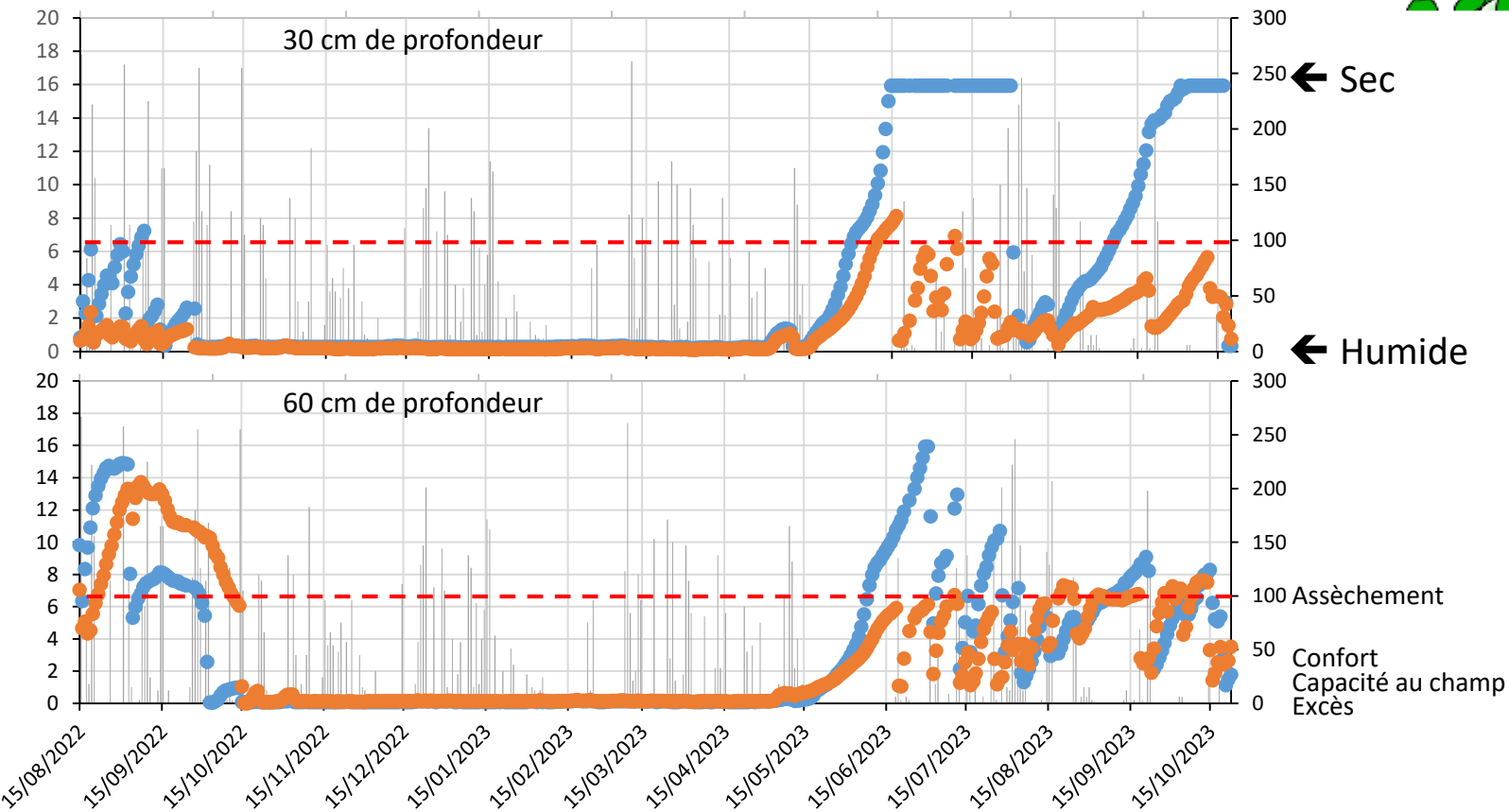
# ④ Partage optimisé de l'eau du sol

Site d'Orbigny (52)



Précipitations (mm)

Tension de l'eau dans le sol (cb) dans le champ et près de l'arbre



L'arbre accélère très fortement l'assèchement du sol en été, en surface comme en profondeur

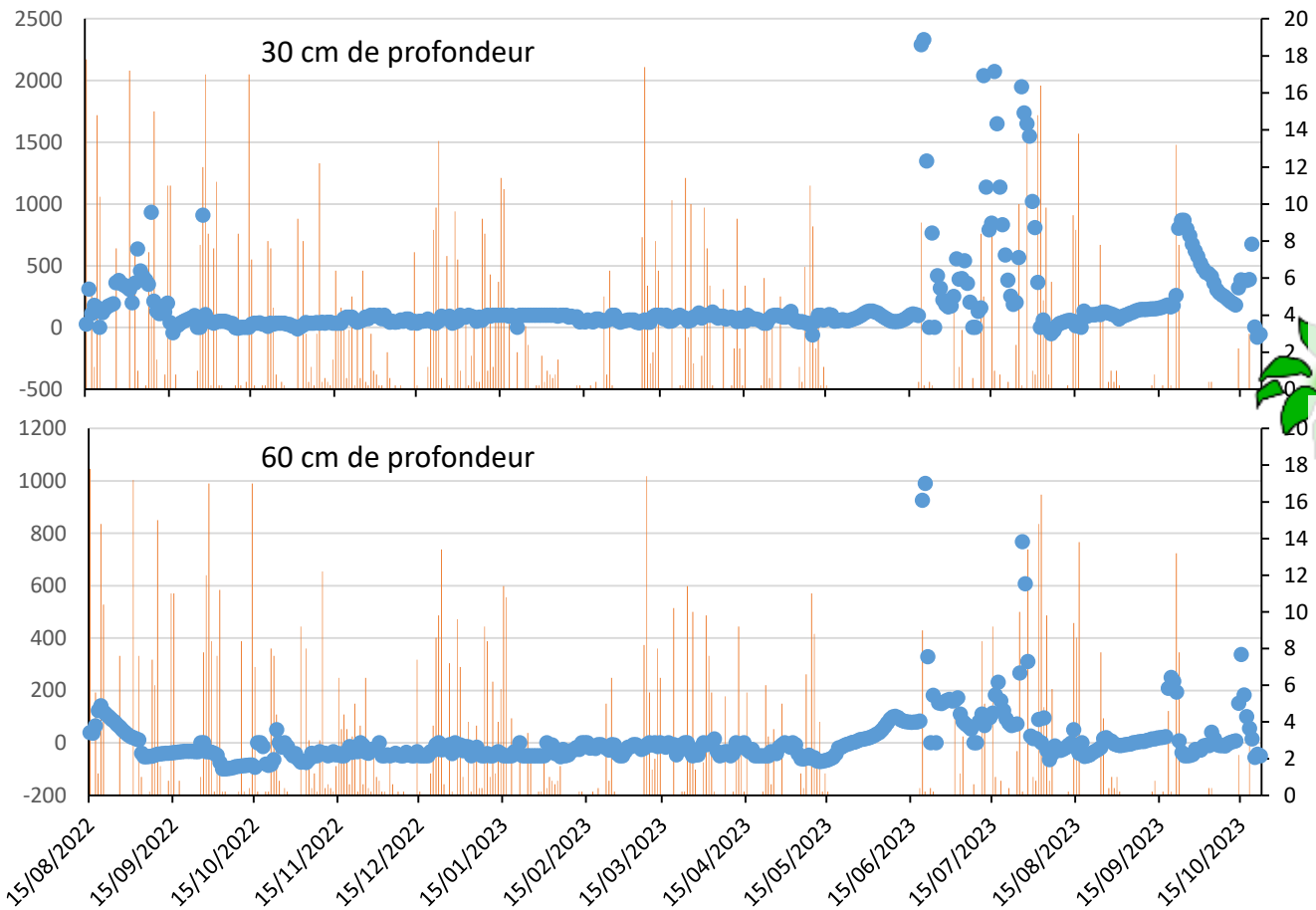


# ④ Partage optimisé de l'eau du sol

## Site d'Orbigny (52)

Différence de tension entre l'arbre et le champ (%)

Précipitations (mm)



Pendant la saison sèche, plus sec près de l'arbre, en surface comme en profondeur (mais différence beaucoup plus forte en surface → Compétition en surface ?)

Pendant la saison humide, aussi plus sec près de l'arbre (dans une moindre mesure) en surface

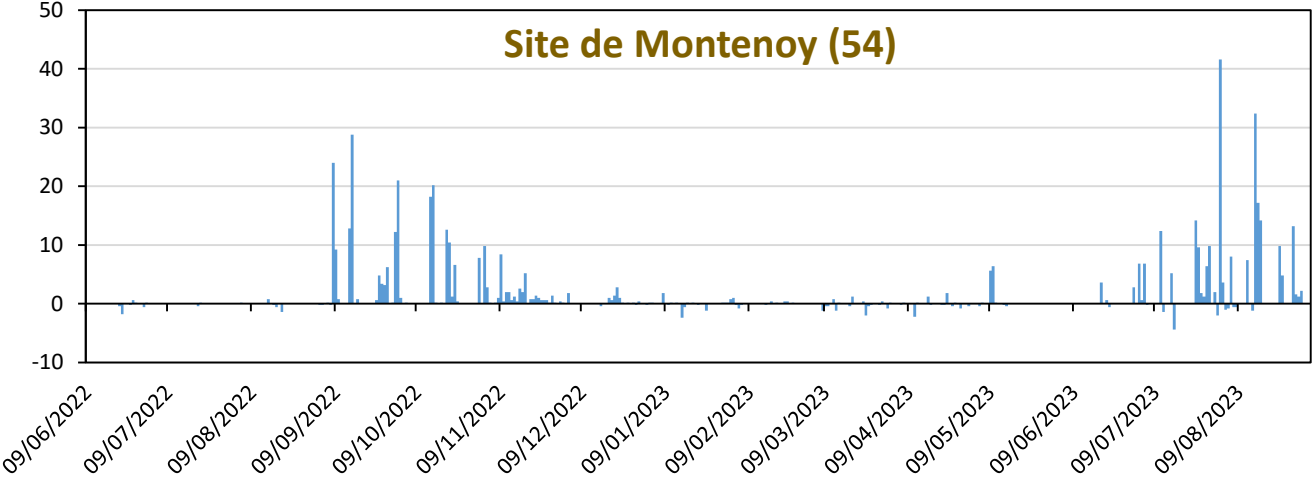
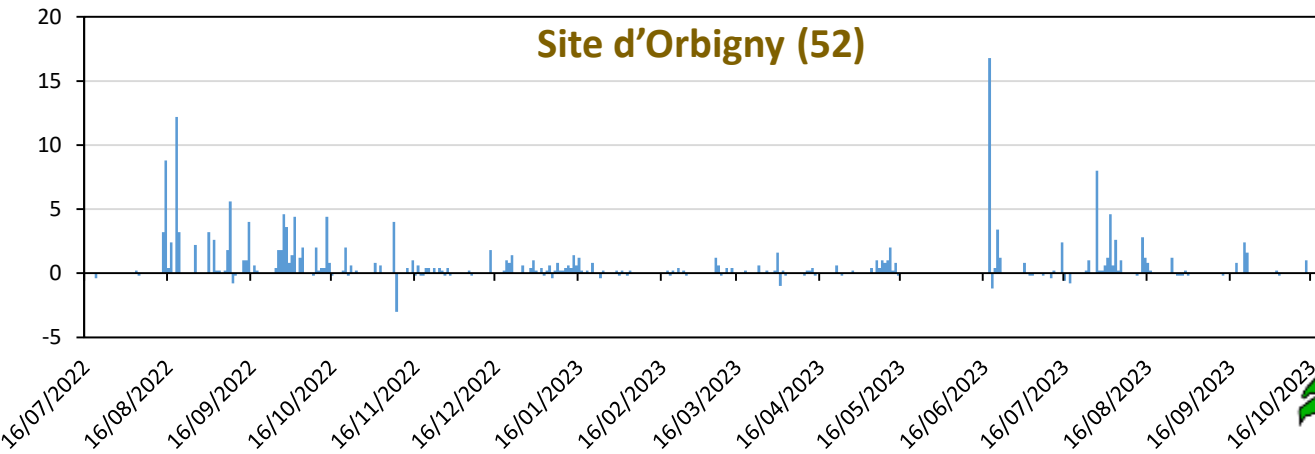
Mais plus humide près de l'arbre en profondeur → Infiltration de l'eau favorisée par l'arbre ?





# ⑤ Concentration des précipitations

Différence de précipitations entre le pied de l'arbre et le champ (mm)



Précipitations toujours plus importantes au pied de l'arbre que dans le champ

La différence peut être très importante

➔ Effet canalisateur de l'arbre ?



# Hypothèses : L'arbre va...

① Tamponner les températures extrêmes

Maintenir une humidité de l'air

②   
③ Réduire les amplitudes de variation (température et humidité)

Permettre un partage optimisé de l'eau avec la culture

④   
⑤ Concentrer les précipitations



Hypothèse générale : Dans le Grand-Est, l'arbre en milieu agricole permet de tamponner les extrêmes climatiques et d'optimiser le partage de l'eau avec la culture



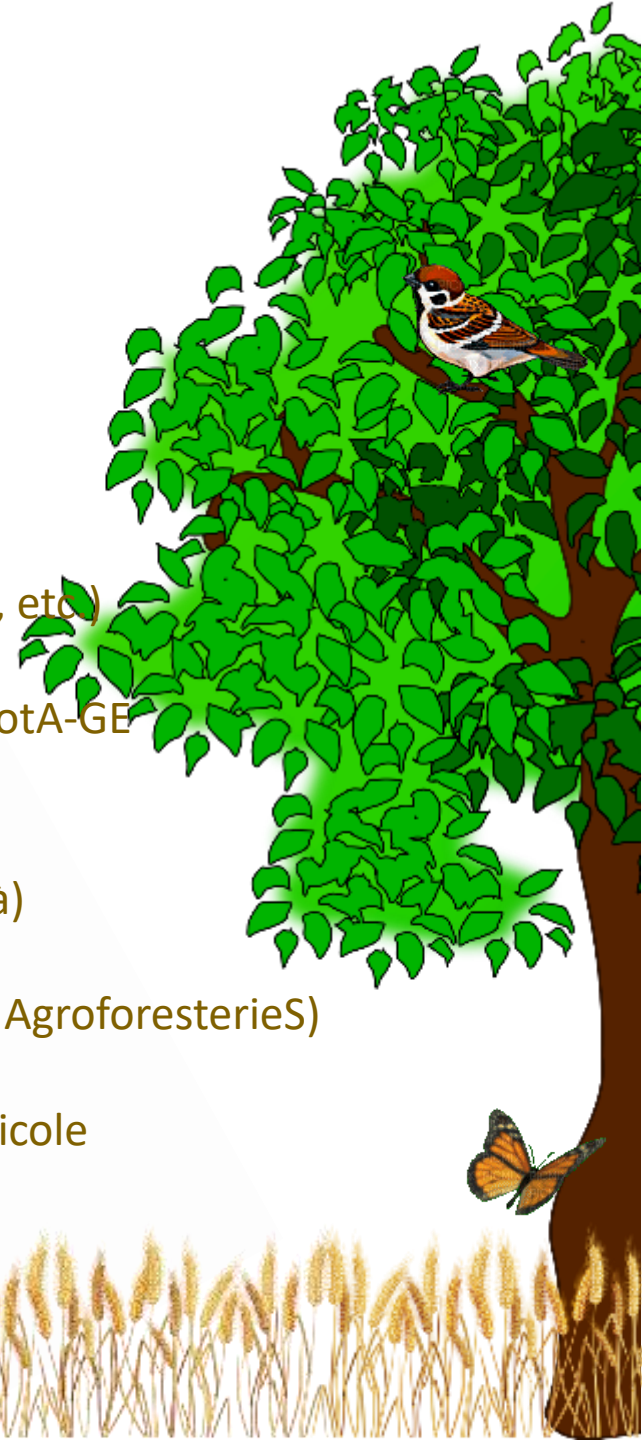
# Perspectives

## À court terme :

- S'assurer que les tendances se retrouvent en 2024 <sup>①</sup>
- Explorer ce qu'il se passe sur l'ensemble des sites <sup>②</sup>
- Associer les différences entre sites <sup>③</sup> des facteurs explicatifs (e.g. tailles des arbres, itinéraires cultureux, natures des sols, etc.)
- Tenter de calibrer les sondes <sup>④</sup> WaterMark grâce aux PR2 de PotA-GE

## À plus long terme :

- Organiser un retour vers les exploitants (du projet et au-delà) <sup>⑤</sup>
- Associer les données à un plus large réseau en France (RMT Agroforesteries)
- Valoriser les données scientifiquement et dans la presse agricole



# Page web du projet

<https://potage.hub.inrae.fr/fr-eau-mage>

- Rapports d'avancement du projet
- Séminaires présentant les résultats préliminaires
- Diaporamas présentés à diverses occasions
- Photos
- Etc.



## ◆ FR-eau-MAGE



Le projet FR-eau-MAGE (Figurer la Ressource en EAU et le Microclimat des parcelles Agroforestières du Grand-Est) est financé par l'office français de la biodiversité (OFB) sur la période 2022-2024.



**Merci !**



**Des questions ?**