

# PROPOSITION D'UN PROJET DE THÈSE A L'ÉCOLE DOCTORALE « Végétal, Animal, Aliment, Mer, Environnement »

## INFORMATIONS GÉNÉRALES

<p><b>Titre de la thèse : (F) et (GB)</b>  <b>Aptitude de différentes espèces d'arbres à réduire la chaleur en ville dans des conditions contrastées de disponibilité en eau.</b>  <b>Ability of different tree species to reduce heat in cities under contrasting conditions of water availability.</b></p>
<p><b>Acronyme : UrbanTreeCooling</b></p>
<p><b>Discipline de recherche 1 :</b> Agronomie  <b>Discipline de recherche 2 :</b> Ecologie</p>
<p><b>Trois mots-clés : (F) et (GB)</b> Arbre, urbain, adaptation / Tree, urban, adaptation</p>
<p><b>Etablissement d'inscription : Institut Agro Rennes-Angers</b></p>
<p><b>Unité d'accueil : EPHor Environnement Physique de la plante Horticole</b></p>
<p><b>Nom, prénom du directeur-riche de thèse (HDR indispensable) : Pierre-Emmanuel Bournet</b>  <b>Adresse courriel : Pierre-Emmanuel.Bournet@institut-agro.fr</b>  <b>Nom, prénom du co-directeur-riche (le cas échéant) (HDR indispensable) :</b>  <b>Adresse courriel :</b>  <b>Nom, prénom du co-encadrant-e de thèse 1 (le cas échéant) : Sabine Demotes-Mainard</b>  <b>Adresse courriel : sabine.demotes-mainard@inrae.fr</b>  <b>Nom, prénom du co-encadrant-e de thèse 1 (le cas échéant) : Sophie Herpin</b>  <b>Adresse courriel : sophie.herpin@institut-agro.fr</b></p>
<p><b>Contact(s) (adresse postale) : 2, rue Le Nôtre 49045 ANGERS</b></p>
<p><b>Mode de recrutement (cf. Guide du recrutement)</b>          Le mode de recrutement du-de la doctorante dépend de la nature du financement du projet de thèse.</p> <p><input type="checkbox"/> Concours (CDE)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Entretien (préciser dates ouverture/ fermeture) : Ouverture 08/04/24, fermeture 15/07/24</p> <p><input type="checkbox"/> Autre (précisez) :</p>

## DESCRIPTION SCIENTIFIQUE DU PROJET DE THÈSE

### Contexte socio-économique et scientifique : (10 lignes)

La multiplication des canicules incite les villes à inclure la végétalisation dans leurs plans climat. Les arbres réduisent l'inconfort thermique grâce à l'ombrage et la transpiration qu'ils procurent. Cependant, toutes les espèces n'ont pas le même potentiel de rafraîchissement et la façon dont il évolue en cas de manque d'eau est peu connue. La thèse proposée vise ainsi à comprendre les différences de rafraîchissement entre espèces d'arbres en ville en fonction de la disponibilité en eau du sol et de leur réponse au stress hydrique. Les objectifs sont de quantifier les variations des services climatiques, d'identifier les traits architecturaux et écophysologiques expliquant ces différences, et de déterminer des indicateurs simples pour prédire ces niveaux de services. Le projet s'appuiera sur une installation expérimentale à échelle réduite ainsi que sur des données déjà acquises en ville à Paris. Les retombées attendues sont d'ordre scientifique (développement de nouvelles connaissances), opérationnelles (soutien aux politiques des villes, aide au choix des essences d'arbres) et pédagogiques (présentations en M2).

### Hypothèses et questions scientifiques (8 lignes)

Le projet de thèse s'appuiera sur les hypothèses suivantes :

1. Les services climatiques dépendent des traits architecturaux, foliaires et hydriques des arbres, des conditions microclimatiques, et de la disponibilité en eau dans le sol, certains éléments étant prépondérants.
2. La réduction des services climatiques causée par la sécheresse dépend de l'intensité et de la durée du stress appliqué mais aussi de l'espèce considérée et de sa phénologie.
3. Il est possible d'identifier des indicateurs pour caractériser le potentiel de bénéfices climatiques des espèces d'arbre

D'où découlent les questionnements scientifiques qui seront abordés dans la thèse :

1. Comment les services climatiques varient entre espèces en fonction des disponibilités en eau et des conditions climatiques ?
2. Quels sont les traits architecturaux et écophysologiques des espèces qui expliquent le mieux leurs niveaux de services dans ces situations ?
3. Peut-on, à partir de ces traits, identifier des indicateurs fiables, suffisamment simples pour être mesurés sur des arbres en ville, afin de pouvoir les tester sur une gamme d'espèces plus large ?

### Principales étapes de la thèse et démarche (10-12 lignes)

La thèse comportera quatre phases :

- De 2024 à 2027, développement des compétences transversales : appropriation et suivi de l'état de l'art, communication sous différents formats, formations, etc.
- En 2025, quantification des services climatiques de 4 espèces d'arbres pendant une saison estivale lors de déficits hydriques courts, recherche des traits spécifiques impliqués dans les services climatiques et la résilience. Campagne de mesures expérimentales.
- En 2026, comparaison du comportement de 2 espèces en confort et déficit hydrique long, pour étudier l'interaction "microclimat x statut hydrique" de l'arbre et approfondir les hypothèses issues de la phase 1. Campagne de mesures expérimentales.
- En 2027, réinterprétation des résultats des phases 2 et 3 pour définir des indicateurs quantifiant la capacité des espèces à fournir des services climatiques. Evaluation de ces indicateurs sur des données obtenues en ville dans des études antérieures (Arbres & Climat et ANR CoolTrees). Analyse de données seule. Finalisation du manuscrit de thèse

### Approches méthodologiques et techniques envisagées (4-6 lignes)

L'approche méthodologique sera basée sur deux dispositifs expérimentaux complémentaires :

- Un dispositif expérimental multi-espèces à échelle réduite comprenant 4 rues parallèles de 2,3 m de large sur 14,4 m de long, avec 4 espèces d'arbres sélectionnées. Ce dispositif permet la comparaison du comportement de différentes espèces soumises aux mêmes conditions aériennes et racinaires. Il a été mis en place dans le cadre de la thèse de D. Canonne à l'Institut Agro, et est géré par la plateforme PHENOTIC.
- Un autre dispositif expérimental à l'échelle 1 à Paris dans le cadre de l'étude Arbres & Climat, fournit des données sur 9 espèces d'arbres entre 2019 et 2022 sur les compartiments sol, arbre, atmosphère. Une première analyse des résultats est en cours (thèse de J. Thierry). Les données seront utilisées pour évaluer les indicateurs obtenus à partir du dispositif à échelle réduite sur des arbres adultes, en ville, avec des espèces communes et complémentaires.

### Compétences scientifiques et techniques requises pour le candidat

Compétences scientifiques attendues :

- Le/la candidat devra être titulaire d'un diplôme d'ingénieur ou d'un master en agronomie ou écophysologie végétale
- Des connaissances complémentaires en bioclimatologie constitueront un plus.

Compétences techniques ou transversales souhaitées :

- Connaissances en techniques de mesures environnementales (compartiment aérien, végétal et racinaire), goût pour l'expérimentation et le traitement de données,
- Lecture et écriture scientifique en anglais,
- Esprit d'initiative et sens de l'organisation

## ENCADREMENT DE LA THÈSE

<b>Nom de l'unité d'accueil :</b> EPHor Environnement Physique de la plante Horticole	<b>Nom de l'équipe d'accueil :</b> EPHor
<b>Nom du/de la directeur·rice de l'unité :</b> Patrice Cannavo	<b>Nom du/de la responsable de l'équipe :</b> Patrice Cannavo
<b>Coordonnées du/de la directeur·rice de l'unité :</b> Institut Agro 2, rue Le Nôtre 49045 ANGERS	<b>Coordonnées du/de la responsable de l'équipe :</b> Institut Agro 2, rue Le Nôtre 49045 ANGERS
<b>Directeur·rice de thèse</b> Nom, prénom : Bournet Pierre-Emmanuel Fonction : Professeur Date d'obtention de l'HDR : 2008 Employeur : Ministère de l'Agriculture Taux d'encadrement doctoral dans le présent sujet : 40% Taux d'encadrement doctoral en cours (directions et co-directions) (%) : 80% Nombre de directions/co-directions de thèse en cours : 2	

**Co-directeur-riche (le cas échéant)**

Nom, prénom :

Fonction :

Date d'obtention de l'HDR :

Employeur :

École doctorale de rattachement :

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet :

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) (%) : 80%

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours : 2

**Co-encadrant-e de thèse 1 (le cas échéant)**

Nom, prénom : Demotes-Mainard Sabine

Fonction : Chargée de recherche

Titulaire de l'HDR :  oui  non Si oui, date d'obtention de l'HDR :

Employeur : Ministère de l'agriculture/INRAE

École doctorale de rattachement : VAAME

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet : 30%

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) (%) : 30%

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours : 1

**Co-encadrant-e de thèse 2 (le cas échéant)**

Nom, prénom : Herpin Sophie

Fonction : Maitresse de conférence

Titulaire de l'HDR :  oui  non Si oui, date d'obtention de l'HDR :

Employeur : Ministère de l'Agriculture

École doctorale de rattachement : VAAME

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet : 30%

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) (%) : 60%

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours : 2

**Partenaire privé (si financement CIFRE, privé, ...)**

Nom, prénom :

Fonction :

Entreprise :

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet :

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) (%) :

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours :

### Partenaire international (si thèse en co-tutelle)

Nom, prénom :

Fonction :

Employeur :

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet :

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) (%) :

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours :

### Devenir des anciens doctorants du/de la directeur-riche et co-directeur(s)/co-encadrant(s) de thèse (depuis 5 ans)

*Compléter les informations suivantes pour chaque ancien doctorant*

Nom, prénom : Mballo Souleymane

Date de début et de fin de thèse : 01/10/2018-31/01/2022

Direction de thèse : Pierre-Emmanuel Bournet

Emploi actuel, lieu : Professeur de physique en lycée, région parisienne+ entrepreneur (secteur automobile)

Contrat (post-doc, CDD, CDI) : nc

Liste des publications issues de ce travail de thèse :

- Mballo S., Herpin S., Demotes-Mainard S., Bournet P.E. (2021) Impact of well-watered trees on the microclimate inside a canyon street scale model in outdoor environment, Urban Climate, Vol 37, 27p., <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.1>
- Herpin S., Mballo S., Thierry J., Lemesle D., Brialix L., Rodriguez F., Demotes-Mainard S., Bournet P.E. (2022) Benefits of well-watered trees on street microclimate: what is the influence of meteorological conditions? 35th annual AIC (Association internationale de Climatologie) conference, Toulouse, July 6-9. 6p.
- Demotes-Mainard S., Boukouya A., Mballo S., Dubuc B., Ledroit L., Lebras L., Lemesle D., Bournet P.E., Herpin S. (2022) Impacts of the urban environment on well-watered tree architectural development and tree climate services. IHC2022, Angers, France, August 14-20, Acta Horticulturae, 1374, 189-196 DOI: 10.17660/ActaHortic.2023.1374.24
- Herpin S., Thierry J., Mballo S., Cannavo P., Rodriguez F., Demotes-Mainard S., Bournet P.E. (2023). A new scaled outdoor facility to study street tree climate benefits, with controlled water availability 11th International Conference on Urban Climate ICUC 2023 28 August 1st September, Sydney, Australia, 2p.

Nom, prénom : Thierry Julien

Date de début et de fin de thèse : 01/03/2021-29/02/2024

Direction de thèse : Pierre-Emmanuel Bournet

Emploi actuel, lieu : chercheur IRSTV, Nantes

Contrat (post-doc, CDD, CDI) : CDD

Liste des publications issues de ce travail de thèse :

- Thierry J., Herpin S., Levi R., Canonne D. Demotes-Mainard S. Cannavo P., Rodriguez F., Bournet P.E. (2024) Impact of a water restriction on the summer climatic benefits of trees inside an outdoor canyon street scale model, *Building and environment*, accepted.
- Herpin S., Thierry J., Mballo S., Cannavo P., Rodriguez F., Demotes-Mainard S., Bournet P.E. (2023). A new scaled outdoor facility to study street tree climate benefits, with controlled water availability 11th International Conference on Urban Climate ICUC 2023 28 August 1st September, Sydney, Australia, 2p.
- Thierry J., Herpin S., Rodriguez F., Renard M., Gantois M., Bournet P.E. (2023) An insitu experiment in Paris to monitor street trees physiological response and climatic benefits during heatwaves and drought spells. 11th International Conference on Urban Climate ICUC 2023 28 August 1st September, Sydney, Australia, 2p.
- Thierry J., Herpin S., Maturana L., Demotes-Mainard S., Rodriguez F., Cannavo P., Bournet P.E. (2022) Impact of a moderate water stress on the climatic services provided by street trees: an experimental study inside an outdoor canyon street scale model. 35<sup>th</sup> annual AIC (Association internationale de Climatologie) conference, Toulouse, July 6-9. 6p.
- Herpin S., Mballo S., Thierry J., Lemesle D., Brialix L., Rodriguez F., Demotes-Mainard S., Bournet P.E. (2022) Benefits of well-watered trees on street microclimate: what is the influence of meteorological conditions? 35th annual AIC (Association internationale de Climatologie) conference, Toulouse, July 6-9. 6p.
- Thierry J., Herpin S., Rodriguez F., Renard M. Gantois M., Bournet P.E. (2022) Climatic benefits of street trees on the microclimate and thermal comfort: an in-situ experiment in Paris, IHC2022, Angers, France, August 14-20, *Acta Horticulturae*, 1374, 197-204 DOI: 10.17660/ActaHortic.2023.1374.25.

**Publications majeures des 5 dernières années du/de la directeur-riche de thèse et co-directeur(s)/co-encadrant(s) sur le sujet de thèse :**

- Bouhoun Ali H., Bournet P.-E., Cannavo P., Chantoiseau E. (2018). Development of a CFD crop submodel for simulating microclimate and transpiration of ornamental plants grown in a greenhouse under water restriction. *Computers and Electronics in Agriculture*. 146:26-40 <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.06.021>
- Bouhoun Ali H., Bournet P.E., Cannavo P., Chantoiseau E. (2019). Using CFD to improve the irrigation strategy for growing ornamental plants inside a greenhouse. *Biosystems Engineering*, Elsevier, 186:130-145. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.06.021>.
- Bournet P.E., Rojano F. (2022) Advances of Computational Fluid Dynamics (CFD) applications in agricultural building modelling: research, applications and challenges, *Computers and Electronics in Agriculture*, 201(5):107277. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107277>.
- Demotes-Mainard, S., S. Herpin, A. Boukouya, S. Mballo, B. Dubuc, Ledroit L., Le Lebras C., Lemesle D., Bournet P.E. (2023) Impacts of the urban environment on well-watered tree architectural development and tree climate services. *Acta Horticulturae*, 1374, pp.189-196. (10.17660/ActaHortic.2023.1374.24). (hal-04283218)
- Fatnassi H., Bournet P.E., Boulard T., Roy J.C., Molina-Aiz F.D., Zaaboul R. (2023) Use of Computational Fluid Dynamic tools to model the coupling of plant canopy activity and climate in greenhouses and closed plant growth systems: a review., *Biosystems Engineering*, 230: 388-408. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2023.04.016>
- Mballo, S., Herpin, S., Manteau, M., Demotes-Mainard, S., & Bournet, P. E. (2021). Impact of well-watered trees on the microclimate inside a canyon street scale model in outdoor environment. *Urban Climate*, 37, 100844. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100844>.
- Thierry J., Herpin S., Rodriguez F., Renard M. Gantois M., Bournet P.E. (2022) Climatic benefits of street trees on the microclimate and thermal comfort: an in-situ experiment in Paris, IHC2022, Angers, France, August 14-20, *Acta Horticulturae*, 10.17660/ActaHortic.2023.1374.25

## FINANCEMENT DE LA THÈSE

<b>Origine(s) du financement de la thèse : Angers Loire Métropole</b>
<b>Salaire brut mensuel : 2460 €</b>
<b>État du financement de la thèse : Une partie acquise (cofinancement) : financement de l'environnement de thèse</b>
<b>Date du début/durée du financement de la thèse</b> (Au format JJ/MM/AA, pour renseigner le contrat) : <b>01/10/2024</b>

**Date : 5 avril 2024**

**Nom, signature du/de la directeur-riche d'unité : Patrice Cannavo**



**Nom, signature du/de la responsable de l'équipe : Patrice Cannavo**



**Nom, signature du/de la directeur-riche de thèse : Pierre-Emmanuel Bournet**



**Toutes les rubriques de ce document doivent être remplies.**

**Une fois complété, merci d'enregistrer ce document au format PDF avec le nom suivant :  
Nom du Directeur thèse\_Unité\_Acronyme du sujet\_FR.pdf  
Transmettre également la version Word pour faciliter la remise en page si besoin (vous pouvez supprimer les lignes inutiles).**

**Documents à transmettre à : [ed-vaame@doctorat-paysdelaloire.fr](mailto:ed-vaame@doctorat-paysdelaloire.fr)**