RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

INRAE

Cahier des Charges pour l'acquisition et la livraison de 64 capteurs

« Forêt connectée »

Réalisation de mesures en continu de la densité de flux de photons photosynthétiques (PPFD) transmise par la canopée forestière

1 - Contexte et objectifs

Dans le cadre d'un Contrat Plan Etat Région (CPER), l'UR écologie des Forêts Méditerranéennes (UR FM) équipe son **site d'étude à long terme de Font-Blanche** (Bouches-du-Rhône) de matériels de mesure permettant d'étudier la réponse des forêts méditerranéennes au changement climatique, et en particulier des sécheresses. Ce site est labellisé ICOS classe 2 depuis 2022 (Integrated Carbon Observation System, https://www.icos-cp.eu/). Ceci implique l'**application stricte de protocoles et de standards de mesures**. Le respect de ces standards est fondamental pour garantir la qualité des mesures dans la durée, les comparaisons entre sites, les synthèses aux échelles européenne et mondiale, et est obligatoire pour conserver le label ICOS. Ces protocoles et standards ont été publiés dans des documents techniques, dénommés "instructions".

Parmi ces mesures figurent les mesures de densité de flux de photons (PPFD, unité µmol Photons.m^{-2}.s^{-1}). La caractérisation de la transmission de cette densité à travers la canopée forestière permet de déterminer le « Green Area Index » (un indice qui caractérise la quantité de feuillage vivant), donnée essentielle dans l'analyse des cycles de l'eau et du carbone d'une forêt.

Ces mesures sont réalisées grâce à l'utilisation **capteurs quantiques de rayonnement photosynthétiquement actif (PAR)** installés de manière permanente. La méthode de mesure

Centre Provence-Alpes-Côte d'Azur
228, route de l'Aérodrome
Domaine Saint Paul - Site Agroparc
CS 40509
84914 Avignon Cedex 9
Tél. : +33 (0)4 32 72 20 00

Rejoignez-nous sur :
www.paca.inrae.fr

de la transmission à travers la canopée est décrite dans l'instruction « *ICOS Ecosystem Instructions for PPFD Transmission Measurements »*[(1)].

2 -Objet

Le présent document porte sur la fourniture et la livraison de 64 capteurs quantiques PAR permettant de mesurer en continu la densité de flux de photons transmise par la canopée sur nos différentes placettes du site de Font-Blanche.

3 -Description et exigences métrologiques

Il n'existe pas de classification standard pour les capteurs PAR/PPFD. Aussi, nous demandons que **le modèle de capteur proposé réponde aux exigences minimales** présentées dans le tableau ci-dessous et décrites dans l'instruction « *ICOS Ecosystem Instructions for Radiation Measurements »*[(2)]. Il est également impératif de fournir avec les spécifications techniques du capteur, la courbe de réponse spectrale.

Sensor Specifications / Characteristics	**ICOS requirements**
Response time (95% response)	< 5 s
Stability (change in sensitivity per year)	< 2%
Nonlinearity (deviation in sensitivity up to 104 µmol m-2 s-1)	< 1%
Directional response error for beam radiation (Cosine response + azimuthal response)	< 10%
Temperature response (for a 50ºC temperature change)	< 0.15% per °C
Spectral range of sensitivity (wavelengths where response is greater than 50 % of maximum) Lower limit Higher limit	 400 (± 5) nm 700 (± 5) nm

Centre Provence-Alpes-Côte d'Azur
228, route de l'Aérodrome
Domaine Saint Paul - Site Agroparc
CS 40509
84914 Avignon Cedex 9
Tél. : +33 (0)4 32 72 20 00

Nous recherchons un modèle de capteur à base de photodiode au silicium. Ce modèle de capteurs quantiques doit avoir un champ de vision (FOV) de 180°. Le modèle de capteur devra impérativement délivrer un signal de sortie analogique (courant ou tension).

Afin de déterminer la transmission de la densité de flux de nos différentes placettes expérimentales sur le site de Font-Blanche, nous souhaitons acquérir **64 capteurs**.

L'horizontalité devra être assurée soit par une possibilité de réglage intégrée au capteur, soit par l'ajout d'une embase (avec niveau à bulle) permettant ce réglage. La longueur des câbles (fils dénudés en sortie de câble) devra être de 2 m minimum.

4 -Livrables attendus

Le candidat devra fournir l'intégralité des capteurs avec embase éventuelle pour le réglage de l'horizontalité. En option, le fournisseur pourra proposer un support pour un montage sur un tube vertical.

Il remettra également :

- Les notices techniques en français ou en anglais
- Les spécifications techniques ainsi que la courbe de réponse spectrale
- Les certificats d'étalonnage

(1) *Op de Beeck, M., Papale, D., ICOS-ETC, & ICOS Ecosystem MSA (2020). ICOS Ecosystem Instructions for PPFD Transmission Measurements (Version 20221001). ICOS Ecosystem Thematic Centre. https://doi.org/10.18160/nmwq-2hx6*

(2) *Nicolini, G., Sabbatini, S., & Papale, D. (2017). ICOS Ecosystem Instructions for Radiation Measurements (Version 20180620). ICOS Ecosystem Thematic Centre. https://doi.org/10.18160/zwqb-wrrx*

5 – Clause d'exécution environnementale :

Emballages de transport : Le titulaire s'engage à livrer le matériel dans des emballages 100 % recyclables ou réutilisables. Tout emballage plastique ou polystyrène est proscrit.

Pénalités applicables : En cas de non-respect constaté lors de la livraison sous 30 jours, une pénalité forfaitaire de **100 € HT par manquement** sera appliquée d'office par l'acheteur.

Centre Provence-Alpes-Côte d'Azur
228, route de l'Aérodrome
Domaine Saint Paul - Site Agroparc
CS 40509
84914 Avignon Cedex 9
Tél. : +33 (0)4 32 72 20 00