

MARCHES PUBLICS DE FOURNITURES COURANTES ET SERVICES

CENTRE DE RECHERCHES GRAND EST - NANCY
Route d'Amance
54280 CHAMPENOUX

ACQUISITION DE ROBOTS MOBILES D'IMAGERIE EN XYZ (DRONES)

Cahier des Clauses Techniques Particulières (C.C.T.P.)

Table des matières

1) Contexte 3

2) Définition du besoin 3

3) Contraintes et interfaces de réalisation Tous lots..... 6

4) Contacts..... 6

1) Contexte

L'Unité Mixte de Recherches (UMR) Silva mène des travaux de recherche pluridisciplinaires sur le bois, les arbres et les écosystèmes forestiers, et, en particulier, sur le rôle de la diversité fonctionnelle, comme moteur de l'adaptation des arbres forestiers aux perturbations environnementales (multi-stress : sécheresse, pollution, température etc.). Dans ce cadre, l'UMR est amenée à étudier en conditions contrôlées et en forêt les mécanismes physiologiques de réponses à ces contraintes. Pour pouvoir analyser un grand nombre de plantes l'UMR a pour but de phénotyper plusieurs traits fonctionnels à savoir notamment la photosynthèse, la transpiration foliaire, la croissance aérienne. Ces mesures sont actuellement réalisées à l'aide d'appareils ou manuellement. Ces traits peuvent être acquis sur un nombre de plantes plus important et de manière plus dynamique (heure par heure) grâce à l'imagerie. Par exemple la température foliaire nous indique le niveau de transpiration foliaire. En complément, l'imagerie nous permet de calculer des indices de végétation nous indiquant l'état sanitaire d'une plante. Ces mesures peuvent être faites en milieu extérieur mais aussi en milieu contrôlé (serres) dans des conditions environnementales comme des fortes températures.

2) Définition du besoin

Dans le cadre du CPER INFRA-IEFB (Infrastructures de l'Institut Européen de la Forêt et du Bois) financé par la Région Grand-Est, le FEDER et l'état DRARI, l'UMR SILVA souhaite acquérir plusieurs drones capable de voler en serres et en milieu forestier, équipés de différents types de caméra : RGB haute résolution, thermique, multispectrale, hyperspectrale, LIDAR.

Ces appareils permettront de mesurer sur le terrain ou en serre les paramètres suivants, à l'échelle d'une partie de la feuille ou de la plante entière : le taux de couverture, le développement foliaire, le comptage de plante, les dégâts foliaires, la structure du couvert (hauteur, volume, diamètre des troncs...), la température de surface foliaire, le niveau de stress hydrique, le statut azoté, les teneurs en pigments notamment les chlorophylles, les teneurs en eau.

Les appareils doivent pouvoir être transporté aisément et utilisé facilement sur le terrain et leur fonctionnement doit pouvoir être assuré pour des températures ambiantes de 0 à 50°C.

Les drones, devront être homologués pour voler dans l'espace européen et devront donc être de classe C5.

Le besoin est décomposé en 4 lots distincts :

- Lot 1 : Ensemble de drones et de caméras
- Lot 2 : Un capteur hyperspectral
- Lot 3 : Une armoire de sécurité pour le stockage et la charge des batteries lithium
- Lot 4 : Un calculateur graphique destiné au pré-traitement des données drone et au stockage des données brutes

Le présent CCTP concerne les lots 1 et 2.

2.1) Lot 1 : Ensemble de drones et de caméras

Les équipements à fournir par le lot n°1 sont :

2.1.1) 2 drones équipés d'un capteur thermique infrarouge avec zoom numérique et une résolution de 640 x 512 pixels minimum. Ils devront avoir des téléobjectifs offrant un zoom de 100 x minimum combinant zoom optique et numérique. Ils devront être équipés de deux capteurs CMOS de taille minimale 1/1,3 pouce haute résolution (grand angle et télécaméra moyenne) qui auront une résolution minimale de 48MP pixels ; un capteur CMOS de taille minimale 1/1,5 pouce et de résolution minimale de 48 MP pixels (télécaméra). Les drones devront aussi avoir un télémètre laser. Les drones devront être équipés d'un module RTK afin d'avoir une précision centimétrique, un kit complet parachute et coupe circuits, un dongle pour la connexion au réseau 4G/5G. Le temps de vol minimum devra être de 35 minutes. La nacelle devra être stabilisée. Les drones devront être fournis avec 3 jeux de batteries intelligentes complets + un chargeur et hub de charge, une valise de transport, une radiocommande et sa sangle (et harnais si utile), 3 paires d'hélices en plus, des protections pour les hélices, une carte micro SD de grande capacité. La station RTK devra être complètement fonctionnelle (module + canne + tripod + cibles)

2.1.2) 1 drone équipé d'un capteur thermique infrarouge avec une résolution de 640 x 512 pixels minimum. Il devra avoir un téléobjectif offrant un zoom optique de x30 minimum. Il devra être équipé d'un capteur CMOS de taille minimale 1/2 pouce haute résolution (grand angle qui aura une résolution minimale de 48MP pixels), un capteur CMOS de taille minimum 1/2 pouce et de résolution minimale de 48 MP pixels (télécaméra). Le drone devra aussi avoir un télémètre laser. Le drone devra être équipé d'un module RTK afin d'avoir une précision centimétrique, un kit complet parachute et coupe circuits, un dongle pour la connexion au réseau 4G/5G. Le temps de vol minimum devra être de 40 minutes. La nacelle devra être stabilisée. Le drone devra être fourni avec 3 jeux de batteries intelligentes complets + un chargeur et hub de charge, une valise de transport, une radiocommande et sa sangle (et harnais si utile) et sa batterie (deux devront être fournies), 3 paires d'hélices en plus, une carte micro SD de grande capacité. La station RTK devra être complètement fonctionnelle (module + canne + tripod + cibles).

2.1.3) 1 drone équipé de 3 capteurs CMOS : un CMOS de taille minimale 1/1,3 pouce haute résolution (télécaméra moyenne résolution minimale de 48 MP pixels), un capteur de taille minimum 4/3 grand angle (résolution minimale de 20 MP pixels) ; un capteur CMOS de taille minimale 1/1,5 pouce de résolution minimum de 48 MP pixels (télécaméra). Le drone devra aussi avoir un télémètre laser. Le drone devra être équipé d'un module RTK afin d'avoir une précision centimétrique, un kit complet parachute et coupe circuits, un dongle pour la connexion au réseau 4G/5G. Le temps de vol minimum devra être de 40 minutes. La nacelle devra être stabilisée. Le drone devra être fourni avec 2 jeux de batteries intelligentes complets + un chargeur et hub de charge, une valise de transport, une radiocommande et sa sangle (et harnais si utile), 3 paires d'hélices en plus, une carte micro SD de grande capacité. La station RTK devra être complètement fonctionnelle (module = canne + tripod + cibles)

2.1.4) 1 drone polyvalent pouvant accueillir différents capteurs, équipé d'un capteur LIDAR aérien et un capteur CMOS de taille minimale 4/3 (résolution minimale de 20 MP pixels) avec un système IMU de haute précision et GNSS pour avoir une précision verticale d'au moins 4 cm et horizontale d'au moins 5 cm, un capteur photogrammétrique (RGB avec résolution minimale de 20 MPx), 1 nacelle sur 3 axes de stabilisation, 1 mire de calibration. Le LIDAR devra atteindre un taux d'émission de nuages de points d'au moins 240 000 points par seconde au premier retour. Il devra prendre en charge deux modes de balayage répétitif et non répétitif (pour avoir une pénétration plus profonde). Un logiciel de post-traitement dédié devra être proposé. Le drone devra être équipé d'un module RTK afin d'avoir une précision centimétrique, un kit complet parachute et coupe circuits, un dongle pour la connexion au réseau 4G/5G. Le temps de vol minimum devra être de 40 minutes. Le drone devra être fourni avec 2 jeux de batteries intelligentes complets + un chargeur et hub de charge, une valise de transport, une radiocommande adéquate et sa sangle (et harnais si utile), 4 paires d'hélices en plus, une carte micro SD. La station RTK devra être complètement fonctionnelle (module = canne + tripod + cibles).

2.1.5) 1 drone polyvalent pouvant accueillir différents capteurs, équipé d'un capteur dédié à la photogrammétrie : caméra CMOS plein cadre d'au moins 40 MP pixels, il devra avoir 3 objectifs adaptables (24, 35, et 50 mm). La caméra, le contrôleur de vol, le module RTK et la nacelle devront être synchronisés à la microseconde près. Il devra avoir un système IMU de haute précision et GNSS pour avoir une précision verticale d'au moins 4 cm et horizontale d'au moins 5 cm, 1 nacelle sur 3 axes de stabilisation, 1 mire de calibration. Le drone devra être équipé d'un module RTK afin d'avoir une précision centimétrique, un kit complet parachute et coupe circuits, un dongle pour la connexion au réseau 4G/5G. Le temps de vol minimum devra être de 40 minutes. Le drone devra être fourni avec 2 jeux de batteries intelligentes complets + un chargeur et hub de charge, une valise de transport, une radiocommande adéquate et sa sangle (et harnais si utile), 4 paires d'hélices en plus, une carte micro SD de grande capacité. La station RTK devra être complètement fonctionnelle (module = canne + tripod + cibles).

2.1.6) Une caméra multicapteurs ayant les caractéristiques suivantes et qui pourra aller sur un des deux drones polyvalents décrits ci-avant: une caméra zoom optique jusqu'à 30 x minimum et zoom numérique jusqu'à 400 x minimum avec une prise en charge de la vision nocturne noir et blanc et proche infrarouge (850 nm PIR), une caméra grand angle (CMOS d'au moins 1/ 1,3 et de résolution minimale de 48 MP pixels), un télémètre laser d'une portée d'au moins 2500m, une caméra thermique infrarouge de 1280 x 1024 pixels avec un zoom numérique d'au moins 32x, un mode de résolution pouvant aller à la très haute résolution. Le zoom doit être simultané sur les caméras thermique et visible.

2.1.7) Une caméra multispectrale ayant les caractéristiques suivantes et qui pourra aller sur un des deux

drones polyvalents décrits ci-avant : une bande panchromatique haute résolution (sortie de 2 cm minimum à 60 m), cinq bandes spectrales (rouge, vert, bleu, bord rouge et proche infrarouge) avec 5, 1 MP pixels au moins sur le capteur RGB, 1,6 MP pixels au moins par bande spectrale et une résolution d'au moins 8 cm par pixel par bande spectrale, un stockage amovible CFexpress d'au moins 2 To, un sac de transport, capteur DLS 2 (Downwelling Light Sensor) fournissant aussi des données GPS, un panneau de réflectance calibré. La caméra devra avoir un adaptateur qui permet à celle-ci d'utiliser un port de caméra standard sur le drone proposé.

2.1.8) Une caméra multispectrale ayant les caractéristiques suivantes et qui pourra aller sur un des deux drones polyvalents décrits ci-avant: une bande panchromatique haute résolution (sortie de 2 cm minimum à 60 m, 12 MP pixels), cinq bandes spectrales (rouge, vert, bleu, bord rouge et proche infrarouge) avec 12,4 MP pixel au minimum sur le capteur RGB, 3,2 MP pixel minimum par bande spectrale, un capteur thermique radiométrique intégré (résolution d'au moins 320x256), un stockage amovible CFexpress d'au moins 2 To, un sac de transport, capteur DLS 2 (Downwelling Light Sensor) fournissant aussi des données GPS, un panneau de réflectance calibré. La caméra devra avoir un adaptateur qui permet à celle-ci d'utiliser un port de caméra standard sur le drone proposé.

2.1.9) Tous les logiciels pour une station de travail (voir remarque ci-après) pour traiter les données : logiciels de traitement photogrammétrique, orthophoto (calcul des volumes, hauteur d'arbre), lasergrammétrie, multispectrale. Les logiciels devront avoir une licence pour au moins 5 ans voire perpétuelle.

Remarque : INRAE fera l'acquisition via un marché déjà existant d'un ordinateur graphique destiné au pré-traitement des données drone et au stockage des données brutes (lot 4 susmentionné) ayant les caractéristiques suivantes : station de travail fixe avec double carte graphique (de 48 Go de RAM chacune et GPU, processeurs 48 cœurs haute fréquence, 40 To de stockage interne minimum, 1 To de RAM DDR4, Windows 11 pro, 1 Écran incurvé (49") 5120 x 1440 pixels.

2.1.10) Prestation supplémentaire facultative n°1 : pour les deux drones polyvalents (cf. 2.1.4 et 2.1.5 ci-avant), des pieds renforcés et/ou rallongés, adaptés à un capteur ayant comme dimension minimale pour la hauteur de 15 cm, pour la largeur de 20 cm et pour la profondeur de 13 cm.

2.1.11) Les logiciels, drones et caméras devront être garantis de base pour 2 ans.
Prestation supplémentaire facultative n°2 : une extension de garantie de 2 ans supplémentaires sur les logiciels, drones et caméras.

2.1.12) Des pièces de rechange nécessaires pour deux cents heures de vol sont incluses dans l'offre (hélices, etc.). Des outils de montage et de démontage de l'ensemble des systèmes sont également fournis. Une documentation technique complète devra aussi être fournie de préférence en français, mais anglais accepté.

2.2) Lot 2 : Un Capteur hyperspectral

Les équipements à fournir par le lot n°2 sont :

Un capteur hyperspectral, qui sera dédié notamment à l'analyse des teneurs en eau des feuilles, avec des bandes couvrant au moins les 950-1700 nm à très haute résolution spatiale et spectrale et dont le rapport signal sur bruit devra être supérieur à 900. Toutes les caractéristiques devront être fournies (NER, vitesse d'acquisition, temps d'intégration, méthode de calibration...). La dépendance à la polarisation devra être faible (si nécessaire fournir un logiciel de correction). La caméra devra être compatible avec un des deux drones polyvalents décrits au lot 1. La nacelle devra être gyrostabilisée sur 3 axes. La caméra ne devra pas excéder 2,5 kg. Des mires de calibration devront être fournies ainsi qu'un sac de transport. Un logiciel de traitement des données et sa licence (pour au moins 5 ans voire perpétuelle) est également à fournir.
La caméra devra être garantie pour 2 ans.

3) Contraintes et interfaces de réalisation Tous lots

3.1) Développement durable

Afin de garantir la durée d'utilisation des appareils, le titulaire s'engage à fournir les pièces détachées et consommables de ces appareils pendant au moins 5 ans après leur livraison.

Les documents techniques fournis en cours d'exécution du marché devront être en version .pdf ou équivalent.

3.2) Livraison

La livraison de l'ensemble des appareils devra se faire par colis tracé (un numéro spécifique pour chaque lieu d'envoi). Lors de l'envoi des colis, ces numéros seront fournis par le titulaire du marché à INRAe et permettront de suivre l'acheminement des colis dans les délais les plus courts.

Le délai de livraison est précisé à l'acte d'engagement, il ne devra pas excéder 3 mois à compter de la notification du marché.

Adresse de livraison :

Centre INRAE Grand Est – Nancy

UMR SILVA

À l'attention de M. Le Thiec

Route d'Amance

54280 Champenoux.

3.3) Formations

Les formations définies ci-après sont incluses dans l'offre du titulaire pour 2 personnes.

Cependant, il faut prévoir la possibilité de participation de personnes supplémentaires (2 au maximum). L'offre du titulaire en précise le surcoût éventuel ; cette formation complémentaire serait commandée hors du présent marché.

3.3.1) Le titulaire du lot n°1 assurera la formation à l'utilisation des drones et des logiciels sur le site de INRAe à Champenoux (54). La formation devra valider la partie pratique pour mise en conformité à la réglementation européenne pour les télépilotes possédant leur CATT. Les modalités de la formation ainsi que son contenu sont détaillés dans l'offre du titulaire.

3.3.2) Le titulaire du lot 2 assurera la formation au branchement de la caméra et à son utilisation sur le drone et à l'utilisation des logiciels (pilotage caméra + traitement des données) sur le site de INRAe à Champenoux (54). Les modalités de la formation ainsi que son contenu sont détaillés dans l'offre du titulaire.

4) Contacts

Contact technique/scientifique :

M. Didier Le Thiec, directeur de recherche

UMR Silva

Centre INRAE Grand Est-Nancy

Route d'Amance

54280 Champenoux

Téléphone : 03 83 39 40 98

Mél : didier.lethiec@inrae.fr

Contact administratif :

Service des marchés
Centre INRAE Grand Est-Nancy
Route d'Amance
54280 Champenoux
Téléphone : 03 83 39 40 14
Mél : achats-grand-est@inrae.fr

Fait à Champenoux, le 10 avril 2025