

ACQUISITION D'UNE CHAMBRE DE CULTURE (équipement de culture contrôlée) permettant la conduite de culture de colonnes de sol plantées en conditions standardisées

Cahier des Clauses Techniques Particulières

du 10 Juin 2026

(CCTP)

L'objet du présent appel d'offre concerne l'acquisition, l'installation et la mise en service d'une **Chambre de Culture de type Walkin pour les expériences sur colonnes de sol plantées en conditions standardisées**.

1 PREAMBULE ET CONTEXTE DE L'ACHAT

1.1 Présentation de l'unité d'accueil

Le CEREGE est un centre de recherche et d'enseignement international et pluridisciplinaire couvrant l'ensemble des géosciences de l'environnement, de la minéralogie martienne au traitement de l'eau, en passant par la géochimie, la tectonique et la paléoclimatologie.

L'unité (UMR 1410 INRAE) regroupe quatre équipes thématiques, dont l'équipe Environnement Durable, 7 pôles techniques, 18 plateformes techniques et un pôle de modélisation transverse. Elle est rattachée à l'OSU Institut Pythéas (Aix-Marseille Université, CNRS-INSU) et aussi placée sous la cotutelle de l'INRAE, de l'IRD et du Collège de France. Elle est également membre de la fédération ECCOREV dédiée aux risques environnementaux. Pôle d'excellence scientifique, le CEREGE s'appuie sur des laboratoires et plateformes analytiques de pointe, un fort réseau de collaborations nationales et internationales, et une complémentarité d'expertises entre ses équipes.

L'équipe Environnement Durable étudie les impacts des activités humaines sur l'eau, le sol et l'atmosphère afin de promouvoir la préservation durable des ressources. Ses recherches portent sur la dispersion des métaux et polluants émergents, la dynamique des nanoparticules, la dégradation des milieux naturels et la valorisation des déchets et eaux et la compréhension des cycles biogéochimiques dans les sols. Alliant approches multi-échelles et expertises en géochimie, minéralogie, imagerie, en préparation et analyse des Sols et génie des procédés, l'équipe s'appuie sur des plateformes analytiques et expérimentales de pointe, dont le Centre d'Innovation et de Recherche en Environnement et en Eco-technologies (CIRENE).

1.2 Projet Scientifique

Le projet ERC NANOCLICS vise à montrer que de très petits polymères métalliques liés à des molécules organiques, formant des nano-gels hydratés (« nanoCLICs »), sont des unités clés des associations organo-minérales dans les sols et jouent un rôle majeur dans le stockage du carbone. Il explorera leur structure à l'échelle nanométrique dans différents types de sols, décryptera leur dynamique (formation, évolution, déstabilisation) et quantifiera leur contribution à la séquestration du carbone en les intégrant à des modèles de stockage du carbone. En s'appuyant sur des techniques avancées et sur un modèle moléculaire déjà développé, NANOCLICS a pour but de fournir des connaissances essentielles pour mieux comprendre, gérer et prédire la stabilisation et la déstabilisation de la matière organique des sols.

2 DESCRIPTIF DU BESOIN A SATISFAIRE

2.1 Intérêt scientifique

Dans le cadre du WP3 de l'ERC NANOCLICS, une chambre de culture est indispensable pour **faire pousser les plantes dans des colonnes de sol artificielles** et à reproduire, dans des conditions contrôlées, les interactions entre racines, microbes et minéraux nécessaires au suivi des nanoCLICs. Elle est donc essentielle pour observer la formation, l'évolution et la perturbation de ces structures au cours des cycles de culture, notamment avec l'alternance céréale/légumineuse et le suivi isotopique du carbone.

2.2 Caractéristiques de la chambre de culture

2.2.1 Description fonctionnelle minimale

Lors de l'énumération des caractéristiques techniques requises figurant ci-après, toutes les réponses aux informations demandées devront répondre à une configuration précise.

L'équipement doit être **neuf**.

La chambre doit permettre le maintien de conditions environnementales contrôlées pendant des cultures en rotation céréale/légumineuse, avec apports de solution nutritive, suivi des échanges gazeux et isotopiques, et observation de la dynamique de structures organo-minérales dans le sol, nécessaires aux essais en colonnes de sol plantées.

2.2.2. Spécifications techniques minimales

- Dimensions de 2.6 m de largeur x 2 m de profondeur x 2.4 m de hauteur, avec une surface utile d'étagère de 3,6 m²
- Parois intérieures revêtues d'acier inoxydable
- Étagères en acier inoxydable, avec une capacité d'au moins 120kg/m² et par étagère
- Minimum de 6 orifices passe-câble de diamètre d'environ 40 mm de part et d'autre de la chambre
- Minimum de 8 prises de courant intérieures IP 65
- Minimum de 2 passages de robinet pour l'arrivée d'eau d'irrigation de part et d'autre de la chambre
- Sol étanche, antidérapant, et résistant (30 000 kg/m³).
- Porte battante
- Enveloppe externe de la chambre composée de matériaux isolants et non-inflammables
- Plage de contrôle de la température de chambre de 10 à 45 °C (avec une homogénéité autour de 3°C)

- Plage d'humidité comprise entre 40 à 80 %
- Présence d'un système de contrôle automatisé de température/humidité (chauffage et refroidissement), avec possibilité de sauvegarde automatique des paramètres de température, humidité et CO₂ de la chambre sur plusieurs mois
- Quatre modules de rayonnages (2 de chaque côté et sur 2 niveaux) avec une allée centrale. Chaque module d'une dimension d'environ 750 mm de large x 600 mm de profondeur, avec réglage de la hauteur des étagères par paliers de 100 mm. Capacité de charge des étagères supérieure ou égale à 120 kg/m².
- Quatre niveaux de lampes de croissance, avec contrôle indépendant la puissance des lampes et puissance réglable de 10 à 100 % avec gradient tous les 10%, dont
 - Deux niveaux supérieurs de lampes PPFD LED 150-1500 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ (mesuré à 150 mm de la source) à 4000 K, sur modules à hauteur réglable manuellement avec étagères de support de 750 x 600 mm
 - Deux niveaux inférieurs de lampes PPFD LED 100-1000 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ (mesuré à 150 mm de la source) à 4000 K, modules à hauteur réglable manuellement, avec étagères de support de 750 x 600 mm
- Configuration de la lumière avec 8 canaux indépendants au total, répartis par côté, par niveau et par canal spectral.
 - Côté gauche / niveau supérieur : 1 canal blanc 4000 K + 1 canal bleu 460 nm + 1 canal rouge profond 660 nm.
 - Côté droit / niveau supérieur : 1 canal blanc 4000 K + 1 canal bleu 460 nm + 1 canal rouge profond 660 nm.
 - Côté gauche / niveau inférieur : 1 canal blanc 4000 K.
 - Côté droit / niveau inférieur : 1 canal blanc 4000 K.
- Réglage indépendant de l'intensité lumineuse par côté, par niveau et par canal spectral.
- Capteur de mesure d'intensité et de rayonnement (PAR) entièrement intégré au système de contrôle de l'enceinte avec enregistrement des données sur minimum 18 mois.
- Ventilation interne avec évaporateur et chauffage ajustée pour une puissance de 2 niveaux de lampes de LED PPFD 100-1000 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ et 2 niveaux de lampes de LED PPFD 150-1500 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$
- Ventilation intérieure comportant une circulation horizontale pseudo pseudo-laminaire forcée, provenant des parois pour assurer aucun « points chauds » dans la chambre, de débit variable entre 0,3 et 0,8 m/s et air frais réglable manuellement
- Compresseurs externes à installer à l'extérieur, hermétiques et silencieux (<48 dB) et comprenant : un pressostat différentiel d'huile, un condensateur de refroidissement avec tuyaux en cuivre et ailettes en aluminium pour un environnement de + 45°C, un rotor externe avec ventilateur axiaux, et un pressostat pour contrôler l'évacuation de la condensation.
- Les compresseurs externes à installer sur une terrasse extérieure, à moins de 10m de la chambre. Visite sur site en amont nécessaire pour planifier les travaux envisagés.
- Impossibilité d'un système de refroidissement à eau dans les locaux d'installations de la chambre.
- Système d'humidification à ultrasons

- Armoire de pilotage externe, comprenant un interrupteur général et des interrupteurs différentiels, ainsi qu'un bouton d'urgence.
- Système d'alarme d'urgence
- Alarme personne piégée
- Aucun système d'arrosage prévu dans ce cahier des charges à ce jour, cependant, les caractéristiques de base doivent être prévues dans l'installation pour pouvoir ajouter un système d'arrosage dans le futur.
- Les moyens et modes d'accès aux différentes pièces qui doivent être nettoyées ou changées régulièrement (système de déminéralisation de l'eau, etc.) doivent être précisés
- Garantie 2 ans minimum après installation.

3 INSTALLATION, MISE EN SERVICE ET FORMATION

3.1 Lieu D'exécution : Installation Et Mise En Service

Le matériel doit être livré, installé et mis en ordre de marche à l'adresse suivante :

Centre de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement (CEREGE), Halle CIRENE, Technopole de l'Arbois, Avenue Louis Philibert, 13545 Aix-en-Provence, France

Le matériel doit être muni d'une plaque portant le nom du fabricant, le type de l'appareil et son numéro de fabrication.

Le marquage CE doit être apposé sur l'équipement. Le marquage CE doit être visible, lisible et indélébile.

Le Titulaire doit prendre toute les dispositions et moyens nécessaires pour garantir et assurer la livraison ainsi que l'installation et la mise en place du matériel à l'adresse spécifiée ci-dessus. L'ensemble des prestations, fournitures et consommables nécessaires à l'installation et la mise en service opérationnelle de l'équipement sont à la charge du Titulaire. Ces prestations sont incluses dans son offre.

Par ailleurs, le Titulaire assumera tous les risques et frais liés à la livraison, l'installation et la mise en service.

Chaque colis doit porter de façon apparente son numéro d'ordre, tel qu'il figure sur le bon de livraison ou l'état. Il renferme l'inventaire de son contenu.

3.2 Formation

Le marché doit inclure à la charge du Titulaire la dispense d'une formation à l'utilisation de l'équipement et des logiciels, ainsi qu'à la maintenance de l'équipement, pour au moins 3 personnes.

4 MAINTENANCE, GARANTIE ET SERVICE APRES-VENTE

4.1 Maintenance

Le Titulaire s'engage à pouvoir assurer la maintenance préventive et curative complète du système (ex : ventilation, lumières, thermorégulation).

Maintenance annuelle de la chambre (PSE 3)

En complément des prestations de base, le titulaire pourra proposer une prestation de maintenance annuelle de l'équipement, comprenant une visite préventive complète, les contrôles de fonctionnement, les réglages nécessaires, le nettoyage des organes accessibles, ainsi que la remise d'un rapport d'intervention détaillé.

Cette prestation pourra être déclinée en plusieurs options, afin de permettre au pouvoir adjudicateur de retenir le niveau de service le plus adapté à ses besoins. Le candidat précisera distinctement le contenu de chaque option, les éventuelles exclusions, la périodicité des visites et les délais d'intervention associés.

4.2 Garantie

Le présent article s'applique à la garantie initiale et, le cas échéant, à son extension (si commandée).

4.2.1 Garanties légales

Les garanties légales telles que définies aux articles L.1641 et suivants du Code civil (vices cachés), L.1245 et suivants du Code civil (produits défectueux) et L.421-1, L.421-3 et L.421-4 du Code de la consommation (obligation de sécurité) s'appliquent aux prestations du marché.

4.2.2 Garanties contractuelles

Tous instruments, accessoires inclus, livrés dans le cadre du marché sont garantis dans les conditions prévues à cet article.

La garantie couvre le coût des pièces défectueuses sans limite de montant, la main d'œuvre et les frais de déplacement sur site, les frais d'hébergement, le conditionnement, l'emballage et le transport du matériel nécessité par une remise en état ou son remplacement. Aucun frais supplémentaire ne peut être demandé à l'INRAE.

Conformément à l'article 33.1 du CCAG-FCS, l'équipement fait l'objet d'une **garantie minimale de 12 mois**, à l'exception des consommables.

Les consommables sont définis comme des composants ayant une durée de vie normale inférieure à 12 mois.

Le Titulaire a un devoir de transparence lors de sa réponse sur les composants des instruments qu'il commercialise qui répondent à la définition de « consommables ».

Le contenu de la garantie et les exclusions éventuelles sont clairement précisés dans l'offre du Titulaire.

Si le Titulaire a proposé dans son offre une garantie plus longue que la garantie minimale et/ou une couverture plus étendue (remplacement des consommables par exemple), les éléments de son offre qui sont plus favorables à l'acheteur que celles qui sont stipulées dans le présent CCTP l'engagent dans le cadre de ce marché.

La garantie commence à compter de la date d'admission des prestations par l'acheteur. Dans tous les cas d'indisponibilité de l'équipement pendant plus de 20 jours cumulés sur une période de douze mois (hors période de prêt éventuel), la garantie de l'équipement est systématiquement prolongée à titre gratuit d'une durée minimale équivalente à la durée d'indisponibilité.

4.2.3 Extension De Garantie en Prestation Supplémentaire éventuelle (PSE 1 et 2)

Au titre du présent marché, le CEREGE peut décider de commander une ou plusieurs années d'extension de garantie.

L'extension de garantie s'exerce à minima dans les mêmes conditions que la garantie initiale. Le Titulaire est libre de proposer une couverture plus avantageuse que la garantie initiale.

Le contrat d'extension de garantie comprend la main d'œuvre, les frais de déplacement et d'hébergement, ainsi que le coût des pièces et des consommables. L'offre du Titulaire précise la décomposition des prix de l'extension de garantie.

Le prix est décomposé dans l'offre économique du Titulaire (main d'œuvre, frais de déplacement et d'hébergement, coûts des pièces et des consommables).

L'offre du Titulaire précise le contenu de l'extension de garantie ainsi que les délais d'intervention de dépannage et de remplacement des pièces ainsi que la liste des pièces couvertes et non couvertes par l'extension de garantie.

4.3 Support Technique Et Service Après-Vente

Les prestations de service après-vente du Titulaire s'exécutent durant toute la période de garantie et son éventuelle extension.

Le Titulaire s'engage à assurer dans le cadre du marché, le service après-vente décrit dans le mémoire technique qu'il a remis dans son offre. Les éléments qui y figurent sont :

- Le contenu de la garantie (nombre de visites préventives, etc.) ;
- Les conditions d'assistance aux utilisateurs ;
- Les horaires et jours d'ouverture du SAV ;
- Le service d'assistance par téléphone (coordonnées, horaires, etc.) ;
- Les modalités d'intervention ;
- Les délais moyens de réparation des principales pannes possibles ;
- Les moyens mis en œuvre sur les équipements en cas de panne.

Le Titulaire est libre de proposer un support technique et un service après-vente plus avantageux (sans surcoût).

En tout état de cause, le service après-vente prévoit au minimum et sans surcoût pendant la durée de garantie (et son éventuelle extension) les services décrits aux articles suivants :

4.3.1 Logiciels de pilotage et de traitement des données

Le service après-vente du Titulaire inclut au minimum et pour une durée minimum de 10 ans :

- Les mises à jour et changements de version des logiciels de pilotage ;
- Les mises à jour des logiciels de traitement des données.

La mise à jour s'entend comme une évolution dans une même version du logiciel (passage d'une version 5.0 à 5.1 par exemple).

Le changement de version s'entend comme le passage d'une version 5.1 à 6.0 par exemple.

La compatibilité entre les logiciels de pilotage et de traitement des données doit être assurée.

Les autres engagements du Titulaire concernant les logiciels figurent dans son offre. Le Titulaire garantit la conformité des logiciels standards aux spécifications du marché, ainsi qu'à celles que son offre technique ajoute.

À ce titre, pendant la durée de garantie, le Titulaire corrige gratuitement toute anomalie de fonctionnement de son logiciel par rapport aux spécifications du marché.

Lorsque l'anomalie est constatée sur un logiciel standard dont le Titulaire n'est pas l'éditeur, le Titulaire met en œuvre les clauses de garantie prévues par l'éditeur du logiciel standard concerné qui sont préalablement portées à la connaissance du pouvoir adjudicateur. La correction est effectuée gratuitement.

Pour l'application du présent article, le CEREGE établit un compte rendu écrit de ces anomalies en donnant tous les éléments nécessaires à leur identification par le Titulaire. Ce compte rendu doit être porté à la connaissance du Titulaire dès la constatation de l'anomalie par le pouvoir adjudicateur.

4.3.2 Support technique

Le service après-vente du Titulaire inclut un support technique (y compris sur les logiciels) gratuit et illimité pendant les jours ouvrés pendant toute la période de garantie de l'équipement.

Le support technique est accessible par téléphone (appel non surtaxé) et par courriel. Le Titulaire s'engage sur un délai de réponse inférieur à 48H.

Les autres engagements du Titulaire concernant le support technique figurent dans son offre.

4.3.3 Mise au point ou réparation en cas de panne

Pendant toute la période de garantie, le Titulaire a une obligation de résultat concernant la remise en état de fonctionnement opérationnel de l'instrument en conformité avec les performances techniques et fonctionnelles prévues initialement dans l'accord-cadre.

En cas de retour à l'usine des matériels pour réparation, les frais d'expédition aller et retour sont à la charge du Titulaire.

5 LIVRABLES

Le Titulaire doit fournir au CEREGE l'ensemble de la documentation technique (manuel d'utilisation, tâches de maintenance...) relative à la bonne utilisation de l'équipement ainsi que tous les rapports de tests.

Le cas échéant, le Titulaire fournit la documentation relative à la formation.

6 PERFORMANCE ECOLOGIQUE

Le Titulaire fait ses meilleurs efforts pour réduire l'impact écologique des prestations fournies au titre du marché, notamment :

- En traitant les déchets liés à la fabrication et au transport du matériel pour en réduire les impacts écologiques négatifs,
- En proposant un équipement économe en énergie,
- En proposant un équipement composé de matériaux recyclés et/ou issus du réemploi,
- En proposant des moyens de transport respectueux de l'environnement.

7 EMBALLAGE ET TRANSPORT

Les risques afférents au transport et à la livraison de l'équipement sont à la charge du Titulaire.

La récupération des emballages relatifs à l'équipement livré est à la charge du Titulaire. Le Titulaire est incité à utiliser des emballages respectueux de l'environnement.