	CCTP	Date de création : 20250708 Date de mise à jour : 20250911 Page 1 sur 4
	Système de mesure itinérant de flux de CO₂, H₂O et CH₄ par chambre en milieu humide	

Objet : Ce document est destiné à décrire les besoins techniques pour le déploiement d'un **système portable pour la mesure d'émissions gazeuses de dioxyde de carbone (CO₂), de vapeur d'eau (H₂O) et de méthane (CH₄)** dans des zones humides. En particulier, le système nommé « **Système Flux** » dans le reste du document, devra permettre la mesure précise de flux relativement faibles, être robuste, adapté à une application itinérante (ergonomie, masse), et disposer d'une autonomie permettant de réaliser au moins une journée de mesures.

1. CONTEXTE


Au niveau mondial, les impacts du changement climatique sont bien visibles et documentés, et certains dommages aux écosystèmes et à l'humanité tendent vers un caractère irréversible, notamment sur le cycle hydrologique (IPCC, 2023). Ces impacts pourraient se marquer par davantage d'évènements extrêmes comme des pluies intenses saturant les sols en eau ou des sécheresses. L'alternance entre ces épisodes particuliers pourrait avoir des impacts importants sur l'intensité des émissions de gaz à effet de serre tels que le CO₂ et le CH₄, qui sont émis par le sol dans les zones humides. Par ailleurs, les émissions de gaz à effet de serre entre les cours d'eau et l'atmosphère restent peu ou mal documentés, alors que la part de ces émissions dans les bilans de carbone à l'échelle du bassin versant pourraient être sous-estimées. L'équipement faisant l'objet du présent marché permettra de quantifier les émissions de CO₂ et de CH₄ dans ces zones humides.

L'UMR SAS a acquis une expertise dans le domaine de la mesure des gaz à effet de serre, tant à l'échelle de l'écosystème (gestion de deux sites de mesures de flux de gaz à effet de serre par la covariance turbulente, depuis 2016 et 2019, respectivement) que d'une échelle plus petite (gestion d'un système de chambres de mesure de gaz à effet de serre automatisé sur un site d'expérimentation à long terme depuis 2013, et réalisation de campagnes ponctuelles de mesures de flux gazeux au moyen d'un analyseur de gaz portable).

2. LIVRAISON

La personne référente pour la livraison est Maryvonne Pertué (Téléphone 0223485776), au lieu de livraison suivant:

INRAE UMR SAS – Bâtiment 13
Institut Agro Rennes-Angers
65 Rue de Saint-Brieuc
35000 Rennes
France

	CCTP	Date de création : 20250708 Date de mise à jour : 20250911 Page 2 sur 4
	Système de mesure itinérant de flux de CO₂, H₂O et CH₄ par chambre en milieu humide	

3. DESCRIPTION DU BESOIN

Le système de mesure visé par cette demande (ci-après dénommé **Système Flux**) est un système portable par une personne (valise ou sac à dos, incluant les batteries) pour la mesure itinérante d'émissions gazeuses par chambre de dioxyde de carbone (CO₂), de vapeur d'eau (H₂O) et de méthane (CH₄).

Le **Système Flux** devra répondre à un certain nombre d'exigences techniques et de mise en œuvre :

- Le Système Flux devra être composé :
 - D'un seul analyseur de spectroscopie d'absorption, avec une source lumineuse laser et un système de détection optique, pour la mesure des ratios de mélange du CO₂, de la vapeur d'eau (H₂O) et du méthane (CH₄), avec alimentation en basse tension continue. La combinaison des mesures des trois gaz en un seul analyseur est rendue nécessaire pour limiter les difficultés potentielles liées au transport d'instruments possiblement lourds et volumineux en milieu contraint, tel que décrit au paragraphe ci-dessous.
 - D'une chambre de mesure pour l'échantillonnage des gaz à mesurer.
 - D'un jeu d'embases à placer sur le sol.
 - De capteurs de la température et de la teneur en eau du sol.


L'utilisation du **Système Flux** se fera souvent de manière itinérante (plusieurs mesures à réaliser sur une même journée en des endroits différents), sur des terrains potentiellement accidentés ou difficiles d'accès, et aux abords de cours d'eau dans des conditions climatiques parfois humides ; le matériel devra en conséquence être robuste, facilement transportable, résilient aux chocs et résistant à l'eau (analyseur contenu dans un boîtier fermé par un joint d'étanchéité).

- L'analyseur de gaz devra au minimum répondre aux caractéristiques techniques suivantes :
 - Mesure simultanée et sélective des gaz CO₂, CH₄ et H₂O, selon les précisions attendues (voir Tableau 1 ci-dessous) et dans les gammes de concentrations atmosphériques rencontrées dans l'air ambiant au voisinage du sol (cf gammes de mesure en Tableau 1)

Tableau 1 - Précisions de mesure et gammes de concentrations atmosphériques minimales attendues des trois gaz mesurés.

	CO ₂	H ₂ O	CH ₄
Précision (1σ, temps d'intégration de 1 seconde)	≤ 3.5 ppm	≤ 200 ppm	≤ 2 ppb
Gamme de concentrations	0 – 2000 ppm	0 – 30000 ppm	0 – 10 ppm

- La fréquence d'acquisition pour les trois gaz devra être au moins égale (≥) à 1 Hz.
- La dérive journalière de l'instrument pour la mesure de la concentration en CH₄ devra être de maximum (≤) 1 ppb sur 24h.
- Le débit d'échantillonnage des gaz devra être de l'ordre de 0.1-0.25 slm.
- Le fonctionnement de l'instrument devra être assuré dans des gammes de température et d'humidité comprises respectivement entre -5 °C et 40 °C, et entre 0 et 80 %.
- La mesure simultanée de la concentration en H₂O, de la température et de la pression de l'air doit être assurée pour permettre de déterminer le rapport de mélange sec pour les

	CCTP	Date de création : 20250708 Date de mise à jour : 20250911 Page 3 sur 4
	Système de mesure itinérant de flux de CO₂, H₂O et CH₄ par chambre en milieu humide	

gaz mesurés. L'analyseur doit pouvoir fonctionner avec des concentrations ambiantes normales de vapeur d'eau. Un filtrage spécial ou un séchage de gaz ne peuvent être exigés.

- La consommation électrique de l'instrument sera au maximum de l'ordre de 100 W.
- Le système de mesure devra avoir un volume d'échantillonnage total faible (< 35 cm³) de manière à permettre un débit d'échantillonnage de gaz extrêmement rapide et une mémoire minimale.

- Masse, ergonomie et autonomie du **Système Flux** :

- Etant donné l'utilisation itinérante de l'instrument sur le terrain (portage par un-e seul-e opérateur-trice) pour la grande majorité des applications, la masse de l'analyseur de gaz (batteries incluses, sans la chambre) ne pourra pas être supérieur à 12 kg. Le fournisseur indiquera dans son dossier les dimensions et la masse de l'instrument.
- De plus, un système de sac à dos devra être fourni afin de pouvoir transporter l'analyseur et sa/ses batterie(s) en gardant les mains libres tout en se déplaçant.
- Le **Système Flux** devra permettre de réaliser des mesures durant une journée (au moins 8h d'opération) en autonomie (au moyen d'une ou plusieurs batteries rechargeables).

- Système d'acquisition des données, mise en œuvre et maintenance par l'utilisateur du **Système Flux** :

- Un système d'acquisition et de sauvegarde de données interne à l'analyseur de gaz devra être fourni.
- Une visualisation en temps réel des données en cours d'acquisition devra être possible et le logiciel d'exploitation doit être développé pour l'environnement Windows.
- Un moyen d'enregistrement de la localisation des mesures au moyen d'un système GPS devra être fourni avec le **Système Flux**.
- Des connexions ethernet et Wi-Fi devront être incluses.
- En dehors des opérations de maintenance et de réparation plus importantes, qui seront réalisées chez le fournisseur, une maintenance en routine de l'analyseur de gaz (remplacement des filtres et dessiccants, et vérification calibration span et offset) devra être possible sans devoir renvoyer à chaque opération l'analyseur de gaz chez le fournisseur. Le manuel d'utilisation devra inclure un descriptif des procédures de maintenance par l'utilisateur.


4. DELAI de LIVRAISON

Le délai de livraison du **Système Flux** devra être de maximum 3 mois (12 semaines).

5. SERVICE APRES-VENTE

- Prestation Supplémentaire Eventuelle (PSE) facultative n°1 : L'offre du fournisseur comprendra en option un service de formation à l'utilisation de l'analyseur et de sa chambre de mesure.
- L'analyseur et ses auxiliaires seront garantis au moins un an pièces et main d'œuvre.
- Le fournisseur fournira les mises à jour du logiciel d'exploitation et de visualisation des données.

6. DOCUMENTS A FOURNIR AVEC L'OFFRE

	CCTP	Date de création : 20250708 Date de mise à jour : 20250911 Page 4 sur 4
	Système de mesure itinérant de flux de CO₂, H₂O et CH₄ par chambre en milieu humide	

- Manuel d'utilisation
- Certificats de conformité