
Cahier des clauses techniques particulières (CCTP)

Marché ayant pour objet la fourniture, l'installation et la mise en service d'une balance automatique de sorption couplée à une caméra pour mesurer les cinétiques, les isothermes de sorption et images, les changements d'état lors des essais de produits d'origine biologique.

1. Table des matières

2.	Contexte général du projet	3
2.1.	Présentation du commanditaire : INRAE.....	3
2.2.	Thématique de Recherche de l'équipe GÉPRO (Génie des Produits)	3
3.	Description des prestations attendues	3
4.	Domaine d'application	4
5.	Spécifications techniques	4
	Description générale du dispositif.....	4
	Descriptif détaillé	4
	Balance de sorption :	4
	Supports :	5
	Contrôles de températures, débits de vapeur et pressions partielles :	5
	Marbre anti-vibration :	5
	Camera :	5
	PC de commande :	5
	Logiciel(s) de pilotage et de traitement :	5
	Possibilités d'amélioration :	5
6.	Formation, Documentation et Frais de livraison	6
7.	Calendrier prévisionnel	6
8.	Garantie	6

2. Contexte général du projet

2.1. Présentation du commanditaire : INRAE

INRAE, l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, est un acteur majeur de la recherche et de l'innovation. L'institut rassemble une communauté de 12 000 personnes, avec 273 unités de recherche, de service et d'expérimentation implantées dans 18 centres sur toute la France.

Institut de recherche finalisée, il se positionne parmi les tout premiers organismes de recherche au monde en sciences agricoles et alimentaires, en sciences du végétal et de l'animal, et en écologie-environnement. Il est le premier organisme de recherche mondial spécialisé sur l'ensemble « agriculture-alimentation-environnement ». INRAE a pour ambition d'être un acteur clé des transitions nécessaires pour répondre aux grands enjeux mondiaux.

Face à l'augmentation de la population et au défi de la sécurité alimentaire, au dérèglement climatique, à la raréfaction des ressources et au déclin de la biodiversité, l'institut a rôle un majeur pour construire des solutions et accompagner la nécessaire accélération des transitions agricoles, alimentaires et environnementales.

2.2. Thématique de Recherche de l'équipe GéPRO (Génie des Produits)

L'équipe Génie des Produits (GéPro) travaille sur la construction des propriétés des produits issus de l'agriculture, notamment en étudiant les procédés de transformation de la matière et les relations composition - structure - propriétés dans les produits obtenus.

L'objectif des recherches est le développement d'outils et connaissances permettant la construction raisonnée de produits, dans notre cas essentiellement des aliments, mais aussi d'autres bioproduits tels que des cosmétiques ou des emballages alimentaire biosourcés.

3. Description des prestations attendues

Le présent marché a pour objet la fourniture, l'installation, la mise en service d'une balance automatique de sorption pour mesurer les cinétiques et les isothermes de sorption ou de désorption couplées à la prise d'images de produits d'origine biologique (exemples indicatifs : poudres alimentaires, fibres, films biosourcés, produits alvéolaires, etc) à la vapeur d'eau.

Le dispositif devra fonctionner à pression atmosphérique et permettre de contrôler la pression partielle de l'eau. Le système complet devra permettre des mesures au moins dans la plage : de 5°C à 85°C.

Le présent appel d'offre comprend la microbalance de sorption, ses accessoires (supports poudre, films et la cellule de perméation), la caméra, la table anti-vibration, la station de travail intégrant les logiciels (pilotage et traitement de données), l'installation, la mise en service, la formation des utilisateurs et les garanties.

Cet équipement sera installé dans les locaux de l'UMR 0782 SayFood (Paris - Saclay Food and Bioproduct Engineering) situés à l'AgroCampus Paris-Saclay (Palaiseau, 91120, France).

4. Domaine d'application

Cette installation a pour objet l'étude des propriétés de sorption dans les produits d'origine biologique à la vapeur d'eau, couplés à la prise d'images dans une grande de températures (entre 5°C - 85°C). Ces propriétés (isothermes, chaleurs isostériques de sorption, coefficients de diffusion, changement d'état) seront utilisées dans le cadre de nos études de propriétés hygroscopiques de divers produits (changements physiques pendant le transport et stockage, effets du procédé de fabrication et/ou formulation, diffusion Fickiane et non-Fickiane, application de modèles de sorption, etc).

Le dispositif devra pouvoir être utilisé de manière flexible pour de nombreuses configurations : cycles de sorption/désorption, mode perméation (avec cellule).

Le comportement hygroscopique des bioproduits (dynamique et à l'équilibre) est une thématique de recherche portée par plusieurs chercheurs de l'UMR 0782 SayFood (Paris - Saclay Food and Bioproduct Engineering). Elle vise, par exemple, mieux prédire le comportement physico-chimique des produits biosourcés (lors de sa fabrication, transport, stockage et utilisation finale), à formuler films biosourcés avec des propriétés barrières à la vapeur d'eau acceptables.

5. Spécifications techniques

Description générale du dispositif

La microbalance de sorption doit comprendre les éléments suivants :

- Une microbalance de sorption
- Une caméra permettant de visualiser (et postérieurement de mesurer) les changements d'état des échantillons
- Un système pour contrôler la température de l'échantillon
- Des supports et accessoires pour travailler sur différents types d'échantillons
- Une cellule de perméation pour travailler sur des films
- Un marbre anti-vibration
- Séchage réelle à 0% HR
- Réservoir d'eau interchangeable avec une capacité allant jusqu'à 1l
- Un PC de contrôle
- Un logiciel (ou des logiciels) de pilotage, d'acquisition, de traitement
- Une extension de garantie

Descriptif détaillé

Balance de sorption :

- La microbalance automatique de sorption doit permettre de mesurer les cinétiques et les isothermes de sorption ou de désorption de produits biosourcés (exemples indicatifs : poudres alimentaires ; produits alvéolaires, fibres lignocellulosiques, films biosourcés (épaisseurs de 1 µm à 500 µm) à la vapeur d'eau.
- Le dispositif devra fonctionner à pression atmosphérique et permettre de contrôler les pressions partielles de l'eau (HR proche de 99%).
- La plage dynamique de mesure doit être d'au moins ± 150 mg.
- La résolution de la balance doit avoisiner 0,01 µg.
- La portée de la balance doit être suffisante pour accepter des portes-échantillon variés.
- Le gaz vecteur pourra être de l'air sec et de l'azote.

Supports :

- Le dispositif doit comporter des portes-échantillons pour des films (quelques mm²), des poudres et des granulés de différentes capacités (exemple de 20 mg à 1000 mg).
- Le dispositif ou ses accessoires doivent comprendre une cellule de perméation (comprenant une solution fermée par le film à étudier et dont le poids est mesuré continument).

Contrôles de températures, débits de vapeur et pressions partielles :

- Le système complet devra permettre des mesures au moins dans la plage : de 5°C à 85°C ($\pm 0.2^\circ\text{C}/24\text{h}$).
- Le système doit générer et mesurer l'humidité relative entre 0% et 98%. Le système doit également permettre le séchage réel à 0,0 % d'humidité relative (HR).
- Contrôle en boucle fermée en temps réel de la génération de pression partielle de vapeur d'eau.
- Conception anti-condensation sur l'ensemble de la plage de températures.
- Les températures des vapeurs et de l'échantillon doivent pouvoir être contrôlés indépendamment.
- Les températures, les pressions partielles (incluant l'humidité relative) et les débits doivent être contrôlées et pilotées par un PC avec la plus grande précision et au plus près de l'échantillon.

Marbre anti-vibration :

Le marbre anti-vibration destiné à supporter la balance de sorption automatique doit être inclus dans l'instrument.

Camera :

Le système doit être doté d'une caméra (résolution 1280 X1024 pixels, grandissement X20, X50 et X200) pour visualiser les changements morphologiques des échantillons in situ, lors de l'hydratation ou déshydratation de l'échantillon. Les images acquises doivent avoir une qualité suffisante pour permettre la mesure des changements dimensionnels des échantillons à posteriori.

PC de commande :

La balance de sorption sera pilotée par un PC et son écran (fournis, clavier AZERTY de préférence).

Logiciel(s) de pilotage et de traitement :

Il sera proposé :

Une licence pour le logiciel de pilotage de la balance de sorption, l'acquisition des données, l'acquisition d'images et le traitement de celles-ci.

Une licence complémentaire du logiciel permettant le traitement des données sur un ordinateur indépendant de la balance de sorption.

Possibilités d'amélioration :

Le système devra permettre d'être amélioré ultérieurement avec des préchauffeurs optionnels, permettant un contrôle de la température entre 5 et 200°C. Cela permet, par exemple, la caractérisation du comportement de perméation en fonction de la température.

Le système devra également permettre l'intégration d'un accessoire de spectroscopie Raman par fibre optique.

6. Formation, Documentation et Frais de livraison

- Le titulaire devra indiquer la nature et l'étendue des formations liées à l'utilisation du dispositif :
 - o Formation pratique à l'utilisation du dispositif et à sa maintenance au moment de l'installation et après un temps d'utilisation à préciser.
 - o Support au développement de méthodes (changement de températures, de supports, cycles, prise d'images, etc.).
- Le titulaire fournira avec chaque matériel, au plus tard à sa livraison, et rédigés en français de préférence (ou à défaut en anglais), les manuels d'entretien et d'exploitation du matériel, les conditions de service après-vente et de maintenance du titulaire.
- Plus spécifiquement, cette documentation devra préciser les protocoles de communication.
- Une liste des applications de ce matériel dans le domaine d'utilisation sera fournie.
- Les frais liés à la livraison du dispositif, à son installation sur le site de l'UMR 0782 SayFood (Paris - Saclay Food and Bioproduct Engineering) et sa mise en service seront précisés.
- Un accès gratuit et sans condition de temps à une plateforme de formation continue.
- Avoir une session sur mesure avec le support scientifique pour assurer une bonne interprétation des résultats.

7. Calendrier prévisionnel

- Réponses attendues pour le 14 novembre 2025 23h00
- L'ouverture des plis aura lieu le 17 novembre 2025
- **La sélection du titulaire s'effectuera le 19 novembre 2025**
- La livraison des équipements est à prévoir pour le 18 décembre 2025

8. Garantie

En prenant compte de la garantie de base et de l'extension de celle-ci, la garantie proposée devra être d'une durée de trois ans à partir de la date d'établissement du procès-verbal d'installation, comprenant main d'œuvre, pièces détachées et déplacement, sur l'ensemble des éléments de l'équipement.

La proposition devra également contenir les offres de maintenance préventive et curative, ainsi qu'une offre de conditions tarifaires sur pièces, main d'œuvre et déplacement et sa durée. Le délai d'intervention du SAV sera précisé. Les possibilités des supports techniques devront être précisées.