



## SITE DE THEIX

Rte de Theix  
63122 Saint-Genès-Champanelle

TEL +33 (0)4 73 62 40 00

# PROJET MODTHEIX 2

## PROGRAMME FONCTIONNEL

### DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS

| REFERENCE DU DOCUMENT | INDICE DE REVISION |
|-----------------------|--------------------|
| 1.01.1                | D                  |
| DATE D'EMISSION       | PAGE               |
| 07/07/25              | 1 sur 38           |

| Fonction            | Nom   | Date de rédaction |
|---------------------|---|-------------------|
| REDACTION           |   |                   |
| INGENIERIE INAUUV   | Guillaume BUSSON  | 10/04/2025        |
| CONTROLE            |   |                   |
| UTILISATEURS INRAE  | Frédéric ANGLARD<br>Mathieu SILBERBERG<br>Cécile MARTIN<br>Christian PICHON | 15/04/2025        |
| SUPPORT INRAE       | Baptiste TERSIN<br>Arnaud HUART   | 15/04/2025        |
| APPROBATION         |   |                   |
| INGENIERIE INAUUV   | Maurice DELBERT   | 11/04/2025        |
| INRAE LEADER PROJET | Philippe PRADEL   | 17/04/2025        |

## SOMMAIRE

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>0.</b> | <b>GÉNÉRALITÉS.....</b>                          | <b>3</b>  |
| 0.1       | OBJET .....                                      | 3         |
| 0.2       | CADRE DE LA CONSULTATION .....                   | 3         |
| 0.3       | HISTORIQUE DES REVISIONS.....                    | 4         |
| 0.4       | LISTE DES ABREVIATIONS .....                     | 4         |
| 0.5       | INTERVENANTS & FONCTIONS .....                   | 4         |
| 0.6       | LISTE DOCUMENTS APPLICABLES AU PROJET .....      | 5         |
| <b>1.</b> | <b>SPECIFICATION BESOIN UTILISATEUR .....</b>    | <b>6</b>  |
| 1.1       | OBJECTIFS DU PROJET / CHAMP D'APPLICATION .....  | 6         |
| 1.2       | LOCALISATION PROJET .....                        | 7         |
| 1.3       | REFERENTIELS REGLEMENTAIRES GENERAUX .....       | 7         |
| 1.4       | PLANNING OPERATION.....                          | 7         |
| 1.5       | CONDITIONS D'ATTRIBUTION.....                    | 7         |
| 1.6       | DESCRIPTION DU BESOIN .....                      | 7         |
| <b>2.</b> | <b>ANALYSE FONCTIONNELLE DE BASE.....</b>        | <b>14</b> |
| 2.1       | DONNEES DE BASE.....                             | 14        |
|           | FONCTIONNEMENT.....                              | 18        |
| 2.2       | MAINTIEN ACTIVITE.....                           | 19        |
| 2.3       | TRAITEMENT D'AIR .....                           | 19        |
| 2.4       | ANALYSEUR GAZ .....                              | 20        |
| 2.5       | SUPERVISION .....                                | 22        |
| 2.6       | REPORTS/ALARMES .....                            | 23        |
| <b>3.</b> | <b>SPECIFICATIONS TECHNIQUES .....</b>           | <b>24</b> |
| 3.1       | REALISATION ENCEINTES.....                       | 24        |
| 3.2       | PRESCRIPTIONS DE REALISATION / INSTALLATION..... | 30        |
| <b>4.</b> | <b>INTERFACES/LIMITES DE PRESTATIONS .....</b>   | <b>31</b> |
| 4.1       | INTERFACES CHANTIER .....                        | 31        |
| 4.2       | MISE A DISPOSITION DES ENERGIES /UTILITES.....   | 31        |
| 4.3       | LIMITES DE PRESTATIONS .....                     | 31        |
| 4.4       | ELECTRICITE .....                                | 33        |
| 4.5       | EQUIPEMENTS HORS SCOPE.....                      | 33        |
| <b>5.</b> | <b>COMMISSIONING .....</b>                       | <b>34</b> |
| 5.1       | REGLES GENERALES DE NETTOYAGE .....              | 34        |
| 5.2       | RECEPTION DES EXISTANTS .....                    | 34        |
| 5.3       | RECEPTION D'INSTALLATION .....                   | 34        |
| 5.4       | ESSAIS / RECEPTION FONCTIONNELLE.....            | 35        |
| 5.5       | FORMATION .....                                  | 36        |
| 5.6       | RECEPTION .....                                  | 36        |
| 5.7       | GARANTIES DE PARFAIT ACHEVEMENT .....            | 36        |
| 5.8       | SERVICE APRES VENTE .....                        | 36        |
| <b>6.</b> | <b>PRESTATIONS D'ETUDES.....</b>                 | <b>37</b> |
| 6.1       | ETUDES EXECUTION.....                            | 37        |
| 6.2       | PLAN QUALITE PROJET .....                        | 37        |
| <b>7.</b> | <b>CADRE PROTOCOLES QUALIFICATIONS.....</b>      | <b>38</b> |
| 7.1       | TABEAU DES QUALIFICATIONS.....                   | 38        |

## 0. GÉNÉRALITÉS

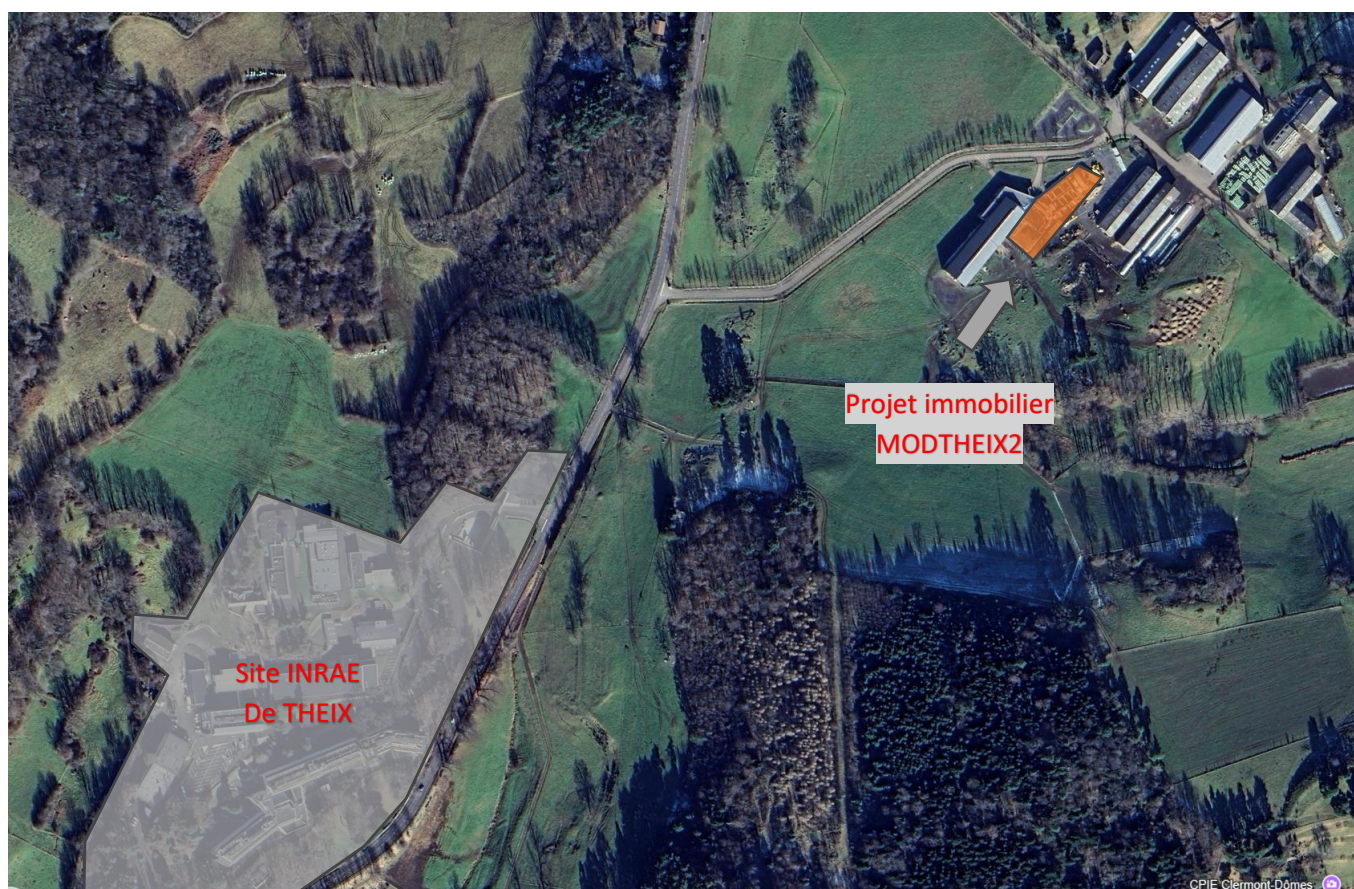
### 0.1 OBJET

Dans le cadre de l'extension de son offre de service, l'Unité Expérimentale Herbipôle (1414) souhaite se doter d'un dispositif d'enceintes métaboliques à ambiance contrôlée pour gros ruminants, nécessaire aux recherches et expérimentations sur les ruminants.

Le présent programme a pour but de définir les besoins fonctionnels, contraintes, prérequis et spécificités des équipements attendus.

### 0.2 CADRE DE LA CONSULTATION

L'équipement, objet de cette consultation, prendra place dans la salle CH4 construite dans le cadre du projet immobilier MODTHEIX2 en cours de construction. La livraison du bâtiment est programmée pour fin juillet 2025.



Le présent marché est consulté en dialogue compétitif (cf. dossier administratif de la consultation – pièces n°0.01 et 0.02).

Le présent programme sera également proposé en langue Anglaise. La version Française restera le référentiel opposable à toutes incompréhensions et/ou litiges.

|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | <b>PROJET MODTHEIX 2</b><br><b>PROGRAMME FONCTIONNEL</b><br>DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) |  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 |  | PAGE 4 sur 38   |

### 0.3 HISTORIQUE DES REVISIONS

| Révision   | Objet de la révision           | Date     | Auteur    | Contrôle   |
|------------|--------------------------------|----------|-----------|------------|
| DRAFT 0    | CREATION DOC                   | 27/11/24 | G. BUSSON | M. DELBERT |
| DRAFT 1    | POUR REUNION DU 5/12/24        | 04/12/24 | G. BUSSON | M. DELBERT |
| DRAFT 2    | POUR REUNION DU 16/12/24       | 16/12/24 | G. BUSSON | M. DELBERT |
| DRAFT 3    | POUR REUNION DU 09/01/25       | 06/01/25 | G. BUSSON | M. DELBERT |
| REVISION A | EDITION INITIALE POUR CONTROLE | 13/01/25 | G. BUSSON | M. DELBERT |
| REVISION B | EDITION POUR CONSULTATION      | 17/02/25 | G. BUSSON | M. DELBERT |
| REVISION C | EDITION POUR PUBLICATION       | 07/07/25 | G. BUSSON | M. DELBERT |
| REVISION D | EDITION POUR CONSULTATION      | 07/07/25 | G. BUSSON | M. DELBERT |

### 0.4 LISTE DES ABREVIATIONS

| FRANÇAIS     |   | ANGLAIS      |                                      |
|--------------|---|--------------|--------------------------------------|
| Abréviations | Désignation                                 | Abréviations | Désignation                          |
| AEP          | Alimentation Eau Potable                    | RW           | Raw water                            |
| CVC          | Chauffage Ventilation Conditionnement d'air | HVAC         | Handle Ventilation Air Conditioning  |
| CQ           | Contrôle Qualité                            | QC           | Quality Control                      |
| PROG         | PROGramme                                   | RS           | Requirement Specifications           |
| ST           | Spécifications Techniques                   | DS           | Design Specifications                |
| SBU          | Spécification Besoin Utilisateur            | URS          | Users Requirement Specification      |
| EPU          | Eau PURifiée                                | PUW          | PURified Water                       |
| EXE          | EXEcution                                   | EXE          | EXEcution                            |
| RU           | Réception Usine                             | FAT          | Factory Acceptance Tests             |
| AFB          | Analyse Fonctionnelle de Base               | FDS          | Functional Design Specification      |
| HSE          | Hygiène Sécurité Environnement              | HSE          | Health Safety Environment            |
| QC           | Qualification de Conception                 | DQ           | Design Qualification                 |
| QI           | Qualification de L'installation             | IQ           | Installation Qualification           |
| QO           | Qualification Opérationnelle                | OQ           | Operational Qualification            |
| QP           | Qualification de Performances               | PQ           | Process Qualification                |
| RS           | Réception sur Site                          | SAT          | Site Acceptance Test                 |
| TQC          | Tel Que Construit                           | AB           | As Built                             |
| CSPS         | Coordinateur Sécurité Prévention Santé      | SPHC         | Safety Prevention Health Coordinator |
| PGC          | Plan générale de coordination               | GCM          | General Coordination Master          |
| AU           | Arrêt d'urgence                             | ES           | emergency stop                       |
| GWP          | Potentiel de réchauffement                  | GWP          | Global warming potential             |
| CTA          | Centrale de traitement d'air                | ATP          | Air treatment plant                  |
| THI          | Indice de Température et d'Humidité         | THI          | Temperature Humidity Index           |
| PID          | Schéma tuyauterie et instrumentation        | PID          | Piping and Instrumentation Diagram   |
| POE          | Power Over Ethernet                         | POE          | Power Over Ethernet                  |
| CSV          | Valeurs Séparées par des Virgules           | CSV          | Comma Separated Values               |

### 0.5 INTERVENANTS & FONCTIONS

| NOM/PRENOM         | VISA | QUALITE / FONCTION                |
|--------------------|------|-----------------------------------|
| Phillipe PRADEL    | PPL  | Directeur Adjoint HERBIPOLE       |
| Baptiste TERSIN    | BTN  | Resp.Travaux Site                 |
| Arnaud HUART       | AHT  | Resp Management Projet            |
| Mathieu SILBERBERG | MSG  | Ingénieur                         |
| Frédéric ANGLARD   | FAD  | Utilisateur                       |
| Christian PICHON   | CPN  | Utilisateur                       |
| Cecile MARTIN      | CMN  | Chercheur                         |
| Guillaume BUSSON   | GBN  | INAUV Resp Projet                 |
| Maurice DELBERT    | MDT  | INAUV Ing Qualité / HSE pole labo |

|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | PROJET MODTHEIX 2  | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) | PROGRAMME FONCTIONNEL  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 | DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS | PAGE 5 sur 38   |

## 0.6 LISTE DOCUMENTS APPLICABLES AU PROJET

Se référer à la pièce n°0.00\_Liste des pièces du DCE, listant l'ensemble des documents écrits et graphique applicable et opposable à ce projet, et inclus dans le dossier de consultation des entreprises.



|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | PROJET MODTHEIX 2  | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) | PROGRAMME FONCTIONNEL  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 | DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS | PAGE 6 sur 38   |

# 1. SPECIFICATION BESOIN UTILISATEUR

## 1.1 OBJECTIFS DU PROJET / CHAMP D'APPLICATION

### 1.1.1 *Contexte, présentation générale du projet*

Les systèmes d'élevage doivent faire face à un défi majeur à l'échelle de la planète : répondre à une demande croissante de produits animaux tout en limitant leurs impacts environnementaux et la concurrence sur les ressources pour l'alimentation humaine. Dans ce contexte général, les systèmes d'élevage de ruminants posent des questions particulières dans la mesure où ils sont à la fois des producteurs importants de rejets polluants (gaz à effet de serre) et notamment de méthane entérique (CH<sub>4</sub>, rejets azotés) des transformateurs peu efficaces des ressources alimentaires qu'ils consomment comparés aux monogastriques, mais aussi des utilisateurs irremplaçables des territoires et des surfaces fourragères qu'ils exploitent.

Ce défi pose à la recherche de nombreuses questions qui sont au cœur des priorités scientifiques de INRAE.

L'un des objectifs est de conjuguer la réduction de l'impact environnemental des ruminants avec l'obtention de produits animaux sûrs et acceptés par le consommateur et le citoyen.

En parallèle, nombreux sont les opérateurs impliqués à différents niveaux des filières de production animale qui cherchent aujourd'hui à avancer dans cette même voie, pour proposer, à terme, des solutions opérationnelles de réduction de ces émissions, dans l'objectif de maintenir un niveau de production optimal et donc de préserver la compétitivité des exploitations.

L'UE Herbipôle est un dispositif expérimental qui propose aux équipes de recherche des équipements permettant de réaliser les expérimentations qui leur sont nécessaires. L'équipement de nouveaux locaux qui seront construits en 2024-2025 avec le dispositif d'enceintes métaboliques à ambiance contrôlée pour gros ruminants permettra de compléter l'offre expérimentale de l'UE Herbipôle (<https://www.inrae.fr/actualites/comment-mesurer-methane-enterique-emis-ruminants>)

### 1.1.2 *Objectifs recherchés*

La stratégie scientifique autour de la méthanogenèse s'organise autour de différents volets de recherche complémentaires faisant appel à de l'expérimentation animale pour l'acquisition de nouvelles données et de l'intégration de données existantes. Ces recherches couvrent les domaines du fondamental et de l'appliqué, et s'articulent autour de 3 mots clés : COMPRENDRE, QUANTIFIER, PREDIRE.

COMPRENDRE : en étudiant les mécanismes (microbiens ou non) de la méthanogenèse dans le rumen des différentes stratégies de réduction testées pour in-fine en imaginer de nouvelles.

PREDIRE : en recherchant des indicateurs non invasifs de la méthanogenèse afin de proposer des équations de prédiction des émissions de CH<sub>4</sub>. Cette piste de recherche est un front de science et présente des potentialités intéressantes de propriétés intellectuelles si l'on arrive à identifier un ou plusieurs marqueurs périphériques pertinents.

QUANTIFIER : ce 3ème mot clé est la clé de voute du projet puisque des bilans quantitatifs fiables et précis des émissions de CH<sub>4</sub> permettent de tester la pertinence des stratégies de réduction proposées et des prédicteurs non invasifs identifiés. La technique des enceintes métaboliques est considérée comme la référence (Gold Standard Method) dans la communauté scientifique internationale. Elle permet entre autres des mesures en cinétique de la production quotidienne de gaz (dont le CH<sub>4</sub>) ce qui lui confère l'originalité d'étudier les mécanismes d'action des différents aliments ou compléments alimentaires anti-méthanogènes testés. Ce dispositif sera donc d'une grande utilité pour répondre aux demandes croissantes des acteurs de la filière en recherche de solutions nutritionnelles pour limiter les rejets polluants (gaz à effet de serre, rejets azotés) des ruminants, dont les émissions de CH<sub>4</sub> entérique.

Chaque enceinte métabolique sera équipée d'un système de collecte des fèces et urines de l'animal pour réaliser des bilans digestifs et azotés (azote, ammoniac) qui viendront compléter les flux de CH<sub>4</sub> entérique, dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et hydrogène (H<sub>2</sub>) émis par l'animal. Enfin, d'autres flux de gaz d'intérêt seront quantifiés via l'acquisition de capteurs dédiés : flux d'oxygène (O<sub>2</sub>) consommés par l'animal pour des études de métabolisme énergétique ; flux de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), relargués par les effluents, etc... Il est également prévu d'installer des capteurs de comportement de l'animal (caméra, fréquence cardiaque) afin de suivre la réponse en termes de bien-être, santé et capacité d'adaptation de l'animal face à différentes conditions alimentaires (y compris la disponibilité en eau) et conditions environnementales (température, hygrométrie ; index THI) qui seront simulées au sein des enceintes à ambiance contrôlée. Cet équipement permettra de réaliser des études complètes de la fonction ingestive, digestive, métabolique, zootechnique et santé de l'animal à l'échelle individuelle en fonction de différents traitements relatifs aux changements climatiques (nouvelles ressources alimentaires, stress thermique et hydrique, ...).

## 1.2 LOCALISATION PROJET

Cet ensemble sera implanté dans l'extension de la stabulation « Les Intraboïs » du site INRAE de Theix, créée dans le cadre du projet immobilier MODTHEIX 2 (Restructuration et modernisation du dispositif expérimental de l'unité Herbipôle). Cette extension en simple rez-de-chaussée est en cours de construction.

Les pièces n°2.02 à 2.11 précisent l'environnement, le positionnement des enceintes, les utilités en attentes ainsi que la zone et/ou l'emprise maximale disponible pour la réalisation de l'équipement.

La pièce n°2.01 précise la position des lanterneaux de désenfumage.

Les pièces n°2.02 et 2.03 donnent le volume disponible pour l'implantation du dispositif.

Les pièces n°2.04 et 2.09 la précises les jeux de niveaux prévus en dalles pour permettre la gestion des flux (animaux, alimentations, animalier, bac fèces).

## 1.3 REFERENTIELS REGLEMENTAIRES GENERAUX

Les prestations concernées par le présent document seront réalisées en conformité avec les Normes, Décrets, Règlements et Documents Techniques Unifiés en vigueur en France à la date du présent document.

- CODE DU TRAVAIL CATEGORIE I ;
- CODE DES MARCHES PUBLICS ;
- DIRECTIVE 2010/63/UE ;
- REFERENTIELS EXPERIMENTATION DDPP / EUROPEEN ;
- ISO 50001 MAITRISE DE L'ENERGIE ;
- DIN 18910 Isolation thermique des bâtiments d'élevage fermés - Isolation thermique et ventilation - Bases de planification et de calcul pour les étables fermées à ventilation forcée.

## 1.4 PLANNING OPERATION

Voir le planning prévisionnel joint à la présente consultation (cf. pièce n°0.04).

## 1.5 CONDITIONS D'ATTRIBUTION

Voir règlement de consultation (cf. pièce n°0.01).

## 1.6 DESCRIPTION DU BESOIN

### Glossaire des CRITICITES :

- REGlementaire / PV classement → REG ;
- IMPératif / Obligatoire (Intangible selon le code des marchés publics) → IM/OB ;
- Tranche Optionnelle → TO ;
- Tranche Supplémentaire Eventuelle Facultative → TSEF ;
- Réception suivant Cadre Protocole de Qualifications (QI / QO / QP) → QUALIF ;
- SOUhaité (Tangible selon le code des marchés publics) → SOU ;
- Pour Information → PI.

| X-TITRE DE L'ASPECT DETAILLE |   |                |
|------------------------------|---|----------------|
| ITEM                         | INTITULE<br>Description   | CRITICITE      |
| 1-ASPECT ACTIVITES           |   |                |
| 1.01                         | <b>TYPLOGIE ESPECES</b><br>Bovins allaitants et laitiers de 100 à 900 kg.   | IM/OB          |
| 1.02                         | <b>UTILISATION</b><br>Chacune de ces enceintes hébergera un seul gros ruminant.<br>Cet ensemble doit permettre l'hébergement d'un bovin par enceinte pour des séjours ponctuels dans le cadre des protocoles établis. | IM/OB<br>IM/OB |

|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | PROJET MODTHEIX 2  | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) | PROGRAMME FONCTIONNEL  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 | DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLEE POUR GROS RUMINANTS | PAGE 8 sur 38   |

|             |   |  |
|-------------|---|--|
|             | <p>La durée des cycles de stabulation peut varier (en continu 24/24H) de 4 à 14 jours. La durée globale d'utilisation annuelle des enceintes est de 9 mois et/ou 12 mois. L'occupation de chaque enceinte est indépendante / la simultanéité d'occupation peut être de 2, 3 ou 4.</p> <p>Il peut y avoir une seule enceinte en test / contrôle.</p>   | <p>IM/OB</p> <p>IM/OB</p> <p>PI</p>  |
| <b>1.03</b> | <p><b>CARACTERISITIKES DIMENSIONNELLES &amp; TECHNIQUES</b> (pour chaque enceinte)</p> <p><u>Implantation des Enceintes dans salle CH4 :</u><br/>Voir plan coté de principe en annexe au dossier pièce n°2.02.</p> <p><u>Dimensions de l'enceinte :</u><br/>Voir plan coté de principe en annexe au dossier pièce n°1.14.<br/>Hauteur intérieure libre minimale sous plafond → 2,40 m.</p> <p><u>Aménagement de l'enceinte :</u><br/>A l'intérieur de chaque enceinte, une circulation périphérique à la zone de contention de l'animal sera prévue largeur mini 0,60m.<br/>Il y aura à minima un passage largeur 0,60 de disponible entre auge nutrition et la porte coté animalier.</p> <p><u>Gabarit passage libre : Porte côté animal :</u><br/>Largeur libre mini → 160 cm.<br/>Hauteur libre mini → 220 cm.<br/>Technologie ouverture → battant à étanchéité renforcée à l'air.<br/>Ouverture à 180°.<br/>Adaptation avec les jeux de niveau de la dalle béton selon 3D des jeux de niveaux pièce n°2.09.</p> <p><u>Gabarit passage libre : Porte côté animalier :</u><br/>Largeur minimale → en fonction de l'encombrement / manutention des auges.<br/>Hauteur libre mini → 210 cm.<br/>Technologie ouverture → battant à étanchéité renforcée a l'air.<br/>Ouverture à 120° minimum.</p> | <p>IM/OB</p> <p>IM/OB<br/>IM/OB</p> <p>IM/OB<br/>IM/OB</p> <p>IM/OB<br/>IM/OB<br/>IM/OB<br/>IM/OB<br/>IM/OB</p> <p>IM/OB<br/>IM/OB<br/>IM/OB<br/>IM/OB</p> |
| <b>1.04</b> | <p><b>PRE REQUIS CONCEPTION ENCEINTES</b> (Caractéristiques constructives)</p> <p><u>Cloisonnement / plafond / portes / vitrages :</u><br/>Etanche → maintien dépressurisation ambiance (dépression).<br/>Finition → lisse facilement lessivable.<br/>Imputrescible / non relarguant.<br/>Nettoyable courant à chaud 50°C + détergent / désinfectant dilué.<br/>Démontable / Réparable.<br/>Résistance chimique :<br/>➤ Résistance aux projections d'urine ;<br/>➤ Plage pH produits : 2 à 12.</p> <p><u>Sols :</u><br/>Finition sols → Résine époxy. Indice Glissance R12 / indice PTV 36+.<br/>Couchages ruminants → tapis fourni par INRAE.</p> <p><u>Vitrages :</u><br/>Chaque enceinte devra avoir un maximum de vitrage pour observations extérieures ainsi que pour le bien-être animal. Une attention particulière sera portée sur le fait que les animaux en expérimentation puissent se voir entre enceintes.<br/>Chaque enceinte comportera à minima 2 vitrages.<br/>Ils prendront en compte les risques de chocs possibles.</p> <p><u>Portes :</u><br/>Etanchéité à l'air renforcée &lt;50m³/h sous 15Pa.</p>   | <p>IM/OB<br/>IM/OB<br/>IM/OB<br/>IM/OB<br/>SOU</p> <p>IM/OB<br/>SOU</p> <p>IM/OB<br/>PI</p> <p>IM/OB<br/>IM/OB<br/>IM/OB</p> <p>QUALIF</p>                 |



|      |  |  |
|------|--|--|
|      | <p><u>Appareillages terminaux :</u><br/>Matériels semi encastrée seulement pour prise et encastré pour les luminaires et les bouches de ventilation pour faciliter le nettoyage.</p> <p><u>Accessibilité sur plafond :</u><br/>Plafond marchable avec surcharge de 125kg/m².</p>   | <p>IM/OB</p> <p>SOU</p>  |
| 1.05 | <p><b>CONDITIONS D'AMBIANCE REQUISES</b></p> <p>Voir Diagramme PSYCHOMETRIQUE /TABLEAU THI pièce n°1.11.</p> <p><u>Température :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Plage Température :</u> entre +10 et +35°C ;</li> <li>• <u>Précision Température :</u> +/- 1°C ;</li> <li>• <u>Homogénéité :</u> +/-1°C.</li> </ul> <p><u>Hygrométrie :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Plage Hygrométrie :</u> entre 35 et 75% ;</li> <li>• <u>Hygrométrie précision :</u> +/-5% ;</li> <li>• <u>Homogénéité :</u> +/-3%.</li> </ul> <p><u>Poids d'eau :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Plage poids d'eau :</u> entre 5.4 et 20.8 g/kgas mesuré au soufflage et à la reprise d'air de la chambre (comme l'ammoniac pour éviter le passage sur les batteries froides) ;</li> <li>• <u>Sensibilité/répétabilité de la mesure :</u> &lt; 0.1 g ;</li> <li>• <u>Temps de réponse de l'appareil :</u> &lt; 10 min.</li> </ul> <p><u>THI Indicateur de confort thermique :</u> Les animaux devront se situer dans les valeurs indiquées suivant tableau FDS chapitre HVAC.</p> <p><u>Concentration maxi admissible en CO2 :</u> 5000 ppm en qualification et 3000 ppm en fonctionnement normal.</p> <p><u>Pression :</u> -15 Pa +/-5 (delta avec salle CH4 pour permettre la récupération de 100% des gaz émis dans l'enceinte).</p> <p><u>Filtration air rentrant :</u> G4 (Efficacité 90% sur particule 10µm) / F7 efficacité.</p> <p><u>Contrôle particulaire :</u> Sans Objet.</p> <p><u>Régime de fonctionnement :</u> 100% air neuf.</p> <p><u>Eclairage gradable :</u> De 0 à 400 Lux / T°C 4000K / fonction DALI (réglable) / CYCLE NYCTHEMERAL programmable.</p> <p><u>Niveau sonore :</u> Inferieur à NR 50 dans l'enceinte dans les conditions de brassage maximum.</p> <p><u>Vibration :</u> A éviter car préjudiciable.</p> <p><u>Acoustique :</u> Les parois intérieures nettoyables et décontaminables devront si possible minimiser la réverbération des bruits intérieurs.</p> | <p>QUALIF<br/>QUALIF<br/>QUALIF</p> <p>QUALIF<br/>QUALIF<br/>QUALIF</p> <p>QUALIF</p> <p>QUALIF<br/>QUALIF</p> <p>QUALIF</p> <p>QUALIF</p> <p>IM/OB</p> <p>IM/OB</p> <p>QUALIF</p> <p>QUALIF</p> <p>SOU</p> <p>SOU</p> |
| 1.06 | <p><b>AMENAGEMENTS &amp; EQUIPEMENTS INTERNES</b></p> <p><u>Abreuvoir :</u><br/>Quantité : 1 par enceinte.<br/>Caractéristiques : Voir spécification générale § 3.1.<br/>Chaque abreuvoir sera comptabilisé en continu afin d'enregistrer la cinétique d'abreuvement.</p>  | <p>IM/OB<br/>IM/OB<br/>QUALIF</p>  |

|      |  |  |
|------|--|--|
|      | <p><u>Auges de nutrition avec peson :</u><br/> Quantité :<br/> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 par enceinte en base ;</li> <li>1 supplémentaire par enceinte.</li> </ul> Caractéristiques : Voir spécification générale § 3.1.<br/> Chaque auge sera pesée en continu afin d'enregistrer la cinétique d'ingestion des aliments sera enregistrée.</p> <p><u>Barrières internes de protection :</u><br/> Quantité : 1 de part et d'autre du tapis.<br/> Type : Voir spécification générale § 3.1.<br/> Elles permettront le passage et la protection de l'opérateur et faciliteront l'insertion de l'animal.</p> <p><u>Système d'attache de l'animal :</u><br/> Il sera prévu la fourniture du système de contention de l'animal (chaines / licols permettant la liberté de mouvement et la sécurisation des personnes et des biens). La robustesse de l'ancrage devra être prise en compte.</p> <p><u>Bac de récupération des fèces :</u><br/> Quantité : 1 jeu de 2 bacs par enceinte.<br/> Type : Voir spécification générale § 3.1.<br/> Siphon en fond de fosse (hors prestations).<br/> Ils permettront la récupération des fèces à l'extérieur de l'enceinte pour pesées et analyses.<br/> Une grille caillebotis inox amovible au-dessus des bacs fèces supportant la charge d'un animal sera prévoir.</p> <p><u>Prise de Vide pour pot de traite :</u><br/> 1 robinet manuel embout lisse par enceinte pour connexion par souple à prévoir depuis réseau en attente, position à valider dans volume.<br/> Pot de traite fourni par INRAE.</p> <p><u>Voix Données Images :</u><br/> 2 prises RJ45 pour PC sont à prévoir par enceinte (devant et derrière l'animal).<br/> 1 caméra avec enregistrement sonore est à prévoir par enceinte pour surveillance comportement à distance (sur prise RJ45 POE supplémentaire).<br/> Soit 3 prises RJ 45 au total en applique.<br/> Format vidéo accepté :<br/> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ MP4 démultiplexer ;</li> <li>✓ MPEG démultiplexer ;</li> <li>✓ H264/AVC vidéo décoder ;</li> <li>✓ MPEG-2 vidéo décoder ;</li> <li>✓ MPEG-4 vidéo décoder ;</li> <li>✓ AAC audio décoder.</li> </ul> 1 haut-parleur est à prévoir pour la diffusion sonore individualisée depuis PC supervision.</p> | <p>IM/OB<br/>TO 02<br/>IM/OB<br/>QUALIF</p> <p>IM/OB<br/>IM/OB<br/>IM/OB</p> <p>IM/OB</p> <p>IM/OB<br/>IM/OB<br/>PI<br/>PI</p> <p>IM/OB</p> <p>IM/OB<br/>PI</p> <p>IM/OB<br/>IM/OB</p> <p>IM/OB</p> <p>SOU<br/>SOU<br/>SOU<br/>SOU<br/>SOU<br/>SOU<br/>IM/OB</p> |
| 1.07 | <p><b>ANALYSEURS DE GAZ</b><br/> Quantité : ils seront au nombre de 2 communs au 4 enceintes et en tranche optionnelle comme suit :<br/> <ul style="list-style-type: none"> <li>Analyseur 1 (Animal) ;</li> <li>Analyseur 2 (Animal et effluent).</li> </ul> Particularités : Voir spécification générale § 3.1.<br/> Chaque analyseur de gaz répondra aux besoins suivants :</p>  | <p>IM/OB<br/>TO 01<br/>IM/OB<br/>IM/OB/</p>  |

|                            | <div>1- <u>Analyseur 1 (Animal)</u></div> <table><tr><th>Gaz à analyser</th><th>Plage de mesure</th><th>Sensibilité/répétabilité de la mesure</th><th>Temps de réponse de l'appareil</th></tr><tr><td>CO2 =dioxyde de carbone</td><td>0/10000 ppm</td><td>1 ppm</td><td>1 min pour 90% de l'écart 500-3000 ppm</td></tr><tr><td>CH4= Méthane</td><td>100/1000 ppm</td><td>0,3 ppm (ou &lt;1% : 30 ppm à 1000 ppm)</td><td>1 min pour 90% de l'écart 1-10 ppm</td></tr></table> <div>2- <u>TO1 : Analyseur 2 (Animal et Effluent)</u></div> <table><tr><th>Gaz à analyser</th><th>Plage de mesure</th><th>Sensibilité/répétabilité de la mesure</th><th>Temps de réponse de l'appareil</th></tr><tr><td>CH4= Méthane</td><td>0-100 ppm</td><td>10 ppb</td><td></td></tr><tr><td>O2=Oxygène</td><td>0-25%</td><td>0,0025 % (ce qui correspond à 100 ppm de gradient de CO2)</td><td></td></tr><tr><td>H2= Hydrogène</td><td>0-0.5 %</td><td></td><td></td></tr><tr><td>NH3= Ammoniac</td><td>0-50 ppm</td><td>1 ppb</td><td>&lt; 20 min</td></tr><tr><td>N2O=Protoxyde d'azote</td><td>0-20 ppm</td><td>1 ppb</td><td>&lt; 10 min</td></tr></table> | Gaz à analyser  | Plage de mesure                        | Sensibilité/répétabilité de la mesure | Temps de réponse de l'appareil | CO2 =dioxyde de carbone | 0/10000 ppm | 1 ppm | 1 min pour 90% de l'écart 500-3000 ppm | CH4= Méthane | 100/1000 ppm | 0,3 ppm (ou <1% : 30 ppm à 1000 ppm) | 1 min pour 90% de l'écart 1-10 ppm | Gaz à analyser | Plage de mesure | Sensibilité/répétabilité de la mesure | Temps de réponse de l'appareil | CH4= Méthane | 0-100 ppm | 10 ppb |  | O2=Oxygène | 0-25% | 0,0025 % (ce qui correspond à 100 ppm de gradient de CO2) |  | H2= Hydrogène | 0-0.5 % |  |  | NH3= Ammoniac | 0-50 ppm | 1 ppb | < 20 min | N2O=Protoxyde d'azote | 0-20 ppm | 1 ppb | < 10 min | <div>/QUALIF</div> <div>/QUALIF – TO1</div> |
|----------------------------|---|---|--|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------|-------|--|--------------|--------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------|-----------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------|-----------|--------|--|------------|-------|---|--|---------------|---------|--|--|---------------|----------|-------|----------|-----------------------|----------|-------|----------|---|
| Gaz à analyser             | Plage de mesure   | Sensibilité/répétabilité de la mesure   | Temps de réponse de l'appareil         |                                       |                                |                         |             |       |  |              |              |                                      |                                    |                |                 |                                       |                                |              |           |        |  |            |       |   |  |               |         |  |  |               |          |       |          |                       |          |       |          |   |
| CO2 =dioxyde de carbone    | 0/10000 ppm   | 1 ppm   | 1 min pour 90% de l'écart 500-3000 ppm |                                       |                                |                         |             |       |  |              |              |                                      |                                    |                |                 |                                       |                                |              |           |        |  |            |       |   |  |               |         |  |  |               |          |       |          |                       |          |       |          |   |
| CH4= Méthane               | 100/1000 ppm  | 0,3 ppm (ou <1% : 30 ppm à 1000 ppm)  | 1 min pour 90% de l'écart 1-10 ppm     |                                       |                                |                         |             |       |  |              |              |                                      |                                    |                |                 |                                       |                                |              |           |        |  |            |       |   |  |               |         |  |  |               |          |       |          |                       |          |       |          |   |
| Gaz à analyser             | Plage de mesure   | Sensibilité/répétabilité de la mesure   | Temps de réponse de l'appareil         |                                       |                                |                         |             |       |  |              |              |                                      |                                    |                |                 |                                       |                                |              |           |        |  |            |       |   |  |               |         |  |  |               |          |       |          |                       |          |       |          |   |
| CH4= Méthane               | 0-100 ppm   | 10 ppb  |  |                                       |                                |                         |             |       |  |              |              |                                      |                                    |                |                 |                                       |                                |              |           |        |  |            |       |   |  |               |         |  |  |               |          |       |          |                       |          |       |          |   |
| O2=Oxygène                 | 0-25%   | 0,0025 % (ce qui correspond à 100 ppm de gradient de CO2)                           |  |                                       |                                |                         |             |       |  |              |              |                                      |                                    |                |                 |                                       |                                |              |           |        |  |            |       |   |  |               |         |  |  |               |          |       |          |                       |          |       |          |   |
| H2= Hydrogène              | 0-0.5 %   |   |  |                                       |                                |                         |             |       |  |              |              |                                      |                                    |                |                 |                                       |                                |              |           |        |  |            |       |   |  |               |         |  |  |               |          |       |          |                       |          |       |          |   |
| NH3= Ammoniac              | 0-50 ppm  | 1 ppb   | < 20 min                               |                                       |                                |                         |             |       |  |              |              |                                      |                                    |                |                 |                                       |                                |              |           |        |  |            |       |   |  |               |         |  |  |               |          |       |          |                       |          |       |          |   |
| N2O=Protoxyde d'azote      | 0-20 ppm  | 1 ppb   | < 10 min                               |                                       |                                |                         |             |       |  |              |              |                                      |                                    |                |                 |                                       |                                |              |           |        |  |            |       |   |  |               |         |  |  |               |          |       |          |                       |          |       |          |   |
| 1.08                       | <div>PARAMETRES ALIMENTAIRES</div> <div><div>Mesures dynamiques quantité abreuvement en eau : Par Débitmètre totalisateur Précision Mesures 1% / Horodatage.</div><div>Mesures dynamiques quantité aliments ingérés : Pondéral par Pesons ou plateau peseur plage 0/100kg précision 0.5% / Horodatage.</div></div>  | <div>QUALIF</div> <div>QUALIF</div>   |  |                                       |                                |                         |             |       |  |              |              |                                      |                                    |                |                 |                                       |                                |              |           |        |  |            |       |   |  |               |         |  |  |               |          |       |          |                       |          |       |          |   |
| 2-ASPECT ASSURANCE QUALITE |   |   |  |                                       |                                |                         |             |       |  |              |              |                                      |                                    |                |                 |                                       |                                |              |           |        |  |            |       |   |  |               |         |  |  |               |          |       |          |                       |          |       |          |   |
| 2.01                       | <div>SUPERVISION /MONITORING CONDITIONS AMBIANCES</div> <div>Intégration des données.<br/>Architecture pages écran entre les données analyses gaz, monitoring conditions ambiances, VDI, paramètres alimentaires.<br/>Audit trail ➔ suivant 21CFR part 11.<br/>Supervision de type SCADA.<br/>Poste Terminal sous WINDOWS.</div>  | <div>IM/OB</div> <div>IM/OB</div> <div>IM/OB</div> <div>SOU</div> <div>QUALIF</div> |  |                                       |                                |                         |             |       |  |              |              |                                      |                                    |                |                 |                                       |                                |              |           |        |  |            |       |   |  |               |         |  |  |               |          |       |          |                       |          |       |          |   |
| 2.02                       | <div>ENREGISTREMENTS /SAUVEGARDE (des données brutes)</div> <div>Capacité / autonomie 72H mini en mémoire tampon sur analyseur seul.<br/>Onduleur à prévoir par fournisseur pour la continuité des mesures.</div>   | <div>IM/OB</div> <div>IM/OB</div>   |  |                                       |                                |                         |             |       |  |              |              |                                      |                                    |                |                 |                                       |                                |              |           |        |  |            |       |   |  |               |         |  |  |               |          |       |          |                       |          |       |          |   |
| 2.03                       | <div>ETALONNAGE DES SONDES /CAPTEURS</div> <div>Certificat d'étalonnage usine calibrage au démarrage ou sur demande utilisateur.</div>  | <div>QUALIF</div>   |  |                                       |                                |                         |             |       |  |              |              |                                      |                                    |                |                 |                                       |                                |              |           |        |  |            |       |   |  |               |         |  |  |               |          |       |          |                       |          |       |          |   |
| 2.04                       | <div>CONTINUITE DE SERVICE</div> <div>GE de site à réarmement manuel (Remise en service effective 1h30 après coupure).</div>  | <div>PI</div>   |  |                                       |                                |                         |             |       |  |              |              |                                      |                                    |                |                 |                                       |                                |              |           |        |  |            |       |   |  |               |         |  |  |               |          |       |          |                       |          |       |          |   |

|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | PROJET MODTHEIX 2  | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) | PROGRAMME FONCTIONNEL  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 | DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS | PAGE 12 sur 38  |

|                     |  |  |
|---------------------|--|--|
| <b>2.05</b>         | <b>CONTROLE D'ACCES</b><br>Uniquement sur salle CH4.<br>Prévoir contact sur toutes les portes (2 contacts par enceinte) avec report monitoring / alarmes état.   | PI<br><br>QUALIF                       |
| <b>2.06</b>         | <b>MATERIAUX</b><br>L'usage de bois ou dérivés est interdit.<br>Favoriser l'usage de matériaux en acier inoxydable.  | IM/OB<br>SOU                           |
| <b>3-ASPECT HSE</b> |  |  |
| <b>3.01</b>         | <b>RISQUE INCENDIE</b><br>Pas de détection dans les enceintes<br>Action sur détection incendie <b>salle CH4</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arrêt ventilation salle CH4 → ventilation naturelle par déclenchement ouverture skydômes de désenfumage + ouverture manuelle porte d'accès extérieur.</li> <li>• Arrêt de la ventilation de chaque enceinte et mise à l'aire libre par événement automatisé.</li> </ul>   | PI<br><br>PI<br><br>IM/OB<br>/QUALIF   |
| <b>3.02</b>         | <b>RISQUE ANOXIE</b><br>Détecteur concentration CO2 dans ambiance de chaque enceinte + détection sur prise d'air neuf (contrôle pollution extérieure).<br>Action sur détection individuelle de CO2 : <ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt; 3000 ppm → alarme visuelle et sonore.</li> <li>• &gt; 5000 ppm → Arrêt centrale, ventilation naturelle automatique de l'enceinte et ouverture des événements permettant de créer un flux d'air naturel.</li> <li>• Seuils modifiables sous login</li> </ul> | IM/OB<br><br>IM/OB<br>IM/OB<br><br>SOU |
| <b>3.03</b>         | <b>RESISTANCE CORROSION AUX PRODUITS CHIMIQUES</b><br>Résistant aux projections de déjections animales (Urine, fèces).<br>Résistant aux solutions de nettoyage avec détergent / désinfectant dilué.<br>Résistant aux solutions de nettoyage avec T°C maxi de 70°C.   | IM/OB<br>IM/OB<br>IM/OB                |
| <b>3.04</b>         | <b>RISQUE POLLUTION AIR/EAU/DECHETS</b><br>Pas de risque particulier identifié.  | PI                                     |
| <b>3.05</b>         | <b>ERGONOMIE DE POSTE /POSTURE</b><br>Pas de seuil au droit des bacs de récupération de fèces suivant 3D des bacs à fèces pièce n°1.13.<br>Toutes interventions humaines sur des organes, matériels amovibles et équipements devront répondre aux exigences de CODE DU TRAVAIL.  | IM/OB<br><br>REG                       |
| <b>3.06</b>         | <b>CLASSEMENT COV</b><br>Proscrire tout matériau pouvant impacter les mesures de gaz.<br>Mise en œuvre de matériaux classe A+ (silicone par exemple) chaque fois que possible.   | IM/OB<br>IM/OB                         |
| <b>3.07</b>         | <b>SECURITES DES PERSONNES</b><br>L'aménagement intérieur de l'enceinte devra permettre l'évacuation du personnel et/ou l'entrée des secours.<br>Porte ouvrante à l'extérieur pour issue de secours.<br>Un garde-corps normalisé évitera tous risques de chute en limite plafond des enceintes et sur tous les accès en élévation suivant code du travail.<br>Circulation autour de l'animal dans chaque enceinte.   | IM/OB<br><br>IM/OB<br>REG<br><br>IM/OB |
| <b>3.08</b>         | <b>SECURITE CHANTIER</b><br>L'intervention sera soumise à un plan de prévention (voire pièce n°1.05) établi conjointement entre INRAE et le titulaire. Les prescriptions de ce plan de prévention  | REG                                    |

|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | PROJET MODTHEIX 2  | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) | PROGRAMME FONCTIONNEL  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 | DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS | PAGE 13 sur 38  |

|                             |  |                           |
|-----------------------------|--|---------------------------|
|                             | <p>seront soumises à l'ensemble des intervenants sur site, mandataire comme sous-traitants.</p> <p>INRAE se réserve la possibilité de missionner un CSPS, dans ce cas l'intervention de l'entreprise sera soumise à un PGC.</p>  | REG                       |
| <b>4-ASPECT MAINTENANCE</b> |  |                           |
| <b>4.01</b>                 | <p><b>ACCES SUR PLAFOND LOCAUX</b></p> <p>Dès qu'accessibles, tous les plafonds devront être « marchables » avec une surcharge mini de 125kg/m².</p> <p>L'accès sera obligatoirement fait dans des conditions normales de sécurité.</p>  | <p>IM/OB</p> <p>IM/OB</p> |
| <b>4.02</b>                 | <p><b>ORIGINE DES MATERIELS</b></p> <p>L'ensemble des fournitures devra avoir à minima le marquage CE ou équivalent.</p>   | SOU                       |
| <b>4.03</b>                 | <p><b>ACCESSIBILITE MATERIELS</b></p> <p>Tous les capteurs, organes de réglages, de régulations, filtres, moteurs devront être accessibles dans des conditions normales de sécurité et/ou volumes de manutention.</p> <p>La conception devra prévoir impérativement les interventions de maintenance à l'extérieur des enceintes chaque fois que possible.</p> | <p>IM/OB</p> <p>IM/OB</p> |
| <b>4.04</b>                 | <p><b>ENTRETIEN /SAV</b></p> <p>La liste des composants et/ou consommables d'entretien, d'usure, de dépannage critique devra être établie, planifiée et estimée.</p> <p>Toutes les notices fonctionnement, entretien, dépannage seront en langue française.</p>  | <p>IM/OB</p> <p>IM/OB</p> |

## 2. ANALYSE FONCTIONNELLE DE BASE

### 2.1 DONNEES DE BASE

#### 2.1.1 Conditions climatiques site

- ✓ Altitude : 851m.
- ✓ Vent : Région 2 - Catégorie de terrain IIb (selon Eurocode 1).
- ✓ Classement neige : Région A2 altitude 850 m (selon Eurocode 1).
- ✓ Concomitance vent/pluie : Zone III.
- ✓ Séisme : zone sismique 3 aléa modéré.
- ✓ Températures extérieures prises en référence : -7°C en hiver / +32°C en été.

#### 2.1.2 Conditions climatiques salle CH4

- ✓ Température : 18°C+/-3 %.
- ✓ Hygrométrie : < 90% HR (non contrôlée).

#### 2.1.3 Valeurs moyennes de référence

Tableau 6 - Bâtiments d'élevage - Débit massique de vapeur d'eau et de dioxyde de carbone et flux de chaleur

| Colonne                        | 1                            | 2                                   | 3                                      | 4  | 5                              | 6                                   | 7                           | 8                                |
|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|--|--|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Ligne                          |                              |                                     | En hiver                               |  |                                |                                     |                             | En été, à θ <sub>i</sub> = 30 °C |
|                                | Masse de l'animal individuel | Production laitière chez les vaches | Température ambiante (valeur calculée) | humidité relative de l'air (valeur calculée) | Débit massique de vapeur d'eau | Flux massique de dioxyde de carbone | Courant de chaleur sensible | Courant de chaleur sensible      |
|                                | m<br>kg                      | kg/an                               | θ <sub>a</sub><br>°C                   | φ <sub>a</sub><br>%                          | ΔST<br>g h <sup>-1</sup>       | ΔST<br>g h <sup>-1</sup>            | Φ <sub>ST,W</sub><br>W      | Φ <sub>ST,S</sub><br>W           |
| Veaux à l'engrais              |                              |                                     |  |  |                                |                                     |                             |                                  |
| 1                              | 60                           |                                     | 18                                     | 70   | 135,0                          | 67,4                                | 126,2                       | 118,8                            |
| 2                              | 90                           |                                     | 17                                     | 80   | 162,4                          | 84,3                                | 161,2                       | 151,3                            |
| 3                              | 120                          |                                     | 16                                     | 80   | 185,7                          | 100,0                               | 195,2                       | 182,6                            |
| 4                              | 150                          |                                     | 16                                     | 80   | 212,1                          | 114,3                               | 223,0                       | 208,6                            |
| Bovins à l'engrais             |                              |                                     |  |  |                                |                                     |                             |                                  |
| 5                              | 150                          |                                     | 16                                     | 80   | 212,1                          | 114,3                               | 223,0                       | 208,6                            |
| 6                              | 200                          |                                     | 16                                     | 80   | 264,4                          | 142,5                               | 277,9                       | 260,0                            |
| 7                              | 300                          |                                     | 16                                     | 80   | 343,7                          | 185,2                               | 361,3                       | 338,0                            |
| 8                              | 400                          |                                     | 14                                     | 80   | 427,0                          | 290,8                               | 498,4                       | 463,4                            |
| 9                              | 500                          |                                     | 12                                     | 80   | 473,6                          | 344,6                               | 606,2                       | 560,2                            |
| 10                             | 600                          |                                     | 10                                     | 80   | 515,5                          | 398,1                               | 714,2                       | 656,0                            |
| 11                             | 700                          |                                     | 10                                     | 80   | 576,2                          | 445,0                               | 798,3                       | 733,3                            |
| 12                             | 800                          |                                     | 10                                     | 80   | 635,3                          | 490,7                               | 880,2                       | 808,6                            |
| Élevage de veaux (descendance) |                              |                                     |  |  |                                |                                     |                             |                                  |
| 13                             | 30                           |                                     | 20                                     | 70   | 82,1                           | 37,8                                | 67,4                        | 63,9                             |
| 14                             | 45                           |                                     | 19                                     | 70   | 95,6                           | 45,8                                | 83,8                        | 79,2                             |
| 15                             | 60                           |                                     | 18                                     | 70   | 106,8                          | 53,3                                | 99,8                        | 94,0                             |
| Génisses (jeunes femelles)     |                              |                                     |  |  |                                |                                     |                             |                                  |
| 16                             | 350                          |                                     | 14                                     | 80   | 331,4                          | 191,8                               | 386,8                       | 359,6                            |
| 17                             | 400                          |                                     | 14                                     | 80   | 360,7                          | 208,9                               | 421,1                       | 391,5                            |
| 18                             | 450                          |                                     | 12                                     | 80   | 369,7                          | 228,7                               | 473,2                       | 437,4                            |
| 19                             | 500                          |                                     | 10                                     | 80   | 378,8                          | 248,6                               | 524,7                       | 482,0                            |
| Vaches laitières               |                              |                                     |  |  |                                |                                     |                             |                                  |
| 20                             | 400                          | 6 000                               | 14                                     | 80   | 521,5                          | 355,2                               | 608,8                       | 566,0                            |
| 21                             | 450                          | 6 000                               | 12                                     | 80   | 519,7                          | 378,2                               | 665,2                       | 614,8                            |
| 22                             | 500                          | 6 000                               | 12                                     | 80   | 543,4                          | 395,5                               | 695,6                       | 642,8                            |
| 23                             | 500                          | 8 000                               | 12                                     | 80   | 612,9                          | 446,0                               | 784,5                       | 725,0                            |
| 24                             | 600                          | 8 000                               | 12                                     | 80   | 658,6                          | 479,3                               | 843,0                       | 779,1                            |
| 25                             | 700                          | 8 000                               | 12                                     | 80   | 702,4                          | 511,2                               | 899,1                       | 830,9                            |
| 26                             | 500                          | 10 000                              | 12                                     | 80   | 682,4                          | 496,6                               | 873,5                       | 807,2                            |
| 27                             | 600                          | 10 000                              | 12                                     | 80   | 728,1                          | 529,9                               | 932,0                       | 861,3                            |
| 28                             | 700                          | 10 000                              | 12                                     | 80   | 771,9                          | 561,7                               | 988,0                       | 913,1                            |
| 29                             | 500                          | 12 000                              | 12                                     | 80   | 751,9                          | 547,2                               | 962,4                       | 889,4                            |
| 30                             | 600                          | 12 000                              | 12                                     | 80   | 797,6                          | 580,4                               | 1 020,9                     | 943,5                            |
| 31                             | 700                          | 12 000                              | 12                                     | 80   | 841,4                          | 612,3                               | 1 077,0                     | 995,3                            |
| Taureaux reproducteurs         |                              |                                     |  |  |                                |                                     |                             |                                  |
| 32                             | 500                          |                                     | 12                                     | 80   | 334,0                          | 243,1                               | 427,6                       | 395,1                            |
| 33                             | 750                          |                                     | 12                                     | 80   | 452,8                          | 329,5                               | 579,5                       | 535,6                            |
| 34                             | 1 000                        |                                     | 12                                     | 80   | 561,8                          | 408,8                               | 719,1                       | 664,6                            |

Tableau extrait de la norme DIN 18910 AOUT 2024 Isolation thermique des bâtiments d'élevage fermés - Isolation thermique et ventilation - Bases de planification et de calcul pour les étables fermées à ventilation forcée.



## 2.1.4 Conditions Climatique de référence ENCEINTES METABOLIQUES

### 2.1.4.1 Paramètres climatiques extérieurs limites

Les températures et hygrométries extérieures hors bâtiment maxi de référence sont les suivantes :

|       | Température | Hygrométrie Relative | Poids d'eau |
|-------|-------------|----------------------|-------------|
| Hiver | -10°C       | 100 %HR              | 1,6 g/kgas  |
| Été   | 40°C        | 30 %HR               | 13,9 g/kgas |

### 2.1.4.2 Paramètres climatiques intérieurs limites

Les conditions climatiques de l'atmosphère interne d'une enceinte doivent être modifiables et paramétrables dans le **domaine climatique de référence** initial suivant :

|      | Température | Hygrométrie Relative |
|------|-------------|----------------------|
| Mini | 10°C        | 35 %HR               |
| Maxi | 35°C        | 75 %HR               |

Le **domaine climatique de référence** initial est représenté sur le diagramme psychrométrique ci-après en page 17.

### 2.1.4.3 Ajustement du domaine climatique de référence

#### Influence du THI

INRAE souhaite faire varier les conditions climatiques afin d'étudier les conséquences d'un stress plus ou moins modéré sur les bovins en fonction de l'indicateur de confort Thermique (THI).

L'objectif étant de ne pas arriver à des conditions climatiques pouvant provoquer le décès de l'animal, le THI doit rester strictement inférieur à la valeur 84.

En conséquence, le **domaine climatique de référence** devra être limité pour qu'à aucun moment le THI n'atteigne ou ne dépasse la valeur :

Valeur limite du THI avant décès de  
l'animal

**84**

Voir la courbe du THI=84 sur le diagramme psychrométrique en page suivante et la zone d'exclusion résultante sur le **domaine climatique de référence** initial.

#### Influence de la méthode de déshumidification

Pour des raisons économiques, il est décidé de déshumidifier l'air entrant dans la chambre à l'aide d'un système de condensation sur batteries froides hydrauliques. Afin d'atteindre le point minimum de température d'air demandé de 10°C (75%HR), il faut abaisser au maximum la déshumidification (poids d'eau plancher). La température basse du réseau d'eau froide est fixée à +2°C, car à une température inférieure, il existe un risque de givre de la batterie froide et d'obstruction de la veine d'air. C'est une limite physique.

A cette température d'eau de refroidissement, on considère que la température de la veine d'air atteignable compte-tenu du pincement de l'échangeur est au minimum de +5°C à saturation (100%HR) et donc un poids d'eau plancher de :

Poids d'eau plancher du fait de la  
méthode de déshumidification

**5,4 g/kgas**

La droite de ce poids d'eau représentée sur le diagramme psychrométrique présent en page 16 définit une nouvelle zone d'exclusion du **domaine climatique de référence** initial.

### Conclusion

Le **domaine climatique de référence** pour l'atmosphère ambiante de chaque enceinte sera délimité par les 6 points suivants :

| Domaine<br>De<br>Référence | Température | Hygrométrie<br>Relative | Poids d'eau |
|----------------------------|-------------|-------------------------|-------------|
|                            | 10°C        | 71 %HR                  | 5,4 g/kgas  |
|                            | 21°C        | 35% HR                  | 5,4 g/kgas  |
|                            | 35°C        | 35 %HR                  | 12,3 g/kgas |
|                            | 35°C        | 43 %HR                  | 15,2 g/kgas |
|                            | 30,5°C      | 75 %HR                  | 20,8 g/kgas |
|                            | 10°C        | 75 %HR                  | 5,7 g/kgas  |

Il se décompose en trois zones distinctes en fonction de l'index THI :

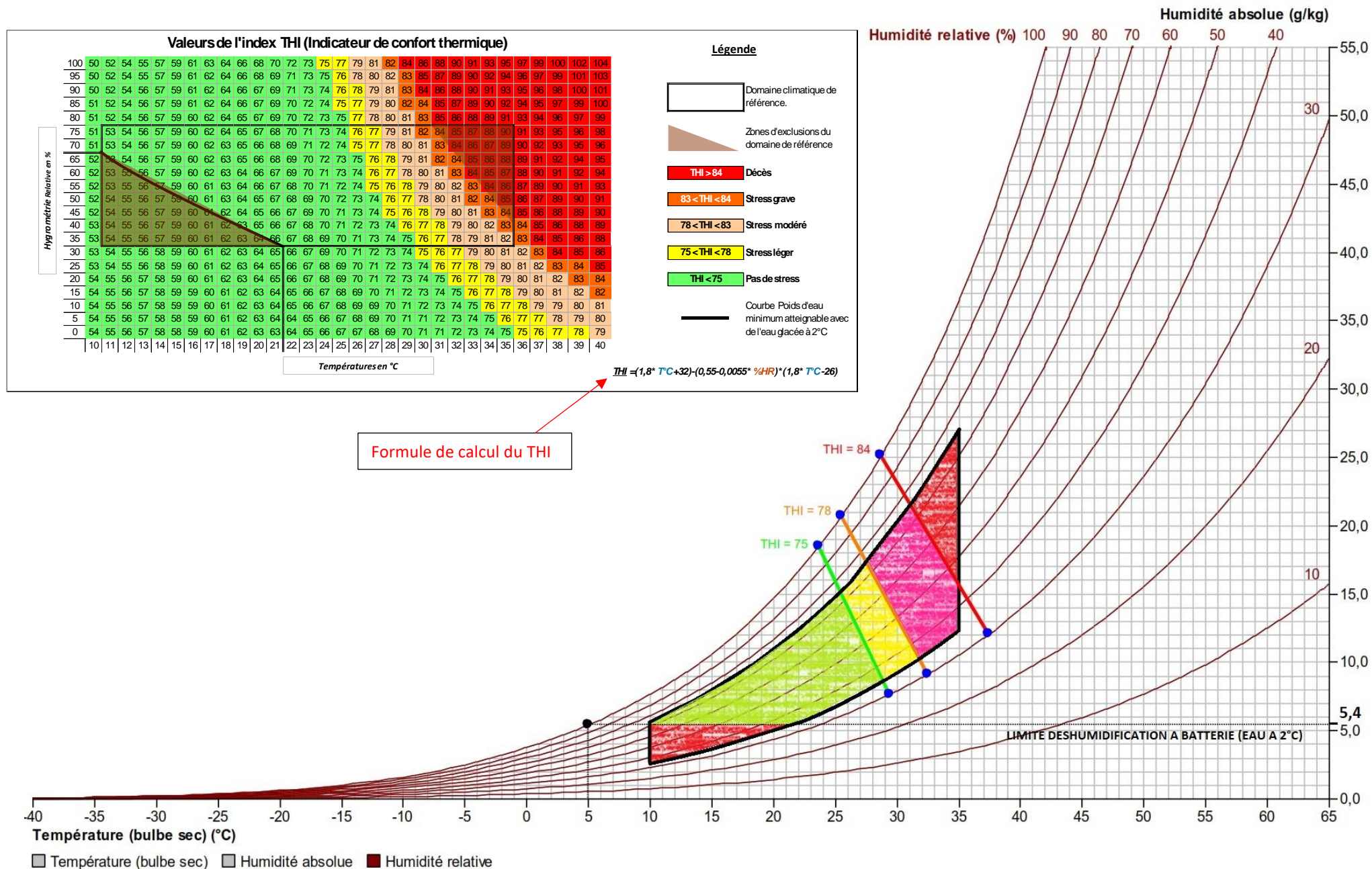
- ✓ Une zone sans stress pour l'animal pour un THI inférieur à 75 ;
- ✓ Une zone avec un stress léger pour  $75 < \text{THI} < 78$  ;
- ✓ Une zone avec un stress modéré pour  $78 < \text{THI} < 83$ .

L'objectif du traitement de l'air neuf insufflé dans l'enceinte étant :

1. De garantir une atmosphère ambiante dans le domaine défini ;
2. De pouvoir faire varier les paramètres climatiques à volonté dans ce même domaine.

Compte-tenu de ces objectifs, le pilotage de l'atmosphère d'ambiance de l'enceinte métabolique doit se faire à l'aide de deux paramètres :

- ✓ Soit le THI et la température souhaitée ;
- ✓ Soit le THI et l'hygrométrie relative souhaitée.



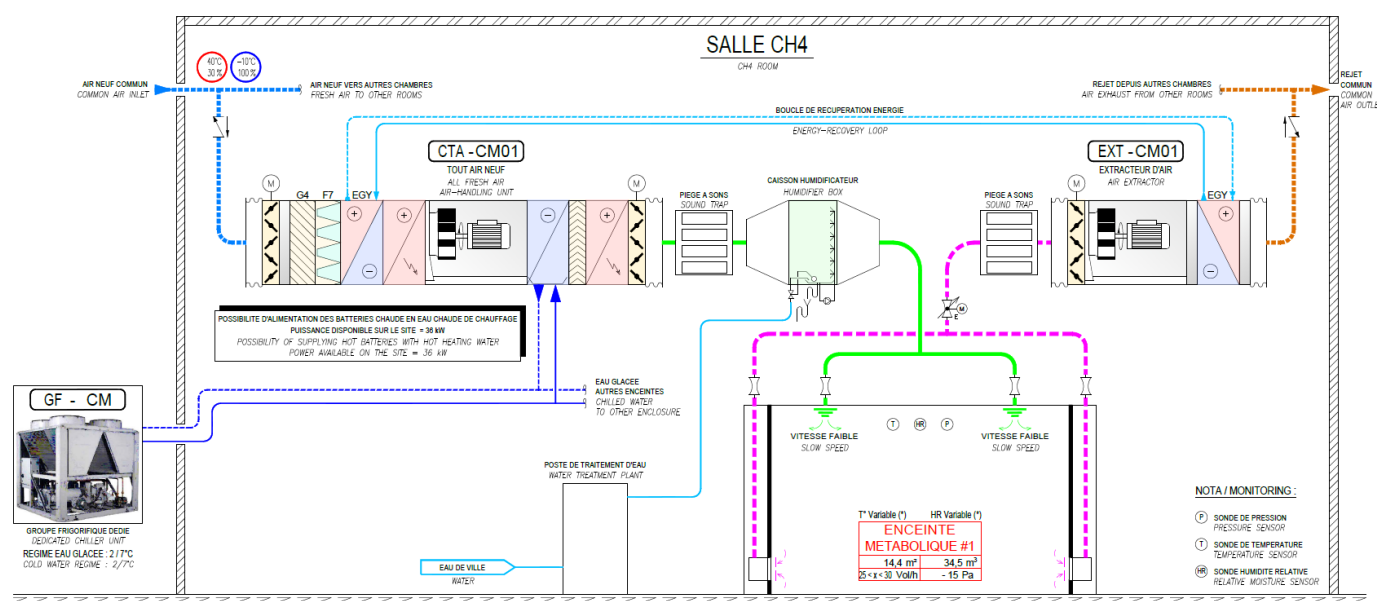
## FONCTIONNEMENT

### 2.1.5 Préambule

L'installation sera impérativement en tout air neuf et les ambiances requises pourront être programmées spécifiquement pour chacune des enceintes.

### 2.1.6 Principe installation

Le schéma PID de ventilations guide pièce n°1.09 résume les principes fonctionnels souhaités.



Extrait de la pièce n°1.09 Schéma PID de ventilations guide

### 2.1.7 Modes de fonctionnement

#### 2.1.7.1 Mode normale

On entend par « marche normale » les fonctionnements suivants :

- ✓ Régulations indépendantes des ambiances de chacune des 4 enceintes ;
- ✓ Mise à l'arrêt ventilation unitaire hors expérimentation ;
- ✓ Indicateurs monitoring par colonne lumineuse (2 par enceintes au-dessus des portes +1 synthèse dans salle CH4) :
  - Vert : Conditions dans les plages prévues,
  - Orange : Dépassement seuils (mini/maxi) d'une valeur,
  - Rouge : Arrêt d'installation / sécurités actives,
  - Eteint : hors service.

#### Sureté

- ✓ Alimentation sur Groupe Electrogène site hors du présent marché.

#### Sécurités

- ✓ Arrêt ventilation sur détection SSI (de la salle CH4) / Fonction événement
- ✓ Arrêt POMPIER sur action de coupure
- ✓ Arrêt ventilation sur dépassement consignes THI
- ✓ Arrêt ventilation sur 2ème seuil concentration CO2 → ouverture pour entrée d'air : Fonction événement
- ✓ Arrêt ENCEINTES sur AU de proximité → alarme sonore
- ✓ Arrêt sur thermostat de température extérieure pour non prise en glace batteries

|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | PROJET MODTHEIX 2  | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) | PROGRAMME FONCTIONNEL  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 | DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS | PAGE 19 sur 38  |

### 2.1.7.2 Mode maintenance

Le mode maintenance permettra l'accès individuel à tout ou partie des matériels, capteurs, d'installation. Il sera effectif suivant un mode hors expérimentation.

Ce mode permettra d'inhiber les asservissements aérauliques pour permettre la phase d'étalonnage de l'analyseur provoquant une augmentation de la concentration de CO2 dépassant les seuils.

## 2.2 MAINTIEN ACTIVITE

### 2.2.1 Secours

En cas de coupure de courant, un groupe électrogène (site) prendra le relais. Le basculement et retour à la normale feront l'objet d'un test.

Toutefois la fourniture et le raccordement d'un onduleur général sont demandés au présent marché. Cela devra permettre la continuité de service (dont enregistrement des données) et des sécurités pour une durée de 4 H minimum, à savoir :

- ✓ Maintien des fonctions programme / régulations / indicateurs / alarmes ;
- ✓ Maintien du monitoring et des analyseurs ;
- ✓ Maintien de l'éclairage ;
- ✓ Maintien débitmètre abreuvement ;
- ✓ Maintien détection CO2 ;
- ✓ Maintien des asservissements/fonctionnement portes.

## 2.3 TRAITEMENT D'AIR

### 2.3.1 Interface avec installation existante

Les calculs d'apports /déperditions tiendront compte de l'ambiance prévue dans la salle CH4.

### 2.3.2 Diffusion de l'air

En aucun cas, la vitesse d'air au soufflage ne pourra engendrer de courants chaud ou froid préjudiciables au confort de stabulation prolongée des animaux (<1m/s dans tous les cas).

Tous les ventilateurs seront installés avec variateur de fréquence pour permettre les ajustements débits / pressions.

Une attention sera portée sur le **positionnement des bouches de soufflage / reprise** :

- ✓ Permettre l'homogénéité des ambiances ;
- ✓ Assurer un balayage efficace du volume (zones mortes minimisées) ;
- ✓ Permettre des prises de mesures au maximum de leurs valeurs.

### 2.3.3 Production de chaud

La production de chaud sera assurée par les batteries électriques en centrale, et ce dans les conditions de températures requises. La puissance électrique par enceinte sera précisée. Le titulaire du présent marché pourra s'il le souhaite proposer une autre source d'énergie, seulement tous les frais inhérents à cette proposition seront à inclure dans l'offre.

Conformément à la note du PID et suivant le besoin maximum calculé, il sera possible de se raccorder sur une attente existante d'eau chaude de chauffage (non secourue) présente dans la salle CH4.

### 2.3.4 Production de froid

Elle sera assurée par un groupe dédié permettant :

- ✓ Régulations indépendantes par enceinte suivant conditions requises ;
- ✓ La simultanéité de 1 à 4 enceintes (25% à 100%) ;
- ✓ Capacité de déshumidification maximum pour maintien THI suivant plage programmée.

Sa localisation sera prévue au sol en extérieur (position à valider avec INRAE), suivant nécessité une protection contre les chocs est à prévoir dans l'installation.

|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | PROJET MODTHEIX 2  | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) | PROGRAMME FONCTIONNEL  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 | DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS | PAGE 20 sur 38  |

### 2.3.5 Traitement de l'hygrométrie

Un humidificateur vapeur par enceinte sera prévu. Il sera associé à un traitement d'eau commun permettant les ajustements requis. Cette installation garantira tout risque de contamination de l'air d'insufflation.

Voir analyse eau brute pièce n°1.10, pour la conception du traitement d'eau.

### 2.3.6 Récupération d'énergie

Cette récupération permettra l'échange de calories entre l'air neuf entrant et l'air rejeté de chaque centrale.

Un système de récupération d'énergies est un prérequis afin de minimiser les coûts d'exploitation.

Le système proposé aura un taux de récupération supérieur à 60% moyen sur un an.

### 2.3.7 Monitoring

Toutes les valeurs d'ambiance seront acquises via des capteurs étalonnés indépendants des sondes de régulation.

Ces valeurs seront celles qui valideront l'expérimentation.

Le THI sera fait suivant la formule de calcul règlementée indiquée en pied de la légende présente en page 16.

### 2.3.8 Niveau sonore

Des pièges à sons seront installés pour permettre d'atteindre le niveau d'affaiblissement acoustique nécessaire au respect des valeurs requises.

## 2.4 ANALYSEUR GAZ

### 2.4.1 Préambule

L'installateur devra porter beaucoup d'attention à l'analyse de l'air neuf provenant de l'extérieur mais également de la salle CH4. En effet l'analyse de gaz dans les enceintes devra être retranchée de « bruit de fond » provenant de l'air entrant dans la chambre ou par dépression si présence de fuites, afin d'avoir des valeurs de production de gaz par l'animal les plus précises possibles.

Il est à noter que la fosse à lisier présente sous la stabulation est brassée 2 fois par jour et que cela relargue dans la stabulation mais aussi à l'extérieur beaucoup d'odeurs donc potentiellement des gaz qui pourraient être analysés comme provenant des animaux. Une prise en compte des flux d'air issus des vents dominants sera souhaitée pour éviter toute pollution extérieure de l'analyse.

### 2.4.2 Principe de base

Les analyseurs de gaz seront communs aux 4 enceintes et analyseront aussi l'air ambiant de la salle hébergeant les enceintes métaboliques ainsi que l'air neuf provenant de l'extérieur.

- ✓ Les analyseurs devront posséder un minimum de 6 voies paramétrables ou une voie pouvant analyser 6 entrées de gaz ;
- ✓ Ils fonctionneront à des températures allant de 10 à 40°C ;
- ✓ Une fonction d'auto-calibration serait un plus ;
- ✓ Le fournisseur indiquera le ou les modes de mesures avec leurs technologies associées ;
- ✓ Le système, commun à toutes les enceintes, devra permettre les prises de mesures de manière séquentielle et suivant les programmations réglables souhaitées ;
- ✓ Il devra indiquer les durées / fréquences par gaz permettant ainsi la fiabilité/précision maximale des mesures ;
- ✓ Les analyseurs devront pouvoir être couplés avec un système SCADA permettant la supervision des paramétrages de chaque enceinte métabolique.

Le déroulement de la prise de mesure des gaz et des flux doit s'exécuter sur des cycles de 30 minutes comme suit :

Début de cycle

- A prise de mesure au niveau de l'entrée de l'air neuf sur une durée de 5 minutes,
- B prise de mesure dans la salle hébergeant les enceintes métaboliques sur une durée de 5 minutes,
- C prise de mesure dans l'enceinte 1 sur une durée de 5 minutes,
- D prise de mesure dans l'enceinte 2 sur une durée de 5 minutes,
- E prise de mesure dans l'enceinte 3 sur une durée de 5 minutes,
- F prise de mesure dans l'enceinte 4 sur une durée de 5 minutes,

Fin de cycle



|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | PROJET MODTHEIX 2  | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) | PROGRAMME FONCTIONNEL  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 | DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS | PAGE 21 sur 38  |

La possibilité de moduler indépendamment le nombre, l'ordre des voies et la durée de mesure par voie par des modalités simples, rapides et libres de droit par l'utilisateur devra être privilégiée.

Une attention particulière sera apportée sur :

- ✓ La garantie en termes de consommation électrique qui devra être la plus faible possible ;
- ✓ La durabilité des matériaux et techniques de fabrication employées ;
- ✓ La durée de vie des matériels ;
- ✓ La mise à jour des équipements permettant d'être supportée par les systèmes d'exploitation Windows qui sont en évolution constante.

Cet équipement devra permettre la génération de fichier CSV, selon les fichiers CSV actuel donnés à titre d'exemple voire pièce n°1.04.

### 2.4.3 Localisation

L'ensemble pourra se présenter sous forme de rack ou baie permettant un accès aisé à toutes les connexions.

Le système doit être accessible via une adresse IP.

### 2.4.4 Auto-calibration

Le fournisseur indiquera, si nécessaire, les besoins en gaz de purge et/ou d'étalonnage et leur pureté nécessaire pour la calibration des analyseurs.

Les fréquences/durées des étalonnages devront être précisées par le titulaire du marché.

Les bouteilles de gaz seront fournies par INRAE.

Une calibration automatique des différents capteurs des analyseurs serait un plus.

### 2.4.5 Enregistrement

Le système permettra un stockage mini de 72 H de données brutes dans la mémoire tampon des analyseurs.

Cet équipement devra permettre la génération de fichier CSV comportant à minima les champs indiqués ci-dessous :

Date Heure  
 DEFAULT\_ANALYSEUR  
 DEFAULT\_GROUPE\_FROID  
 CH4  
 CH4\_brute\_AA  
 CH4\_brute\_CHAMBRE1  
 CH4\_brute\_CHAMBRE2  
 CH4\_brute\_CHAMBRE3  
 CH4\_brute\_CHAMBRE4  
 Analyse\_AA  
 Analyse\_CHAMBRE1  
 Analyse\_CHAMBRE2  
 Analyse\_CHAMBRE3  
 Analyse\_CHAMBRE4  
 CO2  
 CO2\_brute\_AA  
 CO2\_brute\_CHAMBRE1  
 CO2\_brute\_CHAMBRE2  
 CO2\_brute\_CHAMBRE3  
 CO2\_brute\_CHAMBRE4  
 DEBIT\_BRUTE\_EXTRACTION\_CHAMBRE1  
 DEBIT\_BRUTE\_EXTRACTION\_CHAMBRE2  
 DEBIT\_BRUTE\_EXTRACTION\_CHAMBRE3  
 DEBIT\_BRUTE\_EXTRACTION\_CHAMBRE4  
 TP\_AIR\_AMBIANT  
 TP\_CHAMBRE1  
 TP\_CHAMBRE2  
 TP\_CHAMBRE3  
 TP\_CHAMBRE4

H2O\_AIR\_AMBIANT  
 H2O\_CHAMBRE1  
 H2O\_CHAMBRE2  
 H2O\_CHAMBRE3  
 H2O\_CHAMBRE4  
 PRESSION\_ATMOSPHERIQUE  
 PRESSION\_abs\_CHAMBRE1  
 PRESSION\_abs\_CHAMBRE2  
 PRESSION\_abs\_CHAMBRE3  
 PRESSION\_abs\_CHAMBRE4

## 2.4.6 Sauvegarde /archivage

La sauvegarde et l'archivage des données se feront automatiquement et seront prises en charge par INRAE.

## 2.5 SUPERVISION

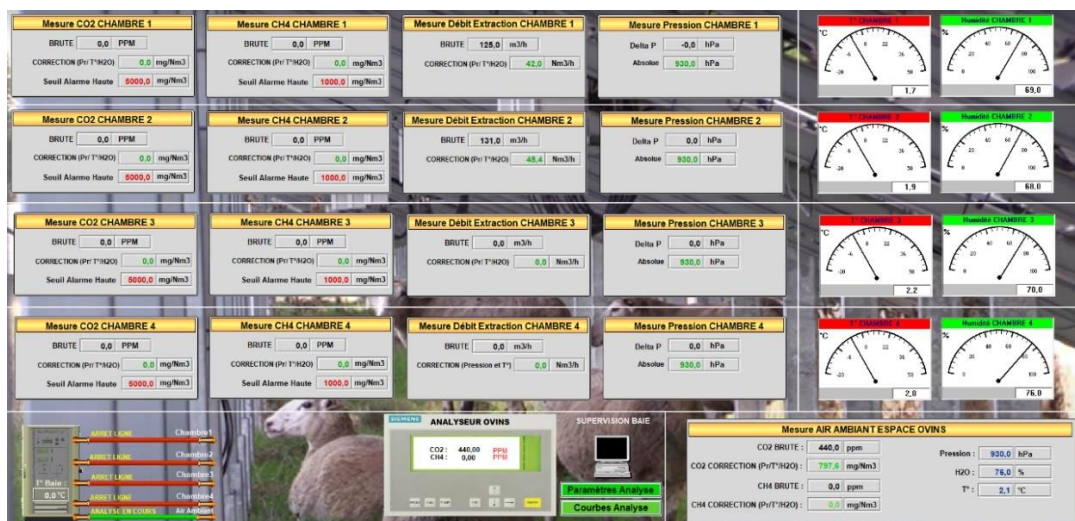
La supervision se fera par l'intermédiaire d'un ensemble terminal d'exploitation sous WINDOWS.

Cet ensemble comprendra le(s) serveur(s), les logiciels d'acquisitions, un PC bureautique avec écran 20 pouces.

Ce poste fourni dans le cadre de cet équipement permettra les stockages temporaires de données brutes, les applications de contrôles, réglages, paramétrages, ainsi que le pilotage individuel des 4 enceintes via une organisation en page écran (à proposer dans le mémoire technique de l'offre puis à valider en phase exécution).

Le système doit être accessible via une adresse IP.

Cet équipement devra permettre la génération des vues de ci-dessous, à titre d'exemple voire pièce n°1.08 et extrait ci-dessous.



|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | PROJET MODTHEIX 2  | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) | PROGRAMME FONCTIONNEL  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 | DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS | PAGE 23 sur 38  |

## 2.6 REPORTS/ALARMES

Les reports d'alarmes techniques disponibles sur borniers souhaités sont :

- ✓ Défaut synthèse ARMOIRE ELECTRIQUE ;
- ✓ Défaut synthèse GROUPE FROID ;
- ✓ Défauts de synthèse CTA suivant enceinte ;
- ✓ Défauts portes ouvertes suivant enceinte.

Les reports d'alarmes process disponibles souhaités sont :

- ✓ Défaut analyseur gaz ;
- ✓ Défaut alimentation en eau ;
- ✓ Défaut monitoring ambiance.

Les reports d'alarmes sécurité disponibles souhaités sont :

- ✓ Arrêt d'Urgence ;
- ✓ Concentration CO2.


Une interface de communication permettra une diffusion et/ou transfert aux différents intervenants Utilisateurs, Poste de garde, Service d'astreinte, Maintenance. La diffusion et/ou transfert est hors scope.

### 3. SPECIFICATIONS TECHNIQUES

#### 3.1 REALISATION ENCEINTES

| X-TITRE DE L'ASPECT DETAILLE |  |   |
|------------------------------|--|---|
| ITEM                         | INTITULE<br>Description  | CRITICITE   |
| 5-ASPECT ENVELOPPE           |  |   |
| 5.01                         | <b>ENVELOPPE CLOISONS /PLAFOND</b><br>Ils seront de type panneaux modulaires industriels. Ils permettront l'intégration de la diffusion d'air et autres petits matériels.<br>Le montage de l'ensemble des enceintes se fera en auto-portance sans reprise sur structures supérieures.<br><u>Caractéristiques générales :</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Classement au feu → M0.</li> <li>✓ Classement REI → sans objet</li> <li>✓ Conductivité thermique → 0.041 W/m.K.</li> <li>✓ Affaiblissement acoustique l'enveloppe de l'enceinte → &gt; 30dB(A).</li> <li>✓ Taux de fuite minium de l'enveloppe → &lt; 30m3 /h sous 15Pa.</li> </ul><br>La finition de pied de cloison permettra la pose de plinthes de finitions rapportées en extérieur et en remontée affleurante du sol résine avec façon plinthe à gorge en intérieur (Hauteur 10cm).<br><br>Pour faciliter les nettoyages, des congés d'angles seront prévus sur les jonctions verticales et horizontales des panneaux.   | SOU<br><br>IM/OB<br><br>IM/OB<br>SOU<br>SOU<br>SOU<br>SOU<br><br>SOU<br><br>IM/OB                                   |
| 5.02                         | <b>VITRAGES</b><br>Les vitrages intégrés aux panneaux seront de type affleurant à l'intérieur des cellules<br>Ils seront de type double, isolant, feuilleté, avec traitement STADIP PROTECT conforme à la norme EN 356.<br>En Prestation Supplémentaire Eventuelle Facultative 01, il sera proposé des stores intégrés (pour conditions d'ambiance différentes)  | SOU<br><br>IM/OB<br><br>PSEF 01   |
| 5.03                         | <b>PORTES</b><br><u>Côté Animal</u><br>Elles seront de type battantes ou autre technologie ; manuelles ou pilotées sur détection CO2 pour la mise à l'air libre pour création d'évent. La solution proposée reste libre de choix de la part de l'entreprise toute solution différente devra être mentionnée dans le cadre des écarts pièce n°1.03.<br>Ouverture à 180°.<br>La fermeture permettra un taux de fuite inférieur à 2 % notamment en interface avec bac de récupération.<br>Un contact de proximité permettra de connaître l'état de chaque vantail des portes.<br>Un oculus sera à prévoir sur chacune des portes à hauteur d'œil dimensions mini 400x400 mm.<br>Un volet de fermeture sur face extérieure permettra l'occultation si nécessaire.<br><br><u>Nota sur l'interface entre le socle et la porte :</u> une attention particulière sera apportée sur le traitement de l'étanchéité en pied de cette porte, car comme présenté sur la pièce n°2.09 le niveau du seuil de cette porte sera plus bas que le niveau du socle des enceintes pour permettre la sortie du bac à fèces de l'enceinte positionné sous la grille caillebotis.<br><br><u>Côté Animalier</u><br>Dito porte côté animal | QUALIF<br><br>IM/OB<br>QUALIF<br><br>IM/OB<br><br>IM/OB<br><br>PSEF 02<br><br>IM/OB<br><br>DITO (porte côté animal) |

|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | PROJET MODTHEIX 2  | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) | PROGRAMME FONCTIONNEL  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 | DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS | PAGE 25 sur 38  |

|  |   |   |
|--|---|---|
| 5.04                                       | <b>PLAFOND</b><br>Il sera de même conception que les panneaux verticaux de manière à rendre étanche le volume intérieur de l'enceinte.<br>Il permettra l'intégration de la diffusion d'air, l'éclairage et autres petits matériels (capteur CO2 par exemple).<br>Sa conception le rendra marchable (voir chapitre maintenance).   | QUALIF<br><br>IM/OB<br><br>IM/OB  |
|  | <b>5.05</b><br><b>INTEGRATION / ENCASTREMENT</b><br>Toutes traversées / percements feront l'objet d'une étanchéité et d'une fermeture de finition (intérieure / extérieure).<br>L'emploi de silicone pour jointoiements devra avoir un classement COV A+.<br>Les réservations supérieures à 100mm seront faites en usine et parfaitement étanchées.   | IM/OB<br><br>IM/OB<br>SOU   |
| <b>6-ASPECT AMENAGEMENTS / EQUIPEMENTS</b> |   |   |
| 6.01                                       | <b>ABREUVOIR</b><br><u>Type</u> : Abreuvoir Anti-lapage F30A TUBE PO 3/4 LAITON en Fonte ou équivalent, voir photo ci-contre.<br><u>Ils respecteront à minima les caractéristiques suivantes :</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Facilement nettoyable ;</li> <li>✓ Fixation robuste ;</li> <li>✓ Permettant le suivi de la consommation d'eau (en litre) en cinétique.</li> </ul>   | <br><br>IM/OB<br><br>IM/OB<br>IM/OB |
| 6.02                                       | <b>AUGES DE NUTRITION AVEC PESONS</b><br><b>AUGE</b><br><u>Type</u> : amovible sur roulettes.<br><u>Elles auront les caractéristiques suivantes :</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Dimensions minimales : 105 x 55 x 40 (sous le passage de l'encolure) voire exemples auges pièce n°1.07 ;</li> <li>✓ Matériau : inox 304L ou autre proposition ;</li> <li>✓ Système de préhension rapide, sécurisé ;</li> <li>✓ Mode mobilité sur roulettes ou autre proposition ;</li> <li>✓ Facilement nettoyable ;</li> <li>✓ Pesée en continu pour suivi de consommation d'aliments en cinétique.</li> </ul> <b>PESON</b><br><u>Type</u> : fixe par enceinte<br><u>Ils auront les caractéristiques suivantes :</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La localisation /position des pesons sera proposée au regard du principe de transfert des auges. Le principe de pesons fixes à demeure est souhaité ;</li> <li>✓ Ces systèmes de pesée seront raccordés à la supervision ;</li> <li>✓ Les jauges de contrainte auront un certificat d'étalonnage et devront être calibrées avant la mise en service.</li> </ul> | IM/OB<br><br>IM/OB<br><br>IM/OB<br>IM/OB<br>IM/OB<br>IM/OB<br><br>IM/OB<br><br>IM/OB<br>IM/OB                         |
| 6.03                                       | <b>BARRIERES INTERNES DE PROTECTION</b><br><u>Type</u> : bas flancs amovibles<br><u>Elles auront les caractéristiques suivantes :</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Positionnées sur 3 côtés : latéraux et partie avant de l'animal ;</li> <li>✓ Façonnage pour introduction auge sur la partie avant ;</li> <li>✓ Matériau : Tubulaire tout inox 304L ;</li> <li>✓ Ensemble Démontable ;</li> <li>✓ Ecartement ajustable côte entrée animal pour guidage entrée / sortie.</li> </ul>  | IM/OB<br><br>IM/OB<br>IM/OB<br>IM/OB<br>IM/OB   |

|  |  |   |
|--|--|---|
| 6.04   | <p><b>BAC FECES</b></p> <p>Type : bacs amovibles sur roulette</p> <p>Ils auront les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Dimension fosse : 1.50 x 1.65 x ht variable de 0.25 à 0.30 m ;</li> <li>✓ Ergonomie de manipulation à prendre en compte (poignées escamotables, crochet /support pour transfert) ;</li> <li>✓ Mobile / facilement escamotable et lavable / pas de seuil au sol ;</li> <li>✓ Conception suivant 3D bacs à fèces suivant pièce n°1.13 ;</li> <li>✓ Estimation poids fèces + urine à récupérer : &gt; 80 kg /jour ;</li> <li>✓ Matériaux non corrosifs avec les résistances chimique suivantes : <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Résistance aux projections d'urine ;</li> <li>➢ Plage pH produits : 2 à 12.</li> </ul> </li> </ul>  | IM/OB<br><br>IM/OB<br>IM/OB<br><br>IM/OB<br>IM/OB<br>IM/OB<br>IM/OB   |
| 6.05   | <p><b>ANALYSEURS DE GAZ EN LIGNE</b></p> <p>Caractéristiques générales :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fonction auto-calibration ;</li> <li>✓ Température de fonctionnement : 10/40°C ;</li> <li>✓ Conditions ambiances → voir chapitre HVAC ;</li> <li>✓ Régulation de pression ;</li> <li>✓ Connexions gaz intégrées suivant besoins chapitre URS ;</li> <li>✓ ATEX (CH4/H2) ;</li> <li>✓ Taux de récupération sur CH4 et CO2 de 97 à 103% ;</li> <li>✓ Certification marquage CE ;</li> <li>✓ Capacité minimum de mémoire tampon : 72h ;</li> <li>✓ Dégraissage des surfaces en contact (Compatible pour mesure Oxygène)</li> </ul> <p><u>Implantation :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Suivant plan pièce n° 2.02 sous réserve des préconisations fournisseurs.</li> </ul> <p><u>Prise de mesure :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Le matériau constituant les canalisations de prises de mesures doit être exempt de COV (TEFLON).</li> <li>✓ Parfait étanchéité au droit de chaque percement.</li> </ul> <p><u>Performances</u> (à renseigner par le titulaire) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Répétabilité/linéarité mesure (EN PLEINE ECHELLE) ;</li> <li>✓ Temps de réponse.</li> </ul> <p><u>Audit trial sur connexions :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Les modifications de programmations et les connexions au système seront enregistrées (suivant 21 CFR Part 11).</li> </ul> <p><u>Interfaces connectivite :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Transmission des données via RJ45 ;</li> <li>✓ Port USB pour imprimante locale.</li> </ul> | IM/OB et TO 01<br><br>QUALIF<br>QUALIF<br>QUALIF<br>QUALIF<br>QUALIF<br>QUALIF<br>IM/OB<br>QUALIF<br>QUALIF<br><br>SOU<br><br><br>IM/OB<br><br>IM/OB<br><br>QUALIF<br>QUALIF<br><br>QUALIF<br>SOU<br><br>QUALIF<br>QUALIF |
| <b>7-ASPECT ELECTRICITE COURANTS FORTS/FAIBLES</b> |  |   |
| 7.01   | <p><b>PRISES DE COURANTS</b></p> <p>Il sera prévu à minima 4 prises de courants par enceintes (2 par coté) position à valider en EXE.</p> <p>Elles seront de type étanche IP 65 IK 08 avec volet, 240V 16A+T.</p>  | SOU<br><br>IM/OB  |
| 7.02   | <p><b>ECLAIRAGE NORMAL</b></p> <p>Il sera prévu avec des luminaires LED extra plats avec montage encastré, GROUPE 0 suivant NF EN 62471, IP 65, T°C 4000 K. Leur nombre sera précisé dans l'offre, Leur position sera validée en EXE suivant étude d'éclairage.</p> <p>Ils seront de type DALI (IEC 62386.) permettant le réglage de l'intensité.</p>  | IM/OB   |



|      |  |                             |
|------|--|-----------------------------|
|      | <p>Une programmation de cycle nycthémeral individuelle par enceinte sera incluse dans la supervision.</p> <p>Un interrupteur extérieur, coté porte animalier, permettra l'allumage forcé à une intensité préprogrammée.</p>  | IM/OB                       |
| 7.03 | <p><b>ECLAIRAGE DE SECOURS</b></p> <p>SANS OBJET</p>   | IM/OB                       |
| 7.04 | <p><b>MISE A LA TERRE</b></p> <p>L'ensemble des masses métalliques de l'installation sera mis à la terre suivant prescriptions IEC 60364-5-54.</p> <p>Equipotentialité des terres avec les équipements.</p>  | REG                         |
| 7.05 | <p><b>ARMOIRE ELECTRIQUE (toutes spécialités)</b></p> <p>Elle(s) devront être en tôle laquée IP65 IK 08.</p> <p>Elle(s) comporteront à minima les organes de coupure, AU, voyants de mise sous tension, voyants de défauts.</p> <p>Leurs localisations seront proposées suivant souhait du titulaire du marché et collégialement en EXE dans le Volume salle CH4.</p>  | REG<br>IM/OB                |
| 7.06 | <p><b>CABLES /CHEMINS DE CABLES</b></p> <p>Ils répondront aux normes en vigueur.</p> <p>Les chemins de câbles courants forts et faibles seront distincts/séparés.</p> <p>Ils seront de type « CABLOFIL », dimensionné à 30% de réserve, dont le capotage sera proscrit.</p>  | REG<br>REG<br>IM/OB         |
| 7.07 | <p><b>DETECTION CO2</b></p> <p>Chaque enceinte disposera d'un capteur de mesure CO2, ainsi que sur la prise d'air générale. Ils seront associés à une centrale de pilotage / report raccordée à la supervision.</p> <p>Les sondes auront un certificat d'étalonnage et devront être calibrées avant la mise en service.</p> <p>La localisation / position des sondes sera vue collégialement en phase EXE.</p>                                     | IM/OB<br><br>IM/OB<br>IM/OB |
| 7.08 | <p><b>GESTION DES PORTES</b></p> <p>Chaque enceinte sera équipée de l'ensemble des dispositifs de fermeture et ouverture ainsi que des détections positions vantaux des 2 portes associées.</p> <p>Ils seront raccordés à la supervision permettant de tracer l'état et les horaires des mouvements sur la durée du cycle</p>  | IM/OB<br>IM/OB              |
| 7.09 | <p><b>CAMERA</b></p> <p>Chaque enceinte sera équipée d'une caméra sans fil (ou PEO) avec un système commun enregistreur 4 canaux offrant une qualité d'image FULL HD, d'un zoom, d'une vision nocturne et d'un microphone.</p> <p>Le système devra avoir une application Smartphone gratuite (iPhone / Android).</p> <p>Un logiciel de gestion de vidéosurveillance sera également prévu sur la supervision (images en direct / enregistrées).</p> | IM/OB<br><br>IM/OB<br>IM/OB |
| 7.10 | <p><b>DIFFUSION SONORE</b></p> <p>Chaque enceinte sera équipée d'un haut-parleur sur système IP (type HARMONYS de chez BODET ou équivalent) avec sonneries, appels, diffusion musique, par déclenchement manuel depuis le réseau informatique ou un smartphone.</p>  | IM/OB                       |
| 7.11 | <p><b>PRISE RESEAU VDI RJ45</b></p> <p>Chaque enceinte sera équipée de 2 prises RJ45 étanche IP65 IK 08 (devant et derrière l'animal) permettant les raccordements de terminaux tels que PC, enregistreurs.</p> <p>Les câbles d'alimentation et les noyaux seront de catégorie 6A.</p>   | IM/OB<br><br>IM/OB          |

|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | PROJET MODTHEIX 2  | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) | PROGRAMME FONCTIONNEL  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 | DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS | PAGE 28 sur 38  |

|                     |   |   |
|---------------------|---|---|
|                     | <p>L'ensemble des prises réseau sera raccordé à la baie de brassage existante. Le titulaire du marché aura la fourniture du câblage, raccordement par multiprises rackable 19 pouces y compris connecteurs, depuis la baie de brassage existant (voir pièce n°2.11).</p> <p>L'ensemble des autres prises réseau pour PC supervision / analyseurs(s) / autres matériels sont également à prendre en compte.</p> <p>Une validation avec le service informatique INRAE sera faite.</p> <p>Le recettage de l'installation est à inclure.</p>  | <p>IM/OB</p> <p>IM/OB</p> <p>IM/OB</p> <p>IM/OB</p>                       |
| <b>8-ASPECT CVC</b> |   |   |
| <b>8.01</b>         | <p><b>DIFFUSION DE L'AIR DE CHAQUE ENCEINTE</b></p> <p>Elle permettra une homogénéité de l'ambiance telle que « pas d'écart de plus de 1°C » sur mapping points de contrôle.</p> <p>Les grilles seront traitées contre tous risques de corrosion (notamment reprise). Pour le confort / viabilité des expérimentations, il ne pourra être admis de courants d'air préférentiels ayant une incidence sur le bien être physiologique des animaux.</p>   | <p>SOU</p> <p>IM/OB</p> <p>SOU</p>  |
| <b>8.02</b>         | <p><b>NIVEAU SONORE RESIDUEL DANS LES ENCEINTES</b></p> <p>Des pièges à sons seront dimensionnés pour permettre d'atteindre les objectifs de niveau sonore exigé.</p>   | <p>IM/OB</p>  |
| <b>8.03</b>         | <p><b>COLONNE LUMINEUSE</b></p> <p>Il sera prévu pour chaque enceinte, une colonne lumineuse 3 couleurs permettant de s'assurer de l'état de l'ambiance de chaque enceinte (suivant FDS).</p> <p>Elles seront situées au-dessus de la porte côté animal de chaque enceinte et au niveau du poste de contrôle.</p>   | <p>IM/OB</p> <p>SOU</p>   |
| <b>8.04</b>         | <p><b>GROUPE FROID</b></p> <p>Il sera équipé de 2 COMPRESSEURS / 2 circuits d'évaporation permettant 2/3 de la puissance nominale (back up).</p> <p>Il sera sélectionné avec un GWP inférieure à 150 et répondra aux exigences de développement durables en vigueur (F-Gas).</p> <p>Un ballon tampon d'eau glacée extérieur permettra une régulation souple et évitera les cours cycles intempestifs.</p>   | <p>IM/OB</p> <p>SOU</p> <p>SOU</p>  |
| <b>8.05</b>         | <p><b>CTA</b></p> <p>Elles seront autonomes par enceinte, de type tout air neuf, avec caisson/compartiment de récupération d'énergie séparé.</p> <p>Leur dimensionnement et leur positionnement feront l'objet de la proposition technique au regard des exigences de débit, de flexibilité, d'accessibilité et des contraintes dimensionnelles de la salle CH4.</p> <p>La prise et la distribution d'air neuf pourra être commune à toutes les CTA.</p> <p>Il n'est pas requis de classe particulière ni exigence de filtration d'air au-delà d'une filtration G4/F7. (Protection batteries).</p> <p>Les moteurs de reprise seront sur variateurs de fréquence, pour ajuster les débits.</p> <p>Batterie traitée contre la corrosion (inox).</p> | <p>IM/OB</p> <p>SOU</p> <p>IM/OB</p> <p>IM/OB</p> <p>IM/OB</p> <p>SOU</p> |
| <b>8.06</b>         | <p><b>GAINES</b></p> <p><u>De soufflage</u></p> <p>Les vitesses d'air admissible sont de 2m/s.</p> <p>Les vitesses en sortie de bouche devront être inférieures à 1m/s.</p> <p><u>De reprise</u></p> <p>Elles devront avoir une résistance et pérennité aux ambiances parfois agressives.</p>   | <p>IM/OB</p> <p>IM/OB</p> <p>IM/OB</p>                                    |

|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | PROJET MODTHEIX 2  | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) | PROGRAMME FONCTIONNEL  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 | DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS | PAGE 29 sur 38  |

|                         |  |  |
|-------------------------|--|--|
| 8.07                    | <b>CALORIFUGE</b><br>Un calorifuge général type kraft alu + isolant M0 évitera les déperditions et augmentera l'efficacité du système de récupération.   | IM/OB  |
| 8.08                    | <b>ACCESSOIRES DE REGLAGE/INSTRUMENTATION</b><br>Ils seront judicieusement positionnés de manière à assurer un accès aisé pour la maintenance et la métrologie.<br>Toutes les motorisations de volets, régulateurs seront choisies dans les gammes de réponse rapide.  | IM/OB<br>SOU                                       |
| 8.09                    | <b>ARMOIRE ELECTRIQUE</b><br>Chaque enceinte sera isolable électriquement indépendamment des simultanités /continuité de service.<br>Le choix d'une armoire par enceinte ou armoire générale est laissé à l'appréciation des installateurs.  | IM/OB<br>SOU                                       |
| <b>9-ASPECT FLUIDES</b> |  |  |
| 9.01                    | <b>EAU D'ABREUVEMENT</b><br>Elle sera distribuée en tube inox (304L) depuis l'attente spécifique dans la salle CH4.<br>Pour chacune des enceintes, il sera prévu avant raccordement sur abreuvoir, un débitmètre / totalisateur permettant le recueil des informations suivantes : <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Affichage débit d'eau et horodatage ;</li> <li>✓ Dernière quantité d'eau prélevée ;</li> <li>✓ Consommation moyenne quotidienne ;</li> <li>✓ Cumul consommation totale.</li> </ul> L'ensemble de ces données seront remontées sur le poste de supervision.<br>Localisation : à valider en EXE.<br>Le titulaire prévoira la possibilité d'un isolement de l'abreuvoir en cas de fuite.  | IM/OB<br>IM/OB<br>IM/OB<br>IM/OB<br>IM/OB<br>IM/OB |
| 9.02                    | <b>EAU FROIDE /EAU CHAUDE SANITAIRE</b><br>Elles seront distribuées en tube inox (304L) depuis les attentes spécifiques dans la salle CH4.<br>Pour chacune des enceintes, il sera prévu une robinetterie mélangeuse inox permettant le raccordement de flexibles ou de nettoyeur HP.<br><br><u>Localisation</u> : à valider en EXE.  | IM/OB<br>IM/OB<br>IM/OB                            |
| 9.03                    | <b>TRAITEMENT D'EAU POUR VAPEUR HUMIDIFICATION DE L'AIR</b><br><br>En fonction de la nature de l'eau froide sanitaire (voir analyse jointe en annexe en pièce n°1.10), il sera prévu le traitement approprié pour permettre l'alimentation des humidificateurs dédiés aux valeurs d'hygrométrie programmées des ambiances de chacune des enceintes métaboliques.<br>Le fournisseur veillera aux caractéristiques de dureté et pureté compatible d'une part avec les générateurs de vapeur et rampe de nébulisation associés à chacune des CTA enceintes et d'autre part avec le maintien du statut sanitaire des animaux hébergés.<br>Le fournisseur précisera dans le mémoire technique les matériels prévus aux traitements de l'eau / production de vapeur.<br><br><u>Localisation</u> : A voir suivant exigences de distance maxi entre équipements, points de raccordement, et points d'évacuation rejets eau/condensats sur attentes prévue dans la salle CH4 (voir pièces n°2.04 et 2.05) | IM/OB<br>IM/OB<br>IM/OB<br>IM/OB                   |
| 9.04                    | <b>EVACUATIONS AERIENNES</b><br>Le titulaire du marché, aura à sa charge la mise en œuvre de tous les bacs d'égouttures, pots, réseau d'évacuation aérien des mises à l'égout ou récupération de condensats.   | IM/OB  |

|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | PROJET MODTHEIX 2  | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) | PROGRAMME FONCTIONNEL  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 | DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS | PAGE 30 sur 38  |

|             |  |                 |
|-------------|--|-----------------|
|             | L'ensemble des besoins sera collecté et ramené sur les attentes existantes dans la salle CH4.  | IM/OB           |
| <b>9.06</b> | <b>VIDE TRANSFERT</b><br>La production de vide et 2 attentes dans salle CH4 seront prévues par INRAE<br>Pression de service 300 mbar DN25.<br>A partir de ces attentes, un réseau de distribution avec vannes manuelles DN20 inox304L au point d'utilisation (1 par enceinte) sera fourni et installé au titre du présent lot (positions à voir en EXE). | PI<br><br>IM/OB |

## 3.2 PRESCRIPTIONS DE REALISATION / INSTALLATION

### 3.2.1 REGLES GENERALES DE MISE EN ŒUVRE

#### 3.2.1.1 Reprise de charges sur structure existante

La toiture et ossature du volume salle CH4 ne permet pas des reprises de charges permanentes au-delà de 5kg /m².

#### 3.2.1.2 Serrurerie

Dans le cas de structures métalliques type plateforme technique, elles seront prévues de type mécano soudé, en profils tubulaires galvanisés. Les protections périphériques anti chutes se feront par garde-corps galvanisé normalisés. Il sera prévu à minima une échelle à crinoline en aluminium pour accès au niveau de chaque(s) plateforme(s).

#### 3.2.1.3 Chauffage ventilation Climatisation

Les prises d'air neuf et rejets seront prédisposées telles que sur le plans et coupes EXE Gros Œuvre de la salle CH4 pièce n°2.02. Ces dernières sont déjà réalisées voire photo pièce n°2.10. Aucun rejet ne sera à moins de 10 mètres d'une prise d'air neuf. L'ensemble du réseau de gaines sera visitable (trappes de visites) pour maintenance et plus particulièrement celui de reprise. Ce dernier pouvant faire l'objet de nettoyage /désinfection si nécessaire. Les épaisseurs de tôles de l'ensemble des réseaux aérauliques ne seront pas inférieures à 8/10<sup>ème</sup>.

#### 3.2.1.4 Plomberie/fluides

D'une manière générale, en base chiffrage, l'ensemble des tuyauteries et robinetteries associées sera prévu en inox 304L. Les supportages et colliers seront en acier électrozingué hors enceinte et inox dans l'enceinte (supportage tous les 1,00m pour DN< à 15, tous les 1,5m pour DN de 12 à 20, tous les 2,00m pour DN >20 à 50. Les linéaires de réseaux d'eau chaude sanitaire complémentaires seront calorifugés. Tous les points bas seront équipés de vannes de purges. Chacune des enceintes sera isolable de manière indépendante.

#### 3.2.1.5 Electricité Courants forts

Il sera prévu l'ensemble des chemins de câbles (y compris supports/fixations) nécessaires (type CABLOFIL), et sans couvercle (proscrit). Toutes les pénétrations dans les volumes enceintes seront **rendues étanches**. Les cheminements sous goulotte ne seront autorisés qu'en extérieur du volume enceintes.

#### 3.2.1.6 Electricité Courants faibles

Le réseau VDI devra répondre aux éléments suivants :

- ✓ Conforme aux normes en vigueur EN50173 /EN50173/EN55022 et 802.3BT ;
- ✓ Les prises RJ45 seront IP65 IK07 dans les enceintes / IP55 dans salle CH4 ;
- ✓ Le câblage /cordons sera de type CATEGORIE 6A.
- ✓ Le recettage est au présent lot.

### 3.2.2 REGLES GENERALES DE REPERAGE/ETIQUETAGE

Tous les organes sur réseaux aérauliques, hydrauliques, électriques seront repérés et numérotés au regard des plans et schémas suivant la charte mis en place collégialement avec INRAE. Les sens de distribution et/ou qualité des alimentations et ce suivant les standards de couleurs normalisés seront également prévus tous les 10m et sur chaque antenne et/ou dérivation. L'ensemble des affichages règlementaires de sécurité devront être également prévus.

|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | PROJET MODTHEIX 2  | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) | PROGRAMME FONCTIONNEL  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 | DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS | PAGE 31 sur 38  |

## 4. INTERFACES/LIMITES DE PRESTATIONS

### 4.1 INTERFACES CHANTIER

#### 4.1.1 ACHEMINEMENT / STOCKAGE MATERIELS

Les emballages / transports / déchargements sont à la charge de l'adjudicataire.  
 Les stockages sur site seront vus en coordination avec INRAE afin de ne pas gêner les activités du site.  
 Les moyens adaptés de transfert et de manutention pour montage / mise en œuvre sont à la charge du contractant.

#### 4.1.2 GESTION DES DECHETS

L'ensemble des déchets générés par les travaux / interventions seront stockés, évacués, mis en décharge par l'adjudicataire.  
 Un tri sélectif suivant typologie des déchets (plastique / cartons, bois, métal) devra être fait. Le titulaire devra remettre à INRAE l'ensemble des bordereaux de suivi des déchets, tous types, et remettre en fin de chantier le registre des déchets émis par ce chantier. Sont fournis en pièces n°1.15.1 à 1.15.3 le tableau de classification, un exemple de bordereau de suivi des déchets et un exemple de registre.

#### 4.1.3 BASE VIE

Un vestiaire / sanitaires et une salle de restauration seront mis à disposition par INRAE pour le personnel de chantier voir PPIEE pièce n°1.05.

### 4.2 MISE A DISPOSITION DES ENERGIES /UTILITES

#### 4.2.1 EVACUATIONS /ATTENTES AU SOL

L'ensemble des caniveaux, siphons et attentes au sol disponibles sont représentés suivant les plans gros œuvre en pièce n°2.04.

#### 4.2.2 BESOINS ENERGIES

##### 4.2.2.1 Fluides

Les besoins Débits / Pressions / Température devront être précisés dans le mémoire et être confronter aux disponibilités existantes.

##### 4.2.2.2 Electricité courants forts

La puissance disponible pour la globalité de l'installation est de 80 kW.

##### 4.2.2.3 Electricité courant faibles

CENTRALE INCENDIE → CATEGORIE avec équipement d'alarme de type 1.

BAIE DE BRASSAGE → Baie EXISTANTE voire pièce n°2.11. Des bandeaux et noyaux seront à prévoir suivant besoins

REPORTS ALARMES → Via baie de brassage.

### 4.3 LIMITES DE PRESTATIONS

#### 4.3.1 VRD

Pas d'interface a priori. Le socle groupe froid sera réalisé par INRAE en direct suivant les préconisations de l'adjudicataire.

#### 4.3.2 GROS ŒUVRE

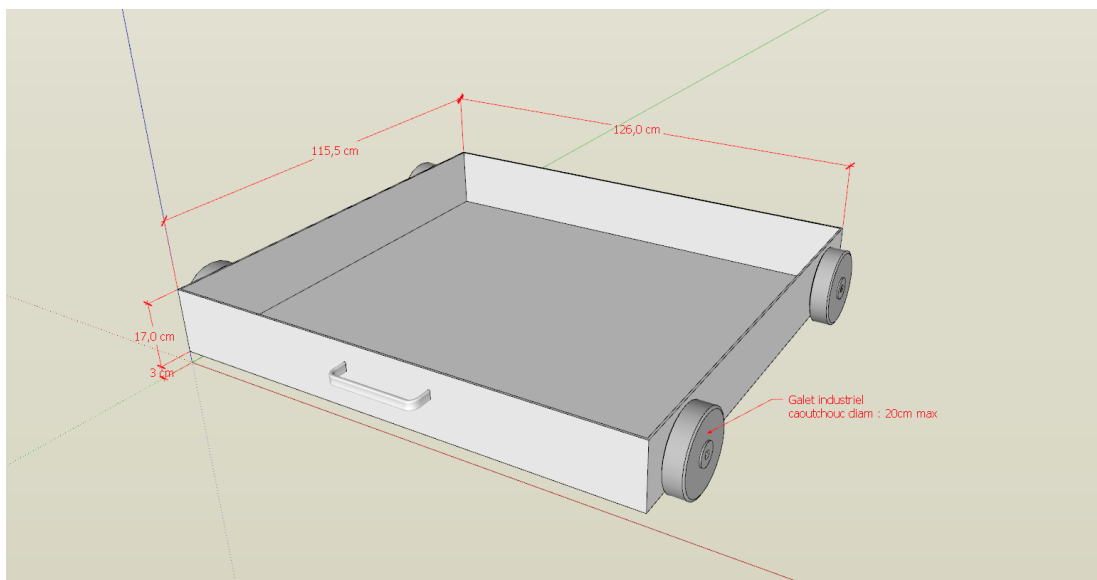
A l'exception du massif groupe froid extérieur où un dallage est réalisé per INRAE pour l'ancrage du groupe froid, il ne devrait pas être requis de travaux ou de modifications substantielles de gros œuvre / maçonnerie, à l'intérieur du bâtiment, au titre de la prestation. Si des modifications s'avéraient nécessaires elles devront être précisées dans le cadre des écarts pièce n°1.09 d'une mise au point (pentes, réservations bacs à fèces).

|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | PROJET MODTHEIX 2  | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) | PROGRAMME FONCTIONNEL  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 | DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS | PAGE 32 sur 38  |

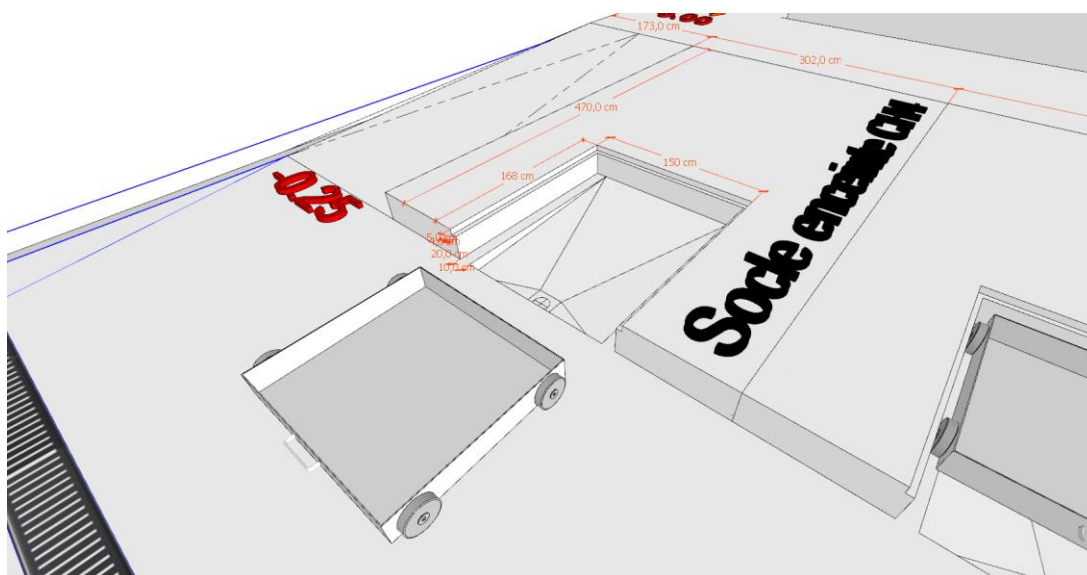
Les qualités de sol (planéité, finitions) seront celles constatée lors de la visite des lieux et principalement en béton brut finition talochée.

La surcharge d'exploitation de la dalle CH4 est de 1500kg/m<sup>2</sup>. Les surcharges induites par l'agencement / organisation de l'installation ne devront pas générer de renforcements (massifs).

Les bacs de récupérations fèces devront s'adapter aux réservations prévues voir 3D ci-dessous :



*Bac à fèces – Modélisation 3D de principe*



*Modélisation 3D de la dalle formant socle des enceintes et fosse pour la gestion des fèces*

Les bacs pourront être compartimentés pour éviter tout débordement lors du déplacement.  
Si demandes impératives supplémentaires, elles devront être spécifiées dans le tableau des écarts (pièce n°1.03).

### 4.3.3 CLOS COUVERT

#### 4.3.3.1 REPRISES DE CHARGES PERMANENTES

La structure existante de charpente et/ou poutraison du bâtiment n'acceptera pas de charges permanentes importantes > 25kg /m<sup>2</sup>. Seules les fixations pour support gaines, tuyauteries et chemins de câbles sont admissibles.

#### 4.3.3.2 ACCES SALLE CH4

La dimension du passage libre disponible pour introduction matériels / moyens de manutention est de 3,00 m de large x 3,00m de haut (voir pièce n°2.02).

|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | PROJET MODTHEIX 2  | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) | PROGRAMME FONCTIONNEL  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 | DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS | PAGE 33 sur 38  |

#### 4.3.3.3 ECLAIRAGE ZENITHAL/DESEMFUMAGE

Les 4 skydomes prévus devront être laissés libres de toute obturation même partielle (voir pièce n°2.01).

#### 4.3.4 SECOND ŒUVRE

##### 4.3.4.1 Revêtement de sols

Sol béton brut.

##### 4.3.4.2 Cloisonnement

La salle CH4 sera constituée d'un doublage intérieur en panneaux sandwich agroalimentaire. Toutes les portes de la salle CH4 donnant sur l'extérieur seront gérées en contrôle d'accès. L'ensemble des réseaux présent dans la salle CH4 seront apparents. Il sera pris en compte des pentes du dallage pour la mise en œuvre du cloisonnement.

##### 4.3.4.3 Faux plafond

Un plafond sera présent entre poutres en bois lamellé collé en panneaux sandwich agroalimentaire en partie haute la salle CH4.

##### 4.3.4.4 Peinture/finitions

Sans Objet.

#### 4.3.5 PLOMBERIE FLUIDES

Un réseau vide sera en attente dans la salle CH4 voir plan pièce n°2.05.

#### 4.3.6 HVAC

Des percements de façades avec grille 950x950 ont été prédisposés sur 2 façades opposées permettant les raccordements des prises d'air neuf sur l'une et d'air rejeté sur l'autre. Voir positionnement suivant plan pièce n°2.04 et photo de la salle CH4 en construction pièce n°2.10.

### 4.4 ELECTRICITE

##### 4.4.1.1 Courants forts

La localisation du TGBT est indiquée sur les plans pièces n°2.01 et 2.02. La terre est disponible dans l'armoire divisionnaire électrique présente dans la salle CH4.

##### 4.4.1.2 Courants faibles

La localisation de la baie de brassage est indiquée sur les plans pièces n°2.01 et 2.02. La centrale incendie est situé dans un autre bâtiment, seul un répartiteur est présent dans le bâtiment voire la localisation sur le plans pièces n°2.01 et 2.02. Une détection incendie est présente dans la salle CH4.

### 4.5 EQUIPEMENTS HORS SCOPE

Ci-dessous la liste d'équipements et des prestations hors projet et/ou à charge de INRAE :

- Zone et équipement de lavage bac fèces / auges ;
- Matériel de nettoyage / curage / lavage (karcher) ;
- Pot de traite ;
- Matelas litières dans enceintes ;
- Paillasse humide / lave mains salle CH4 ;
- Bouteilles gaz neutre pour étalonnage.



|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | PROJET MODTHEIX 2  | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) | PROGRAMME FONCTIONNEL  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 | DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS | PAGE 34 sur 38  |

## 5. COMMISSIONING

### 5.1 REGLES GENERALES DE NETTOYAGE

#### 5.1.1 NETTOYAGE RESEAUX HYDAULIQUES

Après tests d'étanchéité / pression tous les réseaux seront nettoyés avant mise en service

#### 5.1.2 DESINFECTION RESEAU EAU FROIDE

Le réseau dédié à l'abreuvement des animaux sera désinfecté et rincé avant mise en service.  
Ce nettoyage fera l'objet d'un contrôle de potabilité.

#### 5.1.3 NETTOYAGE RESEAUX AERAIQUE

L'ensemble du réseau de gaines sera visitable (trappes de visites) pour maintenance et plus particulièrement celui de reprise. Ce dernier pouvant faire l'objet de nettoyage / désinfection si nécessaire.

#### 5.1.4 NETTOYAGE DES SURFACES

Toutes les surfaces internes et externes des enceintes devront pouvoir être nettoyées à grandes eaux, et lessivées si besoin, avec un additif détergent/désinfectant.

#### 5.1.5 NETTOYAGE AVANT MISE EN SERVICE

Avant réceptions / qualifications, le titulaire du marché aura à sa charge un nettoyage général par aspiration et lavage(s) semi humide supprimant toutes poussières, traces ou taches.

### 5.2 RECEPTION DES EXISTANTS

#### 5.2.1 BATIMENT

Le titulaire du marché aura à sa charge l'ensemble des vérifications dimensionnelles et altimétriques de la salle CH4.

#### 5.2.2 UTILITES

Avant mise en service, il procédera également à la vérification des énergies / attentes mises à sa disposition, (validées en études).

### 5.3 RECEPTION D'INSTALLATION

#### 5.3.1.1 Conformité de mise en œuvre

Cette première étape devra valider les points suivants :

- Dossier plans EXECUTION à jour des éventuelles évolutions / modifications ;
- Vérifications des PV de conformité requis, tests d'auto contrôles. (Étanchéité, pression, température, ...) ;
- Vérifications des présences effectives, positionnements, nombre, ... ;
- Validation des aspects visuels de finitions.

#### 5.3.1.2 Conformité de fonctionnement

Cette réception fera l'objet d'une qualification. Elle se fera par le biais de protocole et procédure de test mentionnant les états de vérifications et listing (PUNCH LIST) des non-conformités. Cette qualification sera réalisée par un organisme tiers qui aura à sa charge l'écriture des protocoles.

|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | PROJET MODTHEIX 2  | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) | PROGRAMME FONCTIONNEL  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 | DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS | PAGE 35 sur 38  |

## 5.4 ESSAIS / RECEPTION FONCTIONNELLE

### 5.4.1 TESTS DE SECURITES

Aucun test fonctionnel de démarrage ne pourra être réalisé sans les prérequis suivants :

- Schéma de câblage à jour, validé sans réserve, par le Bureau de Contrôle Technique ;
- Tests sur Arrêts d'Urgence vérifié OK ;
- Alarmes effectives lorsque nécessaire.

### 5.4.2 DEMARRAGE INSTALLATION

En préalable à tout démarrage, un protocole de planification des opérations sera fourni.

Prérequis :

- La calibration des sondes REGULATIONS / MONITORING ;
- Tests fil à fil validés ;
- Programmations sur automates et logiciel de supervision effectifs ;
- Transferts des données effectifs, seuils et asservissements modélisés.

Les tests sur analyseur de gaz en tranche ferme et en TO si affermie, ne pourront débuter qu'après stabilisation des conditions d'ambiance (sur valeurs prédéfinies).

Le titulaire du marché devra l'ensemble des moyens de mesures/contrôles, ainsi que des consommables départs nécessaires à la mise en service notamment les gaz d'étalonnage nécessaires.

### 5.4.3 CRASH TESTS

Outre les asservissements et sécurités actives, il sera procédé également à une série de tests simulant les pannes potentielles suivants :

- Perte d'un équipement dans le cas de redondance / back up ;
- Perte courant normal, passage en mode secours, retour à la normale ;
- Perte sur AU / remise en service « à chaud » ;
- Perte onduleur ;
- Valeur erronée de THI.

Pour chacun des tests, il sera mentionné les conditions initiales, les reports d'alarmes effectifs, les conditions de retour à la normale.

### 5.4.4 REGLAGES

Un historique des réglages et actions correctives éventuelles sera tracé.

Les vérifications de l'ensemble des valeurs /grandeurs physiques sur des dépassements de seuils d'alarme seront testées.

Les essais de régulations mini /maxi des conditions d'ambiance seront réalisés pour chacune des enceintes.

### 5.4.5 RECEPTION FONCTIONNELLE /MISE EN SERVICE

Cette réception se fera par le biais d'un protocole mentionnant :

- La conformité des valeurs attendues / mesurées et tolérances associées ;
- Les enregistrements analyseur / mapping de points sur T°C / HR /éclairage par enceinte ;
- Le comportement global de l'installation sur simultanéité de fonctionnement de 1 à 4 enceintes ;
- États de vérifications et listing (PUNCH LIST) des réserves formulées ;
- Les reports et alarmes.

Les dates d'interventions seront mentionnées suivant la criticité du déroulement de la mise en service.

**Seul le quitus de cette étape permettra la mise en service.**

|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | PROJET MODTHEIX 2  | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) | PROGRAMME FONCTIONNEL  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 | DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS | PAGE 36 sur 38  |

## 5.5 FORMATION

Un ensemble de formations à l'équipement en vue de sa maîtrise par l'ensemble des intervenants INRAE sera dispensé par le titulaire du marché.

3 types de formations sont à prévoir :

- ARCHITECTURE /UTILISATIONS DES DONNEES (HARD) Nb personne 2/3 ;
- PILOTAGE (SOFT)Nb de personne 4/5 ;
- MAINTENANCE Nb personne 2.

Le programme et temps impartis à chacune des formations seront précisés dans le mémoire technique joint à l'offre.

La durée de ces formations sera adaptée en fonction des technologies et logiciels utilisés et plus particulièrement concernant le (ou les) analyseur(s).

Des procédures d'utilisation, de calibration, de maintenance rédigées en français devront être fournies pour l'ensemble des matériels proposés.

## 5.6 RECEPTION

En complément des prescriptions générales de réception mentionnées dans les pièces administratives, chaque enceinte sera considérée comme réceptionnée définitivement, lorsque le titulaire du marché aura répondu et / ou levé l'intégralité des non-conformités promulguées lors de la phase de qualification (réalisée par un organisme tiers).

## 5.7 GARANTIES DE PARFAIT ACHEVEMENT

### 5.7.1 *Durée (hors analyseurs) :*

2 ans de garantie parfait achèvement et 2 ans de bon fonctionnement : pièces et mains d'œuvre sur dysfonctionnements ou dégradations avérés, vices cachés.

### 5.7.2 *Assistance hot line*

Le titulaire du marché s'engagera à une assistance de type HOT LINE sur une durée de 12 mois à compter de la réception.

### 5.7.3 *Interventions*

Un délai d'engagement pour les interventions pendant cette période sera précisé.

## 5.8 SERVICE APRES VENTE

Dans tous les cas, le titulaire du marché devra proposer sous forme « Pro forma » les conditions de suivi des installations  
La proposition devra être en 2 parties :

**Aspect PREVENTIF** : Durant la période de garantie / Hors période de garantie.

**Aspect CURATIF** : Durant la période de garantie / Hors période de garantie.

|                    |  |                 |
|--------------------|--|-----------------|
| INRAE              | PROJET MODTHEIX 2  | EDITION : D     |
| SITE DE THEIX (63) | PROGRAMME FONCTIONNEL  | DATE : 07/07/25 |
| Réf pièce : 1.01.1 | DISPOSITIF D'ENCEINTES METABOLIQUES A AMBIANCE CONTRÔLÉE POUR GROS RUMINANTS | PAGE 37 sur 38  |

## 6. PRESTATIONS D'ETUDES

### 6.1 ETUDES EXECUTION

#### 6.1.1 NOTES DE CALCULS

Le titulaire du marché devra l'ensemble des notes de calculs justificatives de ces dimensionnements.  
Les données/conditions de base devront être systématiquement indiquées.

#### 6.1.2 SCHEMAS FONCTIONNEL/PID

Toutes les installations techniques complexes feront l'objet d'un schéma PID.

#### 6.1.3 SCHEMA ELECTRIQUES/PNEUMATIQUES

L'ensemble des armoires devront avoir un schéma électrique conforme aux standards.

#### 6.1.4 PLANS EXE

Avant toutes fabrications, il sera fourni les plans dimensionnels des installations ainsi que la localisation/positionnement de tous les terminaux (bouches, luminaires, prises de courants capteurs, afficheurs, etc...)

#### 6.1.5 DOCUMENTATION MATERIELS

Tous les matériels manufacturés feront l'objet d'une fiche technique précisant les spécifications /contraintes de mise en œuvre.

### 6.2 PLAN QUALITE PROJET

#### 6.2.1 INTERFACES AVEC L'EXISTANT

Le titulaire du marché se rapprochera des responsables projet M. HUART et M. TERSIN afin de valider l'ensemble des hypothèses d'implantations ayant un impact sur les réalisations faites, en cours ou à venir. Les besoins, si nécessaire, en complément de cotes seront à la charge et sous la responsabilité de l'adjudicataire.

#### 6.2.2 IMPLANTATIONS

Toutes les implantations dimensionnelles feront l'objet d'un VISA de la part de INRAE avant exécution.  
Tous les schémas fonctionnels feront l'objet d'un VISA de la part de INRAE avant exécution.

##### 6.2.2.1 PV /certificats

Ils seront à fournir chaque fois que requis.

##### 6.2.2.2 Notices

Tous les documents relatifs aux matériels installés ayant des spécificités fonctionnelles seront joints au dossier d'exécution pour validation.

##### 6.2.2.3 Planification

La validation d'un planning EXECUTION est un prérequis ainsi que son suivi / mise à jour.

##### 6.2.2.4 Gestion documentaires

Une liste des documents graphiques et manuscrits sera tenue à jour au fur et à mesure des diffusions. Le titulaire utilisera l'indigage des plans pour faciliter le repérage dans les versions de plans.

#### 6.2.3 GESTION DES MODIFICATIONS

Toutes modifications d'ordre qualitative, quantitative et fonctionnelle en cours d'études EXE et/ou de réalisation feront l'objet :

- D'un indigage avec repérage de couleur ;
- D'une diffusion suivant protocole établi ;
- D'une validation si la modification impacte le contenu du marché.

## 7. CADRE PROTOCOLES QUALIFICATIONS

### 7.1 TABLEAU DES QUALIFICATIONS

L'ensemble des cadres de protocoles cochés ci-après devront faire l'objet de procédures de mesures/contrôles afin de valider la conformité aux valeurs et fonctionnements requis.

Ces protocoles seront établis et réalisés par un tiers. L'adjudicataire devra l'assistance requise au bon déroulement des phases de qualification (au titre de la réception des ouvrages).

| REP | PROTOCOLE   | QI       | QO       | QP       |
|-----|---|----------|----------|----------|
| 1   | MONTAGE ENCEINTES / INSTALLATION                        | <u>X</u> |          |          |
| 2   | VERIFICATIONS DEBITS FLUIDES                            | <u>X</u> |          |          |
| 3   | VERIFICATIONS PUISSANCE ELEC                            | <u>X</u> |          |          |
| 4   | VERIFICATIONS INSTALLATION HVAC                         | <u>X</u> |          |          |
| 5   | VERIFICATIONS RACCORD ANALYSEUR                         | <u>X</u> |          |          |
| 6   | ETANCHEITE ENCEINTES / PORTES                           |          | <u>X</u> |          |
| 7   | ECLAIREMENT   |          | <u>X</u> |          |
| 8   | NIVEAU SONORE   |          | <u>X</u> |          |
| 9   | DEBITS / PRESSION ENCEINTES                             |          | <u>X</u> |          |
| 10  | REPORTS DONNEES / ALARMES                               |          | <u>X</u> |          |
| 11  | MAPPING T°C / HYGRO                                     |          | <u>X</u> |          |
| 12  | SECURITES / ASSERVISSEMENTS                             |          | <u>X</u> |          |
| 13  | ETALONNAGE ANALYSEUR                                    |          | <u>X</u> |          |
| 14  | PRECISION / LINEARITE DES MESURES                       |          | <u>X</u> |          |
| 14  | VALIDATION DONNEES MONITORING AMBIANCES                 |          |          | <u>X</u> |
| 15  | CRASH TESTS   |          |          | <u>X</u> |
| 16  | VALIDATION DONNEES ANALYSEUR                            |          |          | <u>X</u> |
| 17  | VALIDATION SUPERVISION / PILOTAGE / PROGRAMMATION CYCLE |          |          | <u>X</u> |