

# PROGRAMME CEE ADAPT BÂTI CONFORT

## MARCHE D'ASSISTANCE TECHNIQUE A MAITRISE D'OUVRAGE (ATMO) ET DE PRESTATIONS D'ETUDES

### CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

Date – Version : 28/01/2026

# TABLE DES MATIERES

<b>1. ELEMENTS DE CONTEXTE / OBJET DU MARCHE</b>	<b>4</b>
<b>2. DESCRIPTION GENERALE DES MISSIONS</b>	<b>6</b>
2.1 Nomenclature et typologie des missions	6
2.2 Allotissements	7
2.3 Typologie des projets faisant l'objet des missions	8
<b>3. DETAIL DE CHAQUE MISSION PAR TYPOLOGIE DE MISSION</b>	<b>9</b>
<b>3.1 Mission A1 : Faisabilité et aide à la décision des solutions</b>	<b>9</b>
3.1.1 Mission A1a : Proposition et description des solutions, prédimensionnement	10
3.1.2 Mission A1b : Estimation des coûts prévisionnels	10
3.1.3 Mission A1c : Simulations et validation de la pertinence des solutions	10
3.1.4 Livrables Mission A1	10
<b>3.2 Mission A2 : Suivi de la mise en œuvre des solutions d'amélioration</b>	<b>11</b>
3.2.1 Mission A2a : Relecture des pièces écrites, propositions de modifications éventuelles	11
3.2.2 Mission A2b : Suivi de la mise en œuvre sur le chantier, assistance à la réception des travaux, pré-exploitation	12
3.2.3 Mission A2c : Assurer la sensibilisation et l'appropriation par les usagers des solutions mises en œuvre	12
3.2.4 Livrables Mission A2	13
<b>3.3 Missions E1 et E2 : Diagnostic instrumenté de l'état initial</b>	<b>13</b>
3.3.1 Introduction	13
3.3.2 Mission E1 : Caractérisation de l'opération	15
3.3.3 Mission E2 : Instrumentation et monitoring avant travaux	16
3.3.4 Livrables missions E1 et E2	18
<b>3.4 Missions E3 et E4 : Diagnostic instrumenté après travaux</b>	<b>18</b>
3.4.1 Introduction	18
3.4.2 Mission E3 : Evaluation des dispositifs et usages d'adaptation	20
3.4.3 Mission E4 : Instrumentation et monitoring après travaux	21
3.4.4 Livrables missions E3 et E4	23
<b>3.5 Mission E5 : Etudes pour l'évaluation théorique de l'impact des travaux retenus</b>	<b>23</b>
3.5.1 Introduction	23
3.5.2 Mission E5 : Caractérisation de l'opération	24
3.5.3 Livrables mission E5	26
<b>3.6 Les missions P1, P2 et P3 de participation transversale au Programme</b>	<b>26</b>
3.6.2 Mission P1 : Participation aux rendus des missions ATMO	27
3.6.3 Mission P2 : Participation à l'évaluation cadrée des missions E1 à E4	27
3.6.4 Mission P3 : Participation à l'animation régionale organisée par les Centre de Ressources	28
3.6.5 Livrables Mission P	28
<b>3.7 Expertise complémentaire</b>	<b>28</b>
<b>3.8 Autres Prestations</b>	<b>29</b>
	2

<b>4.</b>	<b>COMPETENCES, QUALIFICATIONS ET EXPERIENCES ATTENDUES</b>	<b>29</b>
4.1	Compétences et savoir-faire attendus	29
4.2	Pré-requis et qualifications	30
4.3	Références	31
<b>5.</b>	<b>VOLET RSE (RESPONSABILITE SOCIETALE DES ENTREPRISES)</b>	<b>31</b>
<b>6.</b>	<b>ORGANISATION ET PILOTAGE DE LA PRESTATION</b>	<b>31</b>
6.1	Encadrement et suivi de la prestation	31
6.2	Contacts et modalités d'échange avec les différents membres du consortium du projet	32
6.3	Délais de réalisation des prestations	32
<b>7.</b>	<b>ANNEXES</b>	<b>33</b>
7.1	Frise chronologique d'un projet	34
7.2	Descriptif du recueil des caractéristiques du bâtiment	35
7.2.1	Données générales de l'opération	35
7.2.2	Données descriptives des pièces instrumentées et des dispositifs d'adaptation instrumentés	36
7.3	Instrumentation de base	37
7.3.1	Tableau récapitulatif : instrumentation minimale par opération	37
7.3.2	Passerelle LoRaWAN	38
	Température et humidité de l'air extérieur	38
7.3.3	Température, humidité et concentration en CO2 de l'air intérieur	39
7.3.4	Capteur d'état sur les ouvrants	40
7.3.5	Box Confort	40
7.4	Questionnaire global occupant	44
7.4.1	Description synthétique du questionnaire global occupant	44
7.4.2	Maximisation du taux de réponse au questionnaire	45
7.5	Exigences sur les Simulations Thermiques Dynamiques	46
7.5.1	Exigences de modélisation et simulation	46
7.5.2	Exigences sur les résultats sorties des simulations	49

# 1. Eléments de contexte / Objet du marché

Création du Programme : Arrêté publié au Journal Officiel le 05 août 2025.

Le programme CEE ADAPT BATI CONFORT est une initiative coordonnée d'opérateurs de l'Etat (Cerema, CSTB, ADEME) sur les sujets de l'efficacité énergétique et du changement climatique, associant des partenaires privés en pointe sur le sujet (Centre de Ressources du réseau « Bâtiment durable », Agence Qualité Construction).

Ce Programme vise à faire émerger et évaluer des solutions de rafraîchissement efficaces, reproductibles et éprouvées :

- En produisant des données, connaissances et retours d'expériences à la fois techniques et sociologiques « in situ » de solutions d'adaptation de bâtiments existants aux vagues de chaleur, sans recours ou presque à la climatisation,
- En contribuant à la montée en compétence des acteurs de la filière « bâtiment-aménagement » sur ces solutions, en ciblant les maîtres d'ouvrages, les prescripteurs, les entreprises, etc.

Pour atteindre ses objectifs, le Programme CEE ADAPT BATI CONFORT développera :

- Un accompagnement technique et financier de 50 projets d'adaptation de bâtiments existants aux vagues de chaleur actuelles et futures sélectionnées dans 4 régions du sud de la France métropolitaine :
- Les solutions qui seront mises en œuvre feront l'objet d'un suivi expérimental et d'une évaluation numérique cadrés sur le plan technique (confort d'été, énergie, impact carbone, analyse économique) et sur le plan de l'appropriation par les usagers (facilité d'usage, etc.)
- Une capitalisation et diffusion des connaissances, des résultats et des retours d'expériences, pour permettre l'appropriation de stratégies pertinentes et efficaces par les maîtres d'ouvrage et acteurs du bâtiment, via différents moyens (sensibilisation, formation, mise à disposition des informations et outils, etc.).

Les 4 régions concernées par le programme sont celles particulièrement exposées aux vagues de chaleur : Provence-Alpes-Côte-d'Azur, Occitanie, Auvergne-Rhône-Alpes et Nouvelle Aquitaine.

Les 50 opérations seront retenues par Appel à Manifestations d'Intérêt tout au long de l'année 2026 et début 2027. Deux dates de sélection de projets sont fixées : avril 2026 et avril 2027.

Le programme CEE ADAPT BATI CONFORT permettra ainsi de mettre en avant des solutions adaptées à différents contextes géographiques, contraintes climatiques et pratiques constructives.

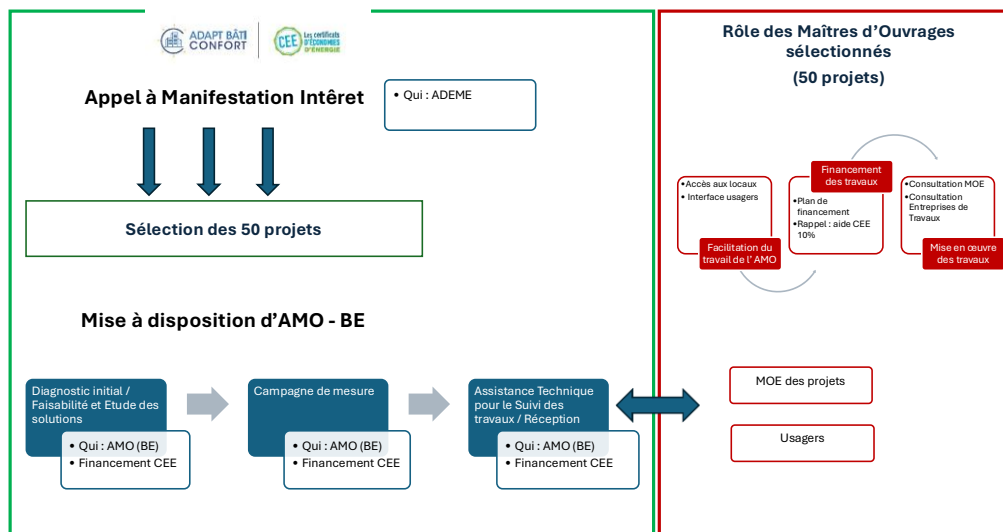
Enfin, Il contribuera très concrètement aux mesures du PNACC 3 (Plan National d'Adaptation au Changement Climatique<sup>1</sup>).

Dans ce cadre, les projets retenus au titre du programme ADAPT BATI CONFORT bénéficieront d'un soutien de type AMO et de prestations d'études spécifiques prises en charge par le programme CEE, objets du présent marché.

---

<sup>1</sup> <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/PNACC3.pdf>

L'organisation générale du programme CEE ADAPT BATI CONFORT est représentée sur les deux schémas suivants :



L'équipe Projet ADAPT BATI CONFORT est constituée des organismes suivants :

- ADEME (porteur),
- Cerema (co-porteur),
- CSTB (co-porteur),
- Partenaires : Envirobatbdm, Envirobat Occitanie, Ville et Aménagement Durable (VAD), Odéys, AQC

## 2. Description générale des missions

### 2.1 Nomenclature et typologie des missions

Les missions du prestataire sont des missions de conseil sur le confort d'été auprès du maître d'ouvrage, une mission d'évaluation et une mission de contribution transversale au projet ADAPT BATI CONFORT.

Ainsi le prestataire n'a pas vocation à se substituer à la mission du maître d'œuvre du projet.

Plus précisément, les missions, objet du présent CCTP, se répartissent en trois grandes typologies :

- **A - Missions d'Assistance Technique à Maîtrise d'Ouvrage (ATMO)**, qui sera mise en œuvre à deux échelles temporelles des projets :
  - o A1 - Faisabilité et aide à la décision des solutions d'amélioration contre les surchauffes (avant travaux),
  - o A2 - Suivi de la mise en œuvre des solutions d'amélioration (phase Projet, phase chantier et après travaux).

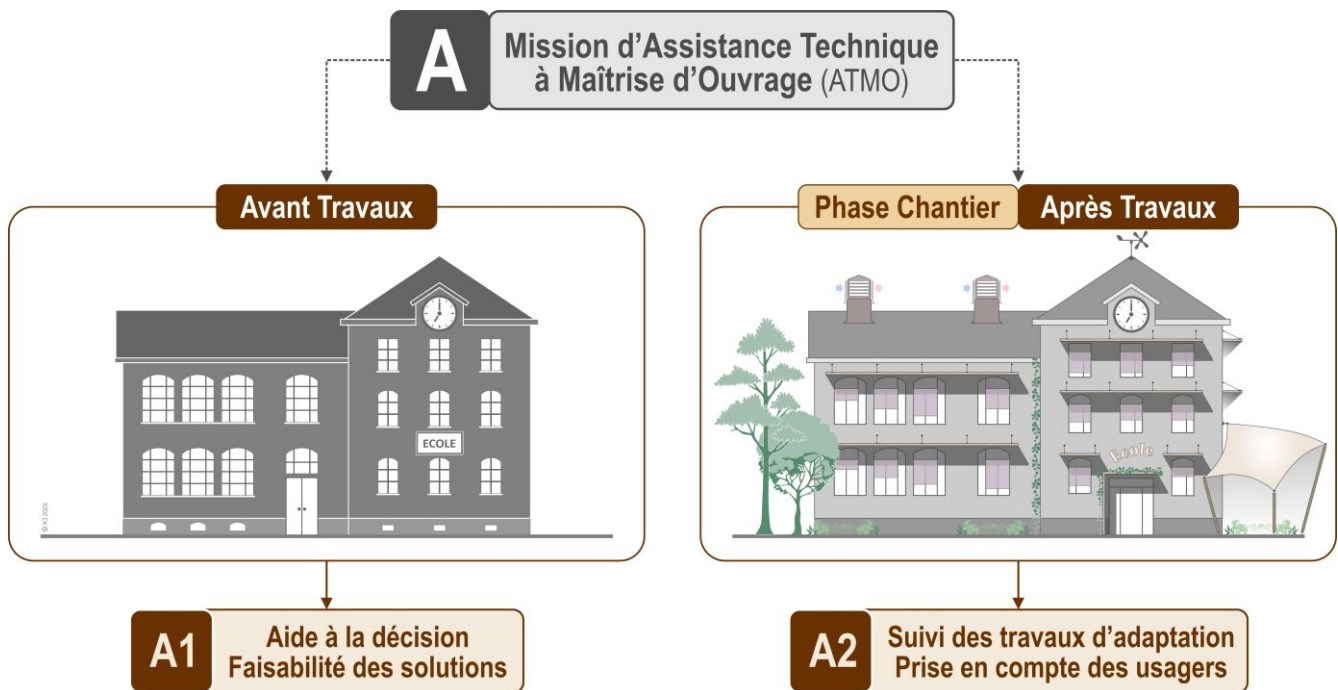


Figure 1. Vue globale des missions de type A

- **E - Missions de Diagnostic et d'Evaluation**, dont l'objet est de produire les jeux de données quantitatives et qualitatives dédiés à la capitalisation du Programme. A partir de ces jeux de données, produits selon un cadre technique commun aux 50 opérations, l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT évaluera de façon homogène les 50 projets a posteriori et en multicritères (carbone, coût, énergie, confort d'été, usage). Ces missions comprendront :
  - o Un diagnostic instrumenté de l'état initial :
    - E1 - Caractérisation de l'opération
    - E2 - Instrumentation et monitoring avant travaux
  - o Un diagnostic instrumenté après travaux :
    - E3 - Evaluation des dispositifs d'adaptation sur site et en usage
    - E4 - Instrumentation et monitoring après travaux
  - o Une évaluation de l'impact théorique des travaux
    - E5 - Evaluation théorique de l'impact des travaux retenus.

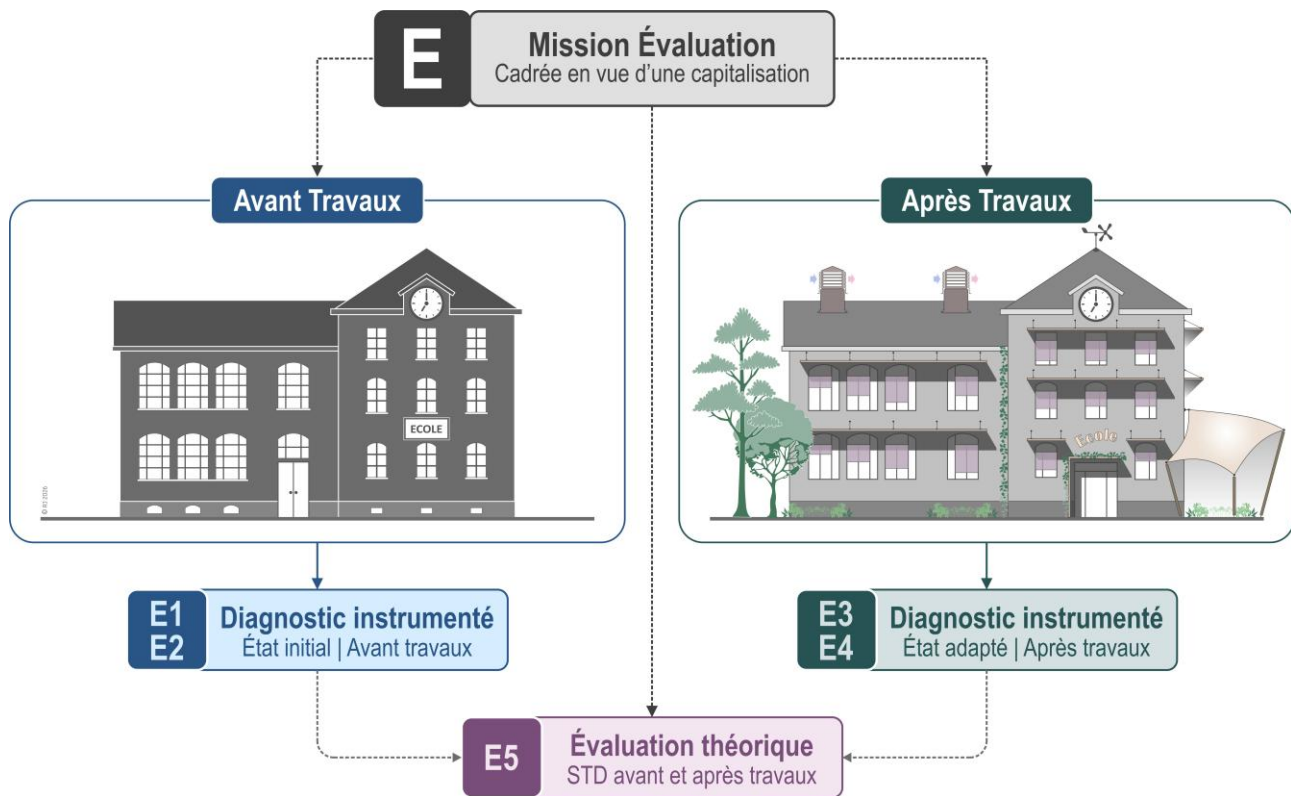


Figure 2. Vue globale des missions de type E

- **P - Missions de Participation transversale au Programme** : il s'agit pour le prestataire de participer à des temps d'échanges avec l'ensemble des partenaires du Programme pour :
  - o P1 - Partager les retours d'expériences des missions ATMO (A1 et A2),
  - o P2 - Proposer et acter des partis pris dans la réalisation des missions d'Evaluation (E1 à E5) et contribuer à l'analyse collective des données recueillies issues de ces missions,
  - o P3 - Participer aux actions d'animation que les 4 Centres de Ressources organiseront dans les deux macros-région (AURA/PACA et Occitanie/Nouvelle Aquitaine) de l'Accord cadre.

Ces différentes missions seront toutes ou en parties déployées sur chacun des 50 projets retenus au titre du Programme à partir de bons de commande.

Ces missions sont détaillées plus bas.

## 2.2 Allotissements

La présente consultation comporte 2 lots : le contenu global de la prestation, à prévoir dans chacune des 4 régions, est identique pour chacun de ces 2 lots, sauf mention contraire :

- Lot 1 : Auvergne-Rhône-Alpes et Provence Alpes Côtes d'Azur
- Lot 2 : Occitanie et Nouvelle Aquitaine

Il s'agira d'un Accord cadre multi-attributaire à bons de commandes.

Les prestations s'exécuteront au moyen de bons de commande à prix unitaires, avec des quantitatifs qui dépendront du nombre de projets qui seront retenus au titre du programme.

## 2.3 Typologie des projets faisant l'objet des missions

Les projets, au nombre approximatif de 50, qui feront l'objet des missions présentées dans le paragraphe 3.1 seront retenus par Appel à Manifestations d'intérêt (AMI) en 2026 et en 2027.

Les candidats à l'AMI seront des maîtres d'ouvrages publics ou privés (hors particulier) qui proposent des bâtiments prioritairement avec les usages suivants :

- Enseignement et petite enfance (crèches, écoles, etc.),
- Secteur médico-social (hors hôpitaux) et sanitaire (EHPAD),
- Logement collectif occupé notamment par des ménages vulnérables,
- Bureaux.

Les candidats à l'AMI présenteront des bâtiments qui seront en fonctionnement et en conditions d'usage réelles ; ils seront réputés être représentatifs de leur(s) catégorie(s) d'usage(s) dans leur conception architecturale, l'objectif étant d'avoir des retours d'expériences reproductibles.

Les candidats aux AMI pourront présenter des bâtiments se trouvant dans les trois configurations suivantes :

- **Cas 1 : Bâtiment en programmation de rénovation** : la phase de programmation sera finalisée au stade du dépôt de candidature à l'AMI en février 2026, le projet n'aura pas dépassé l'avancement APS à l'horizon de l'automne 2026, et les travaux devront être terminés avant la fin du premier trimestre 2028. La mise en œuvre de solutions spécifiques d'adaptation aux fortes chaleurs, vagues de chaleur ou surchauffes estivales apparaît nécessaire, mais elles n'ont pas été nécessairement approfondies et programmées. Le maître d'ouvrage dispose d'un calendrier prévisionnel d'études et de travaux, les partenaires d'ingénierie ou de maîtrise d'œuvre peuvent être connus ou sont en phase de sélection.

Dans ce cas, le prestataire retenu apportera au projet un accompagnement complet, c'est à dire les missions A1, A2, E1 à E5, P1 à P3.

- **Cas 2 : Bâtiments nécessitant des travaux ponctuels complémentaires** pour corriger des situations d'inconfort rencontrées pendant les fortes chaleurs, vagues de chaleur ou surchauffes estivales : Il peut s'agir de bâtiments récents, de maîtres d'ouvrage qui lancent des plans de travaux « monogestes » (changement de fenêtres, modification d'une CTA avec mise en place d'un caisson adiabatique, etc.) et qui présenteront ainsi un fort potentiel de duplication des solutions à l'échelle de leur patrimoine. Les maîtres d'ouvrage disposant d'une capacité de prescription interne (maîtrise d'œuvre) seront un atout de la candidature. Les travaux devront être terminés avant la fin du premier trimestre 2028.

Dans ce cas, prestataire retenu apportera au projet un accompagnement complet : c'est à dire les missions A1, A2, E1 à E5, P1 à P3.

- **Cas 3 : Bâtiments en phase de PROJET de rénovation**, la phase de conception est en cours au stade de la candidature à l'AMI, **les travaux devront être terminés avant la fin du premier trimestre 2027**. Le projet prévoit des actions et travaux ambitieux sur le traitement des surchauffes dans le bâtiment mettant en œuvre toute une stratégie de réduction forte des besoins de rafraîchissement, combinant des travaux d'isolation, d'installations de protections solaires efficaces, de brasseurs d'air, d'équipements performant de froid actif, etc.

Dans ce cas, le prestataire retenu aura uniquement la charge de produire les missions : E1 à E5, P2 et P3.

### 3. Détail de chaque mission par typologie de mission

#### 3.1 Mission A1 : Faisabilité et aide à la décision des solutions

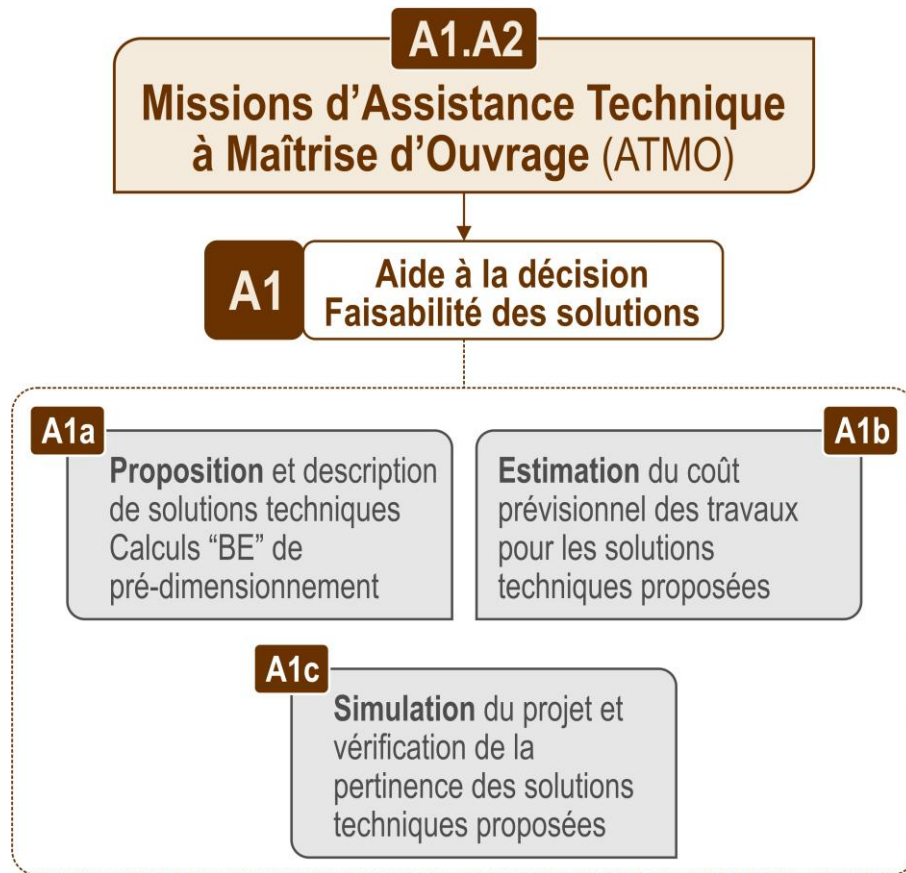


Figure 3 : Schéma organisationnel de la mission A1

La mission A1 est une mission d'assistance technique pour la définition de travaux d'adaptation des projets aux surchauffes. Elle correspond à une phase de faisabilité en amont d'une phase d'Avant-projet.

Suite à la réalisation d'un diagnostic initial permettant d'identifier le potentiel d'adaptation (en utilisant notamment les résultats issus des missions E1 et E2 ci-après), le prestataire proposera des actions correctives et des travaux pertinents et efficaces, en mobilisant en priorité des leviers passifs (renforcement, modification ou nature de l'isolation, dispositifs de protection solaire performants, possibilités de ventilation naturelle, etc.) ou peu énergivores (brasseurs d'air, rafraîchissement évaporatif, etc.).

Les solutions proposées pourront le cas échéant compléter des installations de climatisation existantes, lorsque celles-ci seront indispensables pour traiter le confort de certains locaux et permettre ainsi de réduire les consommations d'énergies de ces installations. Les solutions proposées devront aussi prendre en compte les moyens humains dont dispose la maîtrise d'ouvrage sur la gestion et l'exploitation de ses bâtiments.

Des réunions d'échanges avec l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT seront prévues afin, d'une part, de répondre aux questions des prestataires sur le cahier des charges de la mission et son déroulement, et, d'autre part, de partager les résultats et enseignements issus de la mise en œuvre de cette mission (cf. Mission P, § 3.6).

La faisabilité permettra de réaliser les missions suivantes :

### **3.1.1 Mission A1a : Proposition et description des solutions, prédimensionnement**

Le prestataire devra proposer des actions et des travaux sur la base de pré-dimensionnements, de ratios et/ou de calculs relevant de son savoir-faire et de son expertise. Le pré-dimensionnement intégrera plusieurs scénarios possibles, pour vérifier la résilience à différentes hypothèses météorologiques (climat actuel et climat futur TRACC).

### **3.1.2 Mission A1b : Estimation des coûts prévisionnels**

Le prestataire devra réaliser le chiffrage des coûts des actions et des solutions proposées sous les différentes hypothèses climatiques (climat actuel et climat futur TRACC). Le prestataire aura en charge d'estimer l'impact de ces solutions sur le planning des travaux, en lien avec les acteurs du projet, notamment la maîtrise d'œuvre le cas échéant.

### **3.1.3 Mission A1c : Simulations et validation de la pertinence des solutions**

Le prestataire devra simuler l'impact des actions et des travaux proposés sur le confort des ambiances, en les évaluant sous différentes contraintes météorologiques (climat actuel et climat futur TRACC). Le prestataire pourra réutiliser, à cet effet, les fichiers météorologiques mobilisés dans le cadre des missions E5 (Études pour l'évaluation théorique de l'impact des travaux retenus, cf. § 3.5). Plus largement, le prestataire pourra optimiser son temps de modélisation en mutualisant les ressources développées en E5 et en les adaptant à cette phase d'aide à la décision.

Le prestataire proposera une méthodologie différenciée selon les cas 1, 2 et 3 des projets (cf. § 2.3). Notamment, la méthodologie prendra en compte la présence ou non d'une équipe de maîtrise d'œuvre et les propositions pour que les solutions puissent être intégrées à des pièces écrites de maîtrise d'œuvre. A noter que sur certains projets (collectivités notamment), les maîtres d'ouvrage pourront disposer de moyens de maîtrise d'œuvre interne.

Le prestataire participera aux arbitrages/échanges avec le maître d'ouvrage et ses partenaires (MOE le cas échéant) pour proposer les solutions les plus adaptées et faisables selon les différentes contraintes du projet. Le prestataire associera a minima l'ADEME à l'occasion de la restitution finale des résultats au maître d'ouvrage. Elle sera nécessaire pour répondre à toutes les questions du maître d'ouvrage sur la suite de l'accompagnement, dont l'aide potentielle aux travaux.

En fonction des décisions opérationnelles prises par la maîtrise d'ouvrage concernant la mise en œuvre des actions et travaux issus de la mission A1, l'ADEME et ses partenaires pourront engager la mission A2. À défaut, la mission du prestataire sera limitée à la mission A1.

### **3.1.4 Livrables Mission A1**

- Descriptif détaillé des solutions techniques proposées (note technique), incluant la justification des solutions proposées (calculs, pré-dimensionnement, simulation de confort, etc.), avec les différentes hypothèses (météo notamment),
- Estimation du coût prévisionnel des travaux et du planning du chantier associé, selon les différents scénarios,

- Compte-rendu de réunion/relevé de décisions avec le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre portant sur les principales solutions retenues à ce stade de la mission et leur efficacité pour traiter les surchauffes dans le bâtiment.

## 3.2 Mission A2 : Suivi de la mise en œuvre des solutions d'amélioration

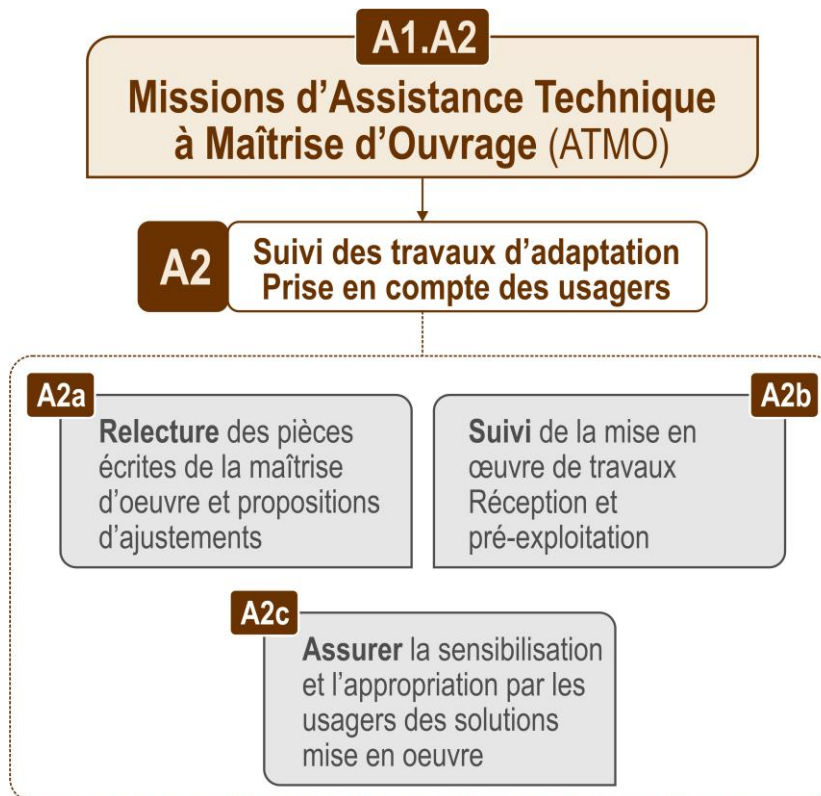


Figure 4 : Schéma organisationnel de la mission A2

La mission A2 est une mission d'assistance technique pour le suivi des travaux d'adaptation des projets aux surchauffes que le maître d'ouvrage aura décidé de réaliser à la suite de la mission A1. Elle peut s'apparenter à une mission dite de « Commissionnement ».

Pour les cas 1 (cf. § 2.3), elle portera sur les phases suivantes : PRO/DCE, ACT/DCE, VISA, DET, OPC, AOR et Mise en exploitation.

Pour les cas 2 (cf. § 2.3), cette mission sera à adapter au processus retenu par la maîtrise d'ouvrage pour la réalisation des travaux : maîtrise d'œuvre en interne ou recours à de la maîtrise d'œuvre externe.

### 3.2.1 Mission A2a : Relecture des pièces écrites, propositions de modifications éventuelles

Le prestataire devra relire les pièces écrites du projet (notamment, pour les cas 1 : APD, PRO, DCE, etc.) et proposer, le cas échéant, les ajustements ou modifications nécessaires.

Il aura en charge de recueillir l'ensemble des documents techniques et architecturaux relatifs aux solutions d'adaptation, lesquels seront mis à jour ou ajoutés au recueil des documents techniques avant

travaux. À ce titre, l'ensemble des plans, avis techniques, fiches techniques et spécifications de chaque système nécessaire à l'évaluation des solutions devra être collecté.

Il devra émettre un avis sur l'analyse fonctionnelle des solutions et des équipements CVC dédiés à l'adaptation éventuellement installés, afin de garantir leur bon fonctionnement.

### **3.2.2 Mission A2b : Suivi de la mise en œuvre sur le chantier, assistance à la réception des travaux, pré-exploitation**

Le prestataire devra :

- Vérifier le respect des prescriptions par les entreprises de travaux (ex : EXE/VISA ou autres),
- Suivre la mise en œuvre sur chantier, sur des étapes clefs et sensibles (exemple : présence pendant la pose des premiers brasseurs d'air) et proposer des ajustements ou des modifications le cas échéant,
- Vérification du bon fonctionnement des solutions d'adaptation (réception/pré-exploitation),
- S'assurer que l'analyse fonctionnelle des solutions CVC éventuelles est conforme aux prescriptions du CCTP,
- Vérifier par des relevés et mesures ponctuelles sur site (si possible en période chaude), réglages et paramétrages des solutions d'adaptation mises en œuvre (mesure des vitesses de l'air en zone d'occupation pour les brasseurs d'air, dimensions des casquettes, paramétrages d'un caisson adiabatique sur CTA, etc.). Certaines de ces mesures pourront être recueillies à partir des auto-contrôles, relevés manuels et tests fonctionnels effectués par les entreprises : le prestataire devra être présent lors de ces tests,
- S'assurer de la mise en place d'une maintenance et entretien adaptés aux solutions mise en œuvre (spécifications dans un contrat d'exploitation, demander la présence de l'exploitant/mainteneur lors de la réception, etc.).

À noter que **les solutions reposant sur des équipements techniques CVC éventuels** feront l'objet d'un suivi instrumenté qui sera spécifique à chaque projet. Cette tâche sera chiffrée au titre de la mission E4a (cf. § 3.4.3.1),

### **3.2.3 Mission A2c : Assurer la sensibilisation et l'appropriation par les usagers des solutions mises en œuvre**

La mission se réalisera à deux temps du projet :

- En amont : au moment du choix des solutions à mettre en œuvre, le prestataire devra avoir également pris en compte leur impact en termes d'usage : pour cela, il devra a minima avoir recueilli l'avis du référent usager<sup>2</sup> qui lui sera désigné par le MOA. A titre d'exemple, dans le cas d'une école, ce référent usager pourra être le Directeur ou la Directrice de l'école. L'avis de ce référent est essentiel car il contribuera à choisir les solutions les plus adaptées en termes d'usage et donc favorisera leur appropriation,
- Après les travaux : le prestataire devra former les usagers à la bonne prise en main des équipements. Pour cela, il sera nécessaire de prévoir des démonstrations in situ, avec une visite complète du bâtiment pour bien expliquer aux différents usagers comment les différentes solutions fonctionnent et permettent d'atteindre un bon niveau de confort.

---

<sup>2</sup> Référent usager : détail de son rôle décrit dans les missions E1/E2

Le prestataire proposera une méthodologie différenciée selon les cas 1 et 2 des projets (cf. § 2.3). Notamment, la méthodologie prendra en compte la présence ou non d'une équipe de maîtrise d'œuvre, ainsi que les propositions pour assurer la bonne mise en œuvre des travaux et des solutions.

## 3.2.4 Livrables Mission A2

### 3.2.4.1 Mission A2a

- Mise à jour du descriptif détaillé des solutions techniques mises en œuvre sur le bâtiment (note technique de la mission A1 mise à jour),
- Recueil des documents techniques relatifs aux solutions/équipements d'adaptation,
- Mise à jour du coût prévisionnel des travaux réalisés sur le bâtiment et du planning.

### 3.2.4.2 Mission A2b

- Comptes-rendus de toutes les vérifications, échanges et modifications éventuelles portant sur les solutions et équipements d'adaptation,
- Bilan de l'analyse fonctionnelle des solutions/équipements CVC éventuels,
- Compte-rendu des spécifications et conseils proposés au titre de la maintenance et entretien.

### 3.2.4.3 Mission A2c

- Compte-rendu des deux temps d'échanges et de sensibilisation menées auprès des usagers (incluant les supports de présentation ppt utilisés).

## 3.3 Missions E1 et E2 : Diagnostic instrumenté de l'état initial

### 3.3.1 Introduction

#### 3.3.1.1 Description des missions E1 (Caractérisation de l'opération) et E2 (Instrumentation avant travaux)

Le rôle du prestataire sur les missions E1 et E2 est de réaliser la collecte des données nécessaires à la réalisation d'un diagnostic initial du bâtiment (avant travaux), à partir de la méthodologie détaillée ci-après. Ces données lui permettront de comprendre les leviers pour la mise en œuvre de travaux d'adaptation aux surchauffes (mission A1). L'équipe projet d'ADAPT BATI CONFORT utilisera ces données pour évaluer l'impact des travaux retenus en les comparant aux données récoltées après travaux (missions E3 et E4).

Ce diagnostic s'appuiera sur une analyse du bâti, de son environnement, de ses équipements, de son mode d'occupation, et des mesures physiques d'ambiance. Il s'agira d'une part de décrire le fonctionnement du bâtiment, ses équipements et leurs éventuelles défaillances en matière de confort thermique, ainsi que les usages et leurs contraintes (horaires, types d'activités, ouverture au public, etc.) et d'autre part de collecter des données mesurées in situ et des réponses à des enquêtes de confort des usagers. Cela permettra de disposer de données de référence mesurées avant toute action d'adaptation, d'évaluer l'ambiance thermique ressentie par les occupants et de fonder les scénarii d'occupation nécessaire pour la composante Simulation Thermique Dynamique de la mission E5. La **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** résume les tâches du prestataire sous la forme d'un logigramme.

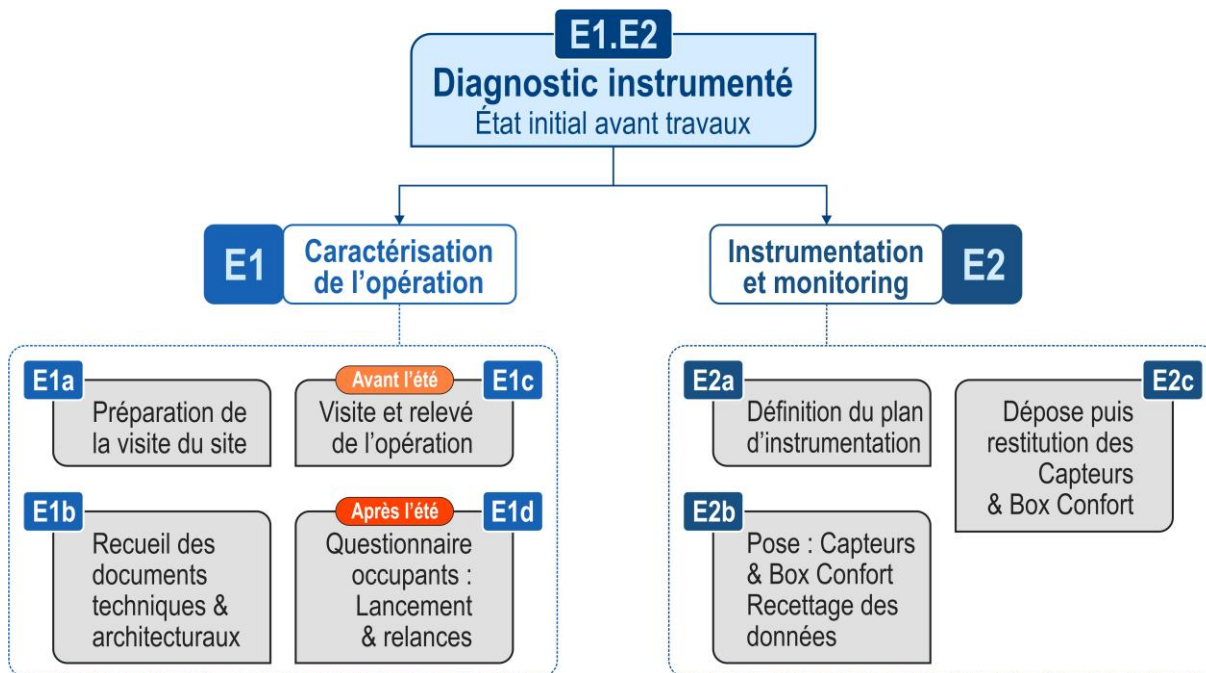


Figure 5 : Schéma organisationnel des missions E1 et E2

### 3.3.1.2 Moyens mis à disposition du prestataire

Le prestataire devra réaliser le diagnostic instrumenté initial selon la méthodologie spécifiée dans ce document. Il s'appuiera sur les ressources suivantes :

D'une part :

- Un référent usager, qui sera mis en place par chaque MOA sur chaque site. Il sera identifié parmi les usagers du site et épaulera le prestataire sur différentes parties de sa mission : le référent usager sera chargé de faire le lien entre le prestataire et les usagers.

Et d'autre part, mis à disposition par l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT :

- Du **matériel de mesure physique télérelevée**, avec sa passerelle de communication et une interface de lancement et de suivi des mesures. Le prestataire aura accès à l'entrepôt de données de mesures. Cette instrumentation initiale sera commune à tous les projets. Le descriptif est donné en annexe 7.3,
- Un **dispositif appelé Box confort**, qui permettra de recueillir le confort ressenti à fréquence tri-journalière tout au long de la période d'instrumentation. Le descriptif est donné en annexe 7.3.6,
- Un **kit de personnalisation numérique de la Box Confort**, qui devra être transmis au référent usager des écoles maternelles et primaires,
- Un **cadre de recueil des caractéristiques de l'opération**, qui devra être renseigné par le prestataire à partir des documents techniques, et de ses visites et relevés sur site. Un exemple est donné en annexe 7.2.1,
- Un **questionnaire en ligne** à l'attention des occupants qui permettra de recueillir le confort saisonnier, les conditions d'usages et d'appropriation. Il sera qualifié de « **questionnaire global occupant** » dans la suite de ce document. Ce questionnaire devra être déployé après l'été. Le descriptif est donné en annexe 7.4,
- Un **kit de communication** comprenant les logos du Programme ADAPT BATI CONFORT en haute définition et une affiche à destination des usagers. Cette affiche présentera le Programme et l'intérêt pour les usagers à répondre aux questionnaires et aux sollicitations à suivre. Le prestataire pourra s'appuyer sur ce support pour épauler le référent usager dans son recrutement d'occupants volontaires : elle sera générique et donc à modifier pour correspondre exactement à l'opération retenue.
- Des **formulaire de consentement vierges**, qui devront être transmis au référent usager.

Une réunion de 30 minutes avec l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT est prévue, pour chaque opération, pour s'accorder sur la méthodologie de relevés sur site, d'instrumentation et d'enquête (mission E2a, § 3.3.3.1).

Toutes les mesures physiques du diagnostic initial devront obligatoirement être réalisées pendant la saison chaude (de juin à septembre inclus).

### 3.3.2 Mission E1 : Caractérisation de l'opération

L'objectif de cette mission est de caractériser le bâtiment, son environnement, ses équipements et son usage afin, d'une part, d'identifier les causes d'inconfort en saison chaude, et, d'autre part, de récolter des données pour les calculs (mission E5).

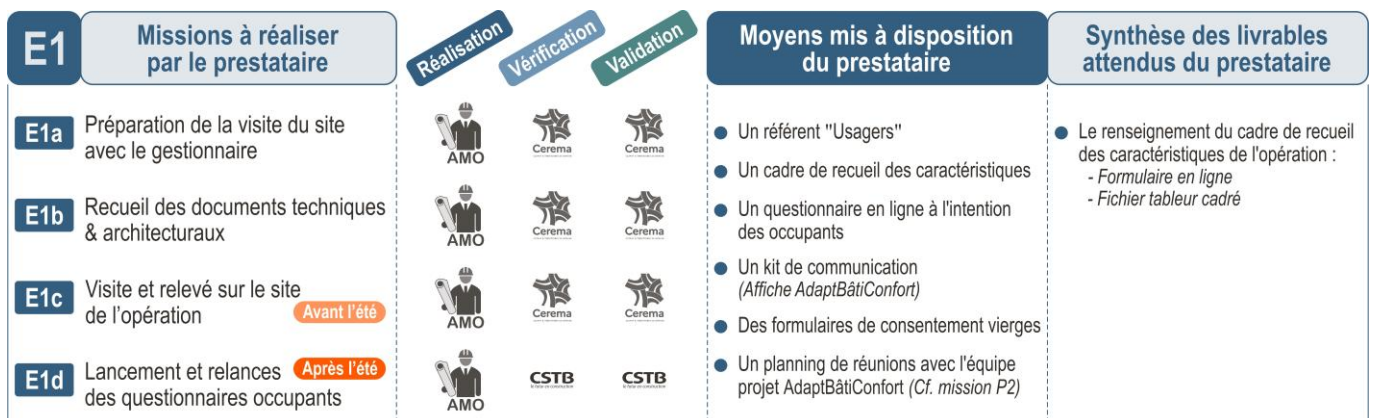


Figure 6 : Organisation de la mission E1 - Caractérisation de l'opération

#### 3.3.2.1 Missions E1a et E1b : Préparation de la visite et recueil des documents techniques et architecturaux

Il est demandé au prestataire d'organiser une réunion de lancement avec le gestionnaire du ou des bâtiments, destinée à repérer :

- Les locaux qui font face à des problématiques de surchauffe avec des conséquences caractérisées (inconfort, activité interrompue, problèmes sanitaires, etc.),
- Les dysfonctionnements en termes d'usage et d'exploitation.

Cette identification permettra de préparer le plan d'instrumentation et d'identifier les premières causes de surchauffes.

Cette réunion pourra être organisée en visioconférence ou lors de la visite sur site.

Le prestataire devra également organiser une réunion avec le référent usager pour lui présenter les modalités concrètes de l'instrumentation, le contenu des questionnaires occupants et le fonctionnement des Box Confort. De plus, dans le cas des écoles maternelles et primaires, le prestataire aura la charge de mettre à disposition et de présenter la personnalisation de la Box Confort se présentant sous la forme d'un kit de personnalisation numérique. Cette réunion pourra être organisée en visioconférence ou lors de la visite sur site.

Le prestataire devra par ailleurs initier la collecte de l'ensemble des documents techniques et architecturaux nécessaires à la caractérisation du bâtiment, afin de compléter le cadre de recueil des caractéristiques de l'opération (mission E1b).

### 3.3.2.2 Mission E1c : Visite et relevés sur site - Avant l'été

Le prestataire devra finaliser le recueil documentaire par une visite et des relevés sur site destinés à caractériser le ou les bâtiments vis à vis de la surchauffe : nature du site, exposition, typologie constructive du ou des bâtiments, orientation et taux de vitrage, nature des protections solaires et de leur pilotage, potentiel de ventilation naturelle nocturne, installations et équipements techniques et vérification de leur bon fonctionnement.

La visite devra s'effectuer avec l'exploitant ou le référent technique du site, en début de saison chaude.

A l'issue du recueil documentaire (mission E1b) et de la visite sur site, le prestataire devra remplir le cadre de recueil des caractéristiques de l'opération, dont la trame sera fournie par l'équipe ADAPT BATI CONFORT.

### 3.3.2.3 Mission E1d : Lancement du questionnaire global occupant (en ligne) et relances - Après l'été

Un questionnaire en ligne « global occupant » sera fourni par l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT au prestataire. Ce questionnaire et les missions associées sont décrits plus en détail en annexe 7.4.1.

Le prestataire aura la charge de transmettre le lien de ce questionnaire et d'expliquer le protocole de remplissage au référent usager.

Il devra également proposer au référent usager des actions pour maximiser le taux de réponse à ce questionnaire durant la période de remplissage (cf. annexe 7.4.2). Dans ce cadre, le prestataire pourra adapter le kit de communication (transmis par l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT) à chaque opération selon les spécificités des occupants et conseillera le référent usagers dans sa stratégie de distribution des questionnaires et de recueil des réponses. Enfin, le prestataire transmettra chaque semaine au référent usager le taux de réponse observé afin que le référent usager puisse calibrer ses relances.

## **3.3.3 Mission E2 : Instrumentation et monitoring avant travaux**

Le suivi instrumenté sera réalisé sur la période chaude d'une année (de mai à fin septembre inclus). Le prestataire déploiera sur le site l'instrumentation fournie par l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT et réalisera son suivi. L'annexe 7.3 présente l'instrumentation de base.

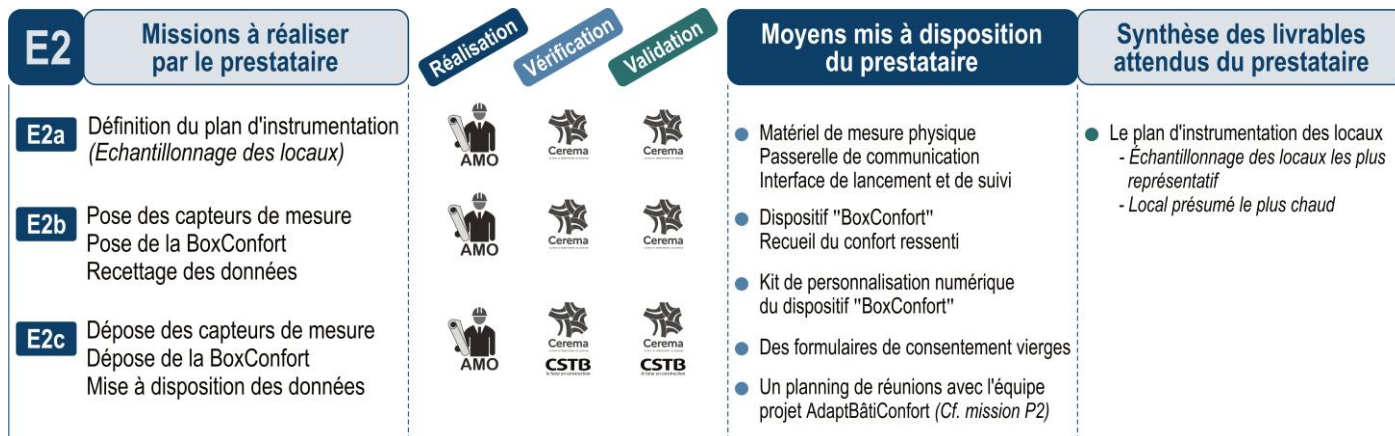


Figure 7 : Organisation de la mission E2 - Instrumentation et monitoring

### 3.3.3.1 Mission E2a : Définition du plan d'instrumentation de base

A partir du matériel fourni par l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT et de la visite de site, le prestataire proposera un plan d'instrumentation sur la base d'un échantillonnage des locaux les plus représentatifs et du local présumé le plus chaud : plan des locaux avec positionnement des capteurs de température d'air et d'humidité intérieur, de contact de feuillures de fenêtres, de Box Confort et positionnement des capteurs de température et d'humidité d'air extérieur.

Ce plan d'instrumentation sera ajusté et validé pour chaque opération lors d'une réunion de 30 minutes avec l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT.

Les principes d'instrumentation seront présentés par l'équipe ADAPT BATI CONFORT au cours d'une réunion collective prévue dans le cadre de la mission P2 (cf. § 3.6.2.1).

Pour le positionnement des Box Confort, le prestataire s'appuiera sur le référent usager, qui lui indiquera les occupants volontaires.

### 3.3.3.2 Mission E2b : Pose des capteurs et des Box Confort - Recettage des données

Le prestataire aura à sa charge la pose des capteurs et des Box Confort conformément au plan d'instrumentation défini en mission E2a (mai | début juin).

Les capteurs et Box Confort seront mis à disposition sur un des deux sites du Cerema (Isle d'Abeau, à coté de Lyon, ou Toulouse).

Concernant la Box Confort, après son branchement et la vérification de son bon fonctionnement, le prestataire prendra le temps d'expliquer aux occupants son utilisation afin de favoriser son appropriation. Au plus tard lors de la pose des capteurs, le prestataire recueillera le consentement formalisé par apposition de la signature manuscrite des occupants pour la participation à l'étude (format papier). L'annexe 7.3.5 détaille le fonctionnement et les missions liées à la Box Confort.

La pose sera documentée au moyen d'un plan à jour indiquant la position des capteurs et des Box Confort, ainsi que par des photos des capteurs longue durée en place. Le prestataire devra également vérifier la bonne transmission des données après l'installation des capteurs.

Durant toute la phase d'instrumentation, le prestataire devra assurer un contrôle journalier du fonctionnement des capteurs afin de garantir la complétude des données collectées, la fiabilité des résultats et de détecter sans délai toute défaillance (capteur débranché, non communicant). Pour cela il aura accès à une interface web de télérelève qui permettra de visualiser les mesures en direct.

Il devra intervenir sur site en cas d'absence de remontée de données de mesure de deux jours.

Le protocole d'exigences de moyens lié à la Box Confort est détaillé en annexe 7.3.5.

### 3.3.3.3 Mission E2c : Dépose / Restitution capteurs et Box Confort

Le prestataire aura à sa charge la dépose et la restitution des capteurs et autres matériels de mesure (fin septembre | début octobre). Il les rapportera sur un des deux sites du Cerema (celui de l'Isle d'Abeau, à coté de Lyon, ou celui de Toulouse).

Les données mesurées seront mises à disposition du prestataire par l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT après la dépose.

La pose et la dépose du matériel d'instrumentation sont sous la responsabilité du prestataire. Le matériel est sous la responsabilité du maître d'ouvrage pendant la phase d'instrumentation.

## 3.3.4 Livrables missions E1 et E2

Plusieurs livrables sont attendus de la part du prestataire à l'issu des missions E1 et E2 :

- Le cadre de recueil des caractéristiques de l'opération complété : formulaire en ligne ou fichier tableur cadré à renseigner,
- Le questionnaire en ligne global occupant complété par les occupants sous l'impulsion du prestataire, épaulé par le référent usagers,
- Le plan d'instrumentation.

## 3.4 Missions E3 et E4 : Diagnostic instrumenté après travaux

### 3.4.1 Introduction

#### 3.4.1.1 Objectif du diagnostic instrumenté après travaux

L'objectif de ce diagnostic instrumenté après travaux est de réaliser un suivi-évaluation des solutions d'adaptation déployées sur l'opération, sous cadrage méthodologique et à destination de l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT, qui procédera à une capitalisation de l'ensemble des données recueillies.

Elle comprendra la même instrumentation de base des ambiances que dans la mission E2. Elle sera complétée, le cas échéant, par une instrumentation spécifique des dispositifs d'adaptation mis en place (mission E4a).

Un entretien avec le gestionnaire sera également demandé (mission E3b).

#### 3.4.1.2 Description des missions E3 (Evaluation des dispositifs d'adaptation sur site et en usage) et E4 (Instrumentation après travaux)

Comme pour les missions E1 et E2, l'évaluation après travaux sera réalisée sur la période chaude d'une année (minimum de mai à septembre inclus), avec une seconde année qui sera chiffrée en option selon la date de fin des travaux par rapport à la fin du programme ADAPT BATI CONFORT (cf. § 3.7.2).

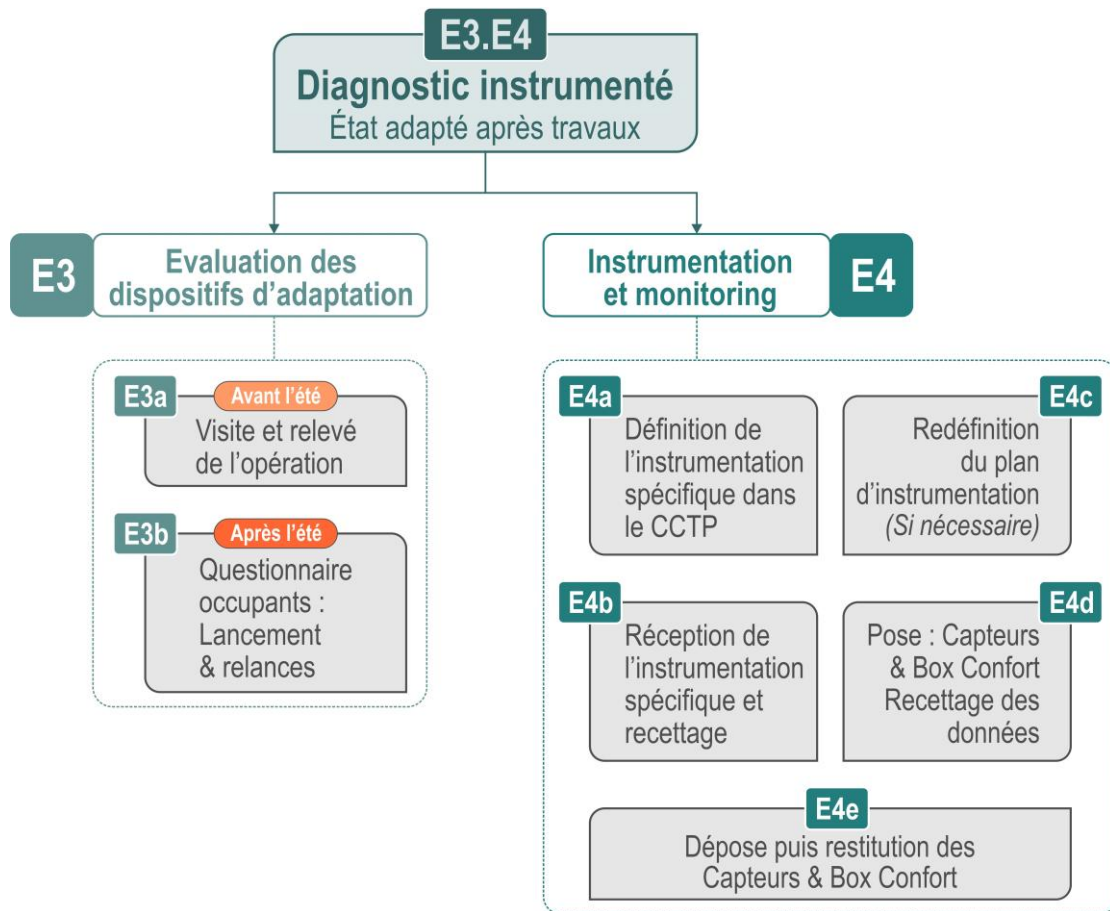


Figure 8 : Schéma organisationnel des missions E3 et E4

### 3.4.1.3 Moyens mis à disposition du prestataire

Le prestataire aura à disposition, pour réaliser le diagnostic instrumenté après travaux, les mêmes ressources que pour les missions E1 et E2 (cf. § 3.3.1.2), **auxquelles s'ajoute un questionnaire en ligne à renseigner par le prestataire lors d'un entretien avec le gestionnaire, concernant l'appropriation des dispositifs, leur fonctionnement et exploitation.**

L'ensemble des moyens mis à disposition du prestataire regroupe donc :

- Un référent usager,
- Un référent « exploitation »,
- Du matériel de mesure physique,
- Un dispositif appelé "Box Confort",
- Un cadre de recueil des caractéristiques de l'opération,
- Un questionnaire en ligne, global occupant, à l'attention des occupants,
- Un kit de communication,
- Un kit de personnalisation numérique de la Box Confort,
- Un formulaire de consentement vierge,
- Un questionnaire en ligne, à renseigner par le prestataire lors d'un entretien avec le gestionnaire.

### 3.4.2 Mission E3 : Evaluation des dispositifs et usages d'adaptation

Pour assurer l'évaluation après travaux des dispositifs d'adaptation et leurs usages, il sera demandé au prestataire de caractériser leurs performances thermiques.

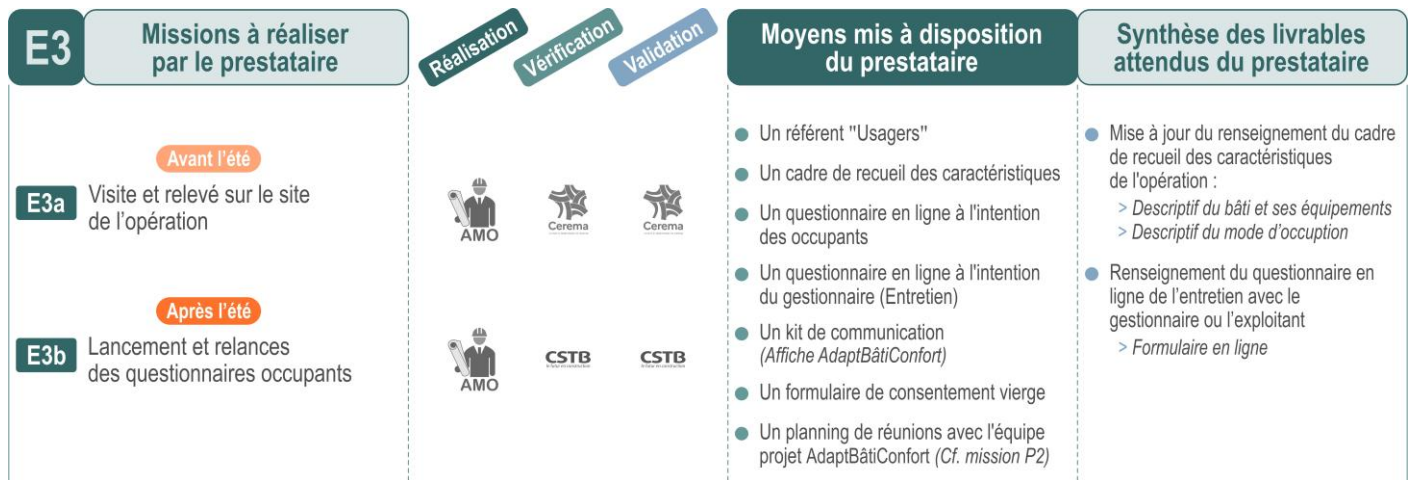


Figure 9 : Organisation de la mission E3 - Evaluation des dispositifs d'adaptation

#### 3.4.2.1 Mission E3a : Visite durant la période chaude

La vérification de la bonne mise en œuvre des solutions d'adaptations est réalisée dans le cadre de la mission A2 à partir de relevés sur site et de mesures ponctuelles (cf. § 3.2.2). En sus de ces vérifications, et au titre de cette mission (E3a), il s'agit d'observer le bâtiment en usage et de mettre à jour le « cadre de recueil des caractéristiques de l'opération » initial suite à sa visite. Il est recommandé de réaliser cette visite avec l'exploitant.

Le prestataire devra prendre connaissance des documents techniques et architecturaux recueillis et mis à jour dans le cadre de la mission A2b (cf. § 3.2.1).

Lors de la visite sur site ou avant par visioconférence, le prestataire devra faire le point sur le turn-over des personnes ayant participé à l'instrumentation avec le référent usager. Le cas échéant, il adaptera le plan d'instrumentation avant travaux à la marge. Si les occupants volontaires pour le remplissage des questionnaires des Box Confort avant travaux ne sont plus disponibles, le prestataire demandera au référent usager d'identifier de nouveaux occupants volontaires.

#### 3.4.2.2 Mission E3b : Lancement questionnaires global occupants et relances - Après l'été

Le questionnaire global occupant sera déployé comme en mission E1d (cf. § 3.3.2.3). Il comportera en sus des questions sur l'appropriation par les occupants des nouveaux dispositifs d'adaptation mis en place et leur facilité d'usage.

Si les retours (nombre de réponses) ont été suffisants pour la première distribution de questionnaires global occupant avant travaux, la même méthodologie que celle utilisée précédemment pourra être utilisée (mission E1d). Dans le cas contraire, elle devra être adaptée par le prestataire pour augmenter le taux de réponse, et transmise au référent usager. Les questionnaires comporteront en sus des questions sur l'appropriation par les occupants des nouveaux dispositifs d'adaptation mis en place.

De plus, un entretien sera organisé par le prestataire lors d'un déplacement sur site ou en visioconférence, avec le gestionnaire, le mainteneur ou l'exploitant concernant les dispositifs installés pendant

les travaux afin d'en évaluer la facilité de mise en service, le bon fonctionnement en usage et leur facilité d'exploitation. Le prestataire devra remplir le compte-rendu d'entretien en ligne à partir des réponses à cet entretien. Le format de ce questionnaire sera fourni par l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT.

### 3.4.3 Mission E4 : Instrumentation et monitoring après travaux

L'objectif de l'instrumentation est de mesurer le confort thermique du bâtiment comme pour la mission E2, mais également d'évaluer l'efficacité des dispositifs d'adaptation mis en œuvre.

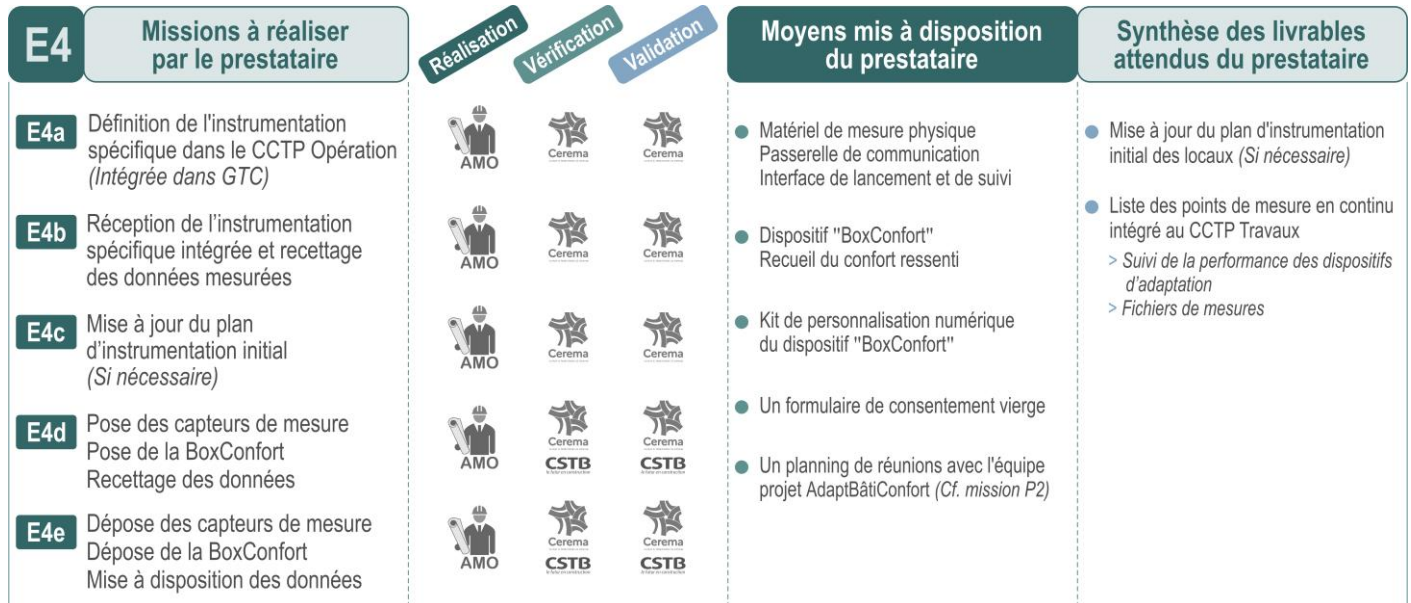


Figure 10 : Organisation de la mission E4 - Instrumentation et monitoring

#### 3.4.3.1 Mission E4a : Définition de l'instrumentation spécifique (CCTP Opération)

Pour évaluer les solutions d'adaptation qui relèveront d'équipements techniques CVC, le prestataire devra définir les points de mesure (grandeur, localisation, fréquence) permettant d'évaluer l'efficacité des différentes solutions d'adaptation mis en œuvre. Ces mesures devront être mises en place et intégrées lors des travaux à la GTC le cas échéant ou toute autre solution de suivi/pilotage pour une mesure en continu (sondes/compteurs installés par les lots techniques, points GTC le cas échéant).

Le plan d'instrumentation des mesures spécifiques sera présenté et validé par l'équipe-projet ADAPT BATI CONFORT lors d'une réunion.

Le prestataire s'assurera que ces points de mesures sont bien prévus dans les CCTP concernés (GTC/GTB, CVC, etc.). Il vérifiera aussi que les offres des entreprises permettent l'historisation (ou archivage) des données sur un an minimum et leur récolte en format csv.

Il sera ainsi demandé au présent prestataire d'émettre des avis sur les plans techniques (CVC/GTC le cas échéant) de conception et de réalisation afin de s'assurer que l'ensemble des capteurs nécessaires à l'évaluation de la performance du système sur le confort d'été, et au regard de la phase d'instrumentation du programme ADAPT BATI CONFORT, soient bien prévus.

### 3.4.3.2 Mission E4b : Réception de l'instrumentation spécifique (intégrée aux équipements) Recettage des données

Dans le cadre de sa mission de « Commissionnement » A2 (cf. § 3.2), le prestataire sera présent lors des tests fonctionnels du système de suivi/pilotage des équipements (GTC/GTB le cas échéant) et s'assurera d'avoir accès aux données mesurées spécifiques.

Il est demandé ici au prestataire de collecter les résultats depuis la GTC le cas échéant ou autre solution de suivi/gestion et de contrôler les remontées d'information vers celle-ci pendant toute la phase d'instrumentation après travaux, afin d'éviter les dérives. La remontée des données, sous format de fichier csv, devra être réalisée a minima sur une base mensuelle. Les fichiers csv seront versés dans l'entrepôt de données de mesures mis à disposition par l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT.

Les installations et solutions correspondantes n'étant pas connus à ce stade, spécifiques à chaque projet et non systématiques, cette tâche sera chiffrée au titre des Prestations Supplémentaires Eventuelles (cf. § 3.7).

### 3.4.3.3 Mission E4c : Redéfinition du plan d'instrumentation de base (si nécessaire)

Le plan d'instrumentation des ambiances sera identique au plan d'instrumentation avant travaux (cf. mission E2a, § 3.3.3.1), sauf changement d'usage, recloisonnement, et/ou installation de dispositifs dans des locaux non instrumentés initialement. La mise à jour du plan d'instrumentation sera réalisée par le prestataire et validé par l'équipe ADAPT BATI CONFORT lors d'une réunion.

### 3.4.3.4 Mission E4d : Pose des capteurs d'instrumentation de base et des Box Confort - Recettage des données

Comme dans le cadre de la mission E2b, le prestataire aura à sa charge la pose des capteurs d'ambiance et des Box Confort, la rédaction de la documentation de leur pose, la vérification de la bonne remontée des données et l'intervention en cas de dysfonctionnement (cf. § 3.3.3.2).

### 3.4.3.5 Mission E4e : Dépose / Restitution capteurs et Box Confort

Comme pour la mission E2c, le prestataire sera chargé de la dépose et la restitution des capteurs et autres matériels de mesure entre fin septembre et début octobre. Le matériel sera restitué sur un des sites du Cerema (cf. § 3.3.3.3).

Les données mesurées seront mis à disposition du prestataire par l'équipe-projet ADAPT BATI CONFORT après la dépose.

### 3.4.3.6 Réalisation d'une année de suivi complémentaire

Le Diagnostic instrumenté après travaux pourra inclure la réalisation d'une année supplémentaire (minimum de mai à septembre inclus), selon la qualité des données qui aura été recueillies lors de la première année, notamment suite à une météo ne contenant pas d'épisodes caniculaires.

La date de fin des travaux par rapport à la fin du programme ADAPT BATI CONFORT pourra aussi conditionner la faisabilité de réalisation de cette deuxième année de suivi.

Cette prestation contiendra :

- La pose capteurs base et Boxconfort et recettage des données,
- La dépose/restitution capteurs et Boxconfort.

### 3.4.4 Livrables missions E3 et E4

Les livrables attendus sont :

- Mise à jour du recueil du descriptif du bâti, de ses équipements et de son mode d'occupation (renseigné initialement dans le cadre de la mission E1b, cf. § 4.3.2.1),
- Mise à jour du plan d'instrumentation de base (si nécessaire),
- Le cas échéant, plan d'instrumentation spécifique des équipements techniques CVC éventuels : listes de points de mesure en continu intégrés au CCTP travaux pour le suivi des performances des dispositifs d'adaptation,
- Le cas échéant, instrumentation spécifique des dispositifs d'adaptation : fichiers de mesures des différents points de mesure sur toute la saison chaude sous formats csv,
- Renseignement du questionnaire en ligne d'entretien avec le gestionnaire et/ou exploitant.

## 3.5 Mission E5 : Etudes pour l'évaluation théorique de l'impact des travaux retenus

### 3.5.1 Introduction

#### 3.5.1.1 Objectifs des études pour l'évaluation théorique de l'impact des travaux retenus

La mission E5, objet de cette partie, consiste à réaliser des études pour évaluer théoriquement l'impact des travaux retenus. Cette approche complète l'approche expérimentale portée par les missions E1 à E4. Il s'agit d'une prestation spécifique au programme CEE ADAPT BATI CONFORT.

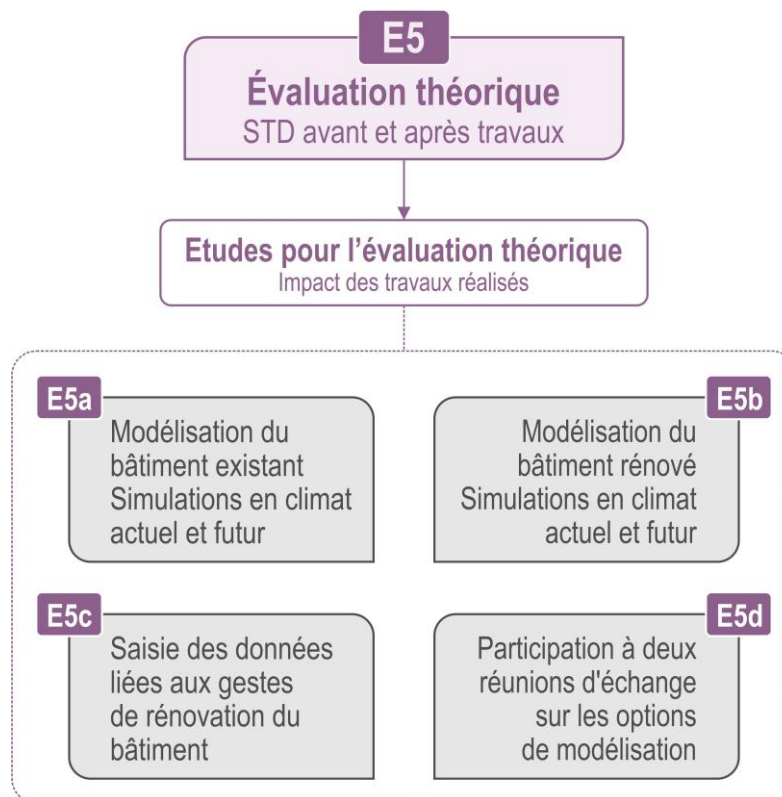


Figure 11 : Schéma organisationnel de la mission E5

### 3.5.1.2 Description de la missions E5

Il est demandé au prestataire de fournir des données issues de Simulations Thermiques Dynamiques (STD) et des données liées aux gestes de travaux. A partir de ces données l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT produira des **évaluations thermiques, énergétiques, environnementales et économiques** sur chaque opération.

Les résultats des STD pour plusieurs scénarios de conditions météorologiques serviront à analyser les conditions de **confort thermique et les besoins et consommations énergétiques actuels et futurs**.

Dans le cadre de la mission E5, il est ainsi demandé au prestataire d'étudier uniquement le bâtiment avant et après travaux effectivement réalisés, et non pas plusieurs scénarios de gestes de travaux.

**Les évaluations environnementales** auront pour objet de mesurer l'impact carbone des solutions d'adaptation étudiées via une Analyse de Cycle de Vie (ACV), en intégrant les impacts de la rénovation jusqu'à l'exploitation, tenant compte des consommations d'énergie mais aussi des produits et équipements. L'ACV se basera sur une comparaison du scénario de travaux retenu à un scénario contrefactuel. **Elles seront réalisées par l'équipe ADAPT BATI CONFORT.**

**L'analyse en coût global**, qui intègre l'ensemble des dépenses intervenant pendant le cycle de vie de l'opération (investissement, exploitation, entretien, maintenance et fin de vie), permettra de comparer la compétitivité des solutions mises en œuvre à un scénario contrefactuel. Couplée à l'ACV, elle fournira une indication de l'efficacité théorique de ces solutions d'un point de vue économique et environnemental. **Elle sera réalisée par l'équipe ADAPT BATI CONFORT.**

Les analyses de l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT, et notamment les indicateurs calculés à partir des données produites par le prestataire, seront partagés avec le prestataire.

## 3.5.2 Mission E5 : Caractérisation de l'opération

Dans le cadre de cette mission liée aux études pour l'évaluation théorique de l'impact des travaux retenus, il est demandé au prestataire de réaliser des STD des opérations avant (E5a) et après travaux (E5b) et d'en transmettre les résultats à l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT, ainsi que de fournir des données liées aux gestes de travaux (E5c). Il est également demandé de participer a minima à deux réunions : l'une avant la modélisation du bâtiment existant et l'autre avant la modification du modèle du bâtiment existant afin d'intégrer le scénario de travaux retenu, dans le but de s'accorder, au cas par cas, sur les options de modélisation (E5d).

Ces tâches sont décrites ci-dessous, suivies d'une description synthétique des livrables attendus.













E5	Missions à réaliser par le prestataire	Réalisation Vérification Validation	Moyens mis à disposition du prestataire	Synthèse des livrables attendus du prestataire
E5a	Modélisation du bâtiment existant Simulations (STD) en climat actuel et futur	  	<ul style="list-style-type: none"> <li>Méthodologie développée par l'équipe projet <i>AdaptBâtiConfort</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan du bâtiment et plan de repérage</li> </ul>
E5b	Modélisation du bâtiment rénové Simulations (STD) en climat actuel et futur	  	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trame de la note d'hypothèses (à remplir avec le <i>gestionnaire</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modèle de note pour le recueil des hypothèses de modélisation</li> </ul>
E5c	Saisie et transmission des données liées aux gestes des travaux de rénovation du bâtiment	  	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fichier de collecte des données liées aux gestes des travaux de rénovation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résultats des STD au format des exigences indiquées en annexe du CCTP</li> </ul>
E5d	Participation à deux réunions d'échange sur les options de modélisation	  	<ul style="list-style-type: none"> <li>Un planning de réunions avec l'équipe projet <i>AdaptBâtiConfort</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fichier Excel de collecte des données liées aux gestes des travaux de rénovation de chaque opération</li> </ul>

Figure 12 - Organisation de la mission E5 - Etudes pour l'évaluation théorique de l'impact des travaux retenus

### 3.5.2.1 Missions E5a et E5b : Modélisation et simulation du bâtiment avant et après travaux

Le prestataire devra modéliser chaque opération :

- Dans son état initial, c'est-à-dire avant travaux (mission E5a),
- Dans son état final, c'est-à-dire après travaux, pour les gestes ayant réellement été mis en place (mission E5b).

Pour chacun de ces deux modèles, il est demandé au prestataire de réaliser deux simulations en utilisant les deux fichiers météorologiques qui seront fournis par l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT (climat actuel et climat futur TRACC). Cela correspond donc à **quatre simulations au total**.

Les modèles de bâtiments seront construits à partir de plusieurs hypothèses. Les exigences de modélisation et simulation sont détaillées en annexe 7.5.1.

Un certain nombre d'hypothèses ont été figées, elles **doivent être utilisées telles quelles** dans les calculs. Les autres hypothèses de modélisation, laissées à libre appréciation du prestataire devront être précisées et justifiées de manière détaillée, ainsi que leur source, pour le cas existant et après travaux.

Les documents suivants sont attendus pour justifier des hypothèses de modélisation :

- Plans du bâtiment et plans de repérage (avec au moins les parois, menuiseries, protections solaires, zones thermiques),
- Note d'hypothèse (valeurs, ratios ou scénarios utilisés avec leurs sources ou la manière dont ils ont été calculés) justifiant toutes les données d'entrée et les éléments apparaissant dans l'annexe 0. La trame de ce document sera fournie par l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT.

Ces deux documents devront être envoyés à l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT au moins une semaine avant chacune des deux réunions d'échange prévues dans le cadre de la mission E5d (cf. § 3.5.2.3).

Pour chaque simulation, le prestataire fournira les sorties des simulations d'une année complète au pas de temps horaire dans un fichier Excel. Les exigences sur les résultats pour les STD sont détaillées en annexe 7.5.2.

### 3.5.2.2 Mission E5c : Saisie des données liées aux gestes de travaux

Le prestataire sera chargé de renseigner intégralement le fichier Excel fourni par l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT, destiné à collecter les données liées aux gestes de travaux à partir des livrables de la mission A2b (Suivi de la mise en œuvre des solutions techniques, cf. § 3.2), du DPGF et/ou des récolements.

La trame de ce fichier Excel est **imposée** et fournie en annexe de ce cahier des charges (cf. § 7.2.1). Le fichier doit être nommé « gestesRenovation\_ADAPT BATI CONFORT.xlsx ».

Ce fichier devra présenter de manière complète, précise et détaillée l'ensemble des composants neufs et déposés (produits de construction et équipements concernés par les travaux) et quantitatifs associés. Pour remplir les quantitatifs associés, le prestataire se basera sur les quantités réelles ou sur des ratios d'éléments remplacés qu'il justifiera dans la note d'hypothèses. Les composants conservés sans modification n'ont pas besoin d'être listés. Le prestataire pourra indiquer si certains composants sont issus du réemploi.

Seuls les composants participant au confort et/ou à la performance thermique, ainsi que les travaux propres à l'opération seront listés. Des exemples sont renseignés dans le fichier Excel en annexe pour clarifier

ces notions. Le prestataire pourra contacter l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT en cas de question d'application.

Ces données et les résultats des STD seront exploités à posteriori par l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT pour l'évaluation de l'impact carbone et l'analyse en coût global. La méthodologie sera partagée au prestataire.

#### 3.5.2.3 Mission E5d : Participation à deux réunions d'échange sur les options de modélisation

Pour chaque opération, deux réunions (2h chacune) a minima seront prévues avec l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT : une en amont de la modélisation du bâtiment existant et l'autre en amont de la modification du modèle du bâtiment existant afin d'intégrer le scénario de travaux retenu, afin de s'accorder au cas par cas sur les options de modélisation. Ces deux réunions sont obligatoires avant toute exploitation de la modélisation par le prestataire.

Ces réunions permettront au prestataire de présenter et de justifier la qualité des modèles STD ainsi que son processus de réalisation, notamment :

- Présenter et justifier les choix retenus pour la modélisation des bâtiments, des systèmes et de leur environnement,
- Présenter et justifier les hypothèses retenues (notamment les hypothèses de zonage),
- Présenter les cas de test mis en œuvre pour garantir la qualité de la modélisation,
- Présenter la méthodologie de simulation,
- Présenter ses pistes d'optimisation ou d'enrichissement des études à mener.

#### 3.5.2.4 Moyens mis à disposition du prestataire

Le prestataire devra réaliser les missions E5 en suivant la méthodologie développée en annexe, qui s'appuie sur les ressources suivantes fournies par l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT :

- La trame de la note d'hypothèse que le prestataire devra remplir,
- Le fichier « gestesRenovation\_ADAPT BATI CONFORT.xlsx » pour collecter les données liées aux gestes de travaux,
- Les fichiers météo courante et TRACC.

### 3.5.3 Livrables mission E5

Plusieurs livrables sont donc attendus de la part du prestataire :

- Les plans du bâtiment et les plans de repérage,
- Une note avec l'ensemble des hypothèses pour la modélisation (template mis à disposition),
- Les résultats des STD, sous le format demandé en annexe (cf. § 7.5.2),
- Le fichier « gestesRenovation\_ADAPT BATI CONFORT.xlsx » rempli pour chaque opération.

## 3.6 Les missions P1, P2 et P3 de participation transversale au Programme

Les prestataires prévoiront de participer à des réunions d'échanges et de partage des méthodologies, des résultats intermédiaires et finaux, avec les partenaires du programme et à l'échelle locale (régions concernées).

Les temps d'échanges et de partage concerneront :

- Les missions ATMO (missions A1 et A2)

- Les missions d'évaluation cadrées (missions E1 à E5) dont la méthodologie globale, les évaluations théoriques, les enquêtes et l'instrumentation.
- L'animation régionale organisée par les 4 Centres de ressources.

Ces réunions permettront notamment au prestataire de proposer des ajustements méthodologiques.

Les bâtiments n'étant pas identifiés au moment de la rédaction de ce cahier des charges, ce document a été réfléchi pour être cadrant, tout en permettant au fil de la mise en œuvre des missions :

- Une marge d'adaptation au contexte rencontré,
- Un enrichissement de l'analyse grâce aux propositions des prestataires.

### 3.6.2 Mission P1 : Participation aux rendus des missions ATMO

Le prestataire prévoira de participer à **trois** temps d'échange :

- **Une première réunion (3h) de démarrage commun qui permettra de partager le cahier des charges des missions A1 et A2**, de présenter l'avancement de sélection des 50 opérations (AMI) par macro-régions, de recueillir des observations préalables des prestataires et répondre aux questions éventuelles,
- **Deux réunions (3h/réunion) d'avancement qui permettront de faire un retour collectif du déroulement des missions A1 et A2**, en présentant notamment les hypothèses retenues sur les projets, les différents scénarios étudiés et leurs résultats, les retours qualitatifs des échanges avec les maîtres d'ouvrage, les équipes de maîtrise d'œuvre le cas échéant, les difficultés éventuellement rencontrées, les suites données aux missions A1, et de tout fait marquant.

### 3.6.3 Mission P2 : Participation à l'Evaluation cadrée des missions E1 à E4

#### 3.6.3.2 Sur la méthodologie globale

Le prestataire sera associé aux réflexions sur la méthodologie d'analyse des données par l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT durant **cinq** réunions :

- **Une première réunion de démarrage commune à toutes les opérations du prestataire (2h)**, qui permettra à l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT de présenter la méthode d'évaluation envisagée et de répondre aux questions des prestataires,
- **Un échange avec l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT au cours de son analyse, qui prendra la forme de deux séminaires techniques d'une journée chacun**. Lors de cet échange, l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT présentera son avancement et ses questionnements relatifs à des données relevées dans les missions E1 à E5, que le prestataire, en sa qualité de connaisseur du terrain, des usagers et du bâtiment, pourra compléter,
- **Une réunion de retour d'expérience du prestataire suite aux diagnostics après travaux, qui prendra la forme de deux séminaires techniques d'une journée chacun**. Il s'agira d'une réunion sur l'ensemble des projets pour avoir le retour à chaud du prestataire et s'assurer que les REX sont collectés de façon homogène sur tous les projets.

#### 3.6.3.3 Sur les enquêtes (missions E1 et E3)

**Deux** échanges sont à prévoir par le prestataire avec l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT sur les enquêtes. Ils serviront à valider et vérifier la fiabilisation des réponses aux questionnaires et l'exploitation des résultats qui sera faite a posteriori par l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT :

- **Une session de présentation des questionnaires (3h) pour l'ensemble des projets** afin de répondre aux questions du prestataire et lui présenter les éléments ci-dessous :
  - o Ce qui est attendu en termes d'action pour fiabiliser le taux de réponse (dont la présentation du kit de communication),
  - o La plateforme sur laquelle seront remplis les questionnaires,
  - o Le process général, avec un focus sur les questionnaires occupants et le fonctionnement de la Box Confort.
- **Une réunion (2h) où le prestataire présentera les moyens qu'il compte proposer aux référents usagers pour fiabiliser le taux de réponse** aux questionnaires occupants par typologie de bâtiment étudiés (écoles, crèches ... selon les projets qui seront attribués au prestataire).

#### 3.6.3.4 Sur l'instrumentation (tâches des missions E1 à E4)

Le prestataire participera aux **deux** réunions suivantes :

- **Une réunion de présentation et d'échange (2h), commune à tous les prestataires et avant travaux, sur les principes généraux de l'instrumentation** : la présentation du matériel de mesure, de sa mise en place et de son fonctionnement, ainsi que des informations à relever sur site, et partage d'outils de relevé,
- **Une réunion commune à tous les prestataires (2h) sur l'évaluation après travaux** : échanges sur les méthodes évaluation spécifiques aux dispositifs d'adaptation et mesures à intégrer dans le CCTP GTC.

### 3.6.4 Mission P3 : Participation à l'animation régionale organisée par les Centre de Ressources

Les prestataires participeront également aux réunions et événements d'animation régionale que les Centres de Ressources organiseront dans chacune des régions. A l'initiative des Centre de Ressources, ces réunions rassembleront les acteurs des projets retenus et accompagnés, ainsi que les acteurs du bâtiment l'échelle régionale.

Elles seront l'occasion de partager les projets, les résultats, les difficultés rencontrées, d'aborder les solutions techniques déployer, les sujets de l'innovation, etc. Au titre du présent Accord cadre, les prestataires prévoiront ainsi de participer sur chacune des deux macro-régions (AURA/PACA et OCCITANNIE/NOUVELLE AQUITAINE) aux réunions suivantes :

- **2 réunions (2 x 0.5 j) pour l'année 2026,**
- **2 réunions/an (2 x 0.5 j) pour les années 2027 et 2028,**
- **2 réunions (2 x 0.5 j) pour l'année 2029.**

#### 3.6.5 Livrables Mission P

- Liste des réunions : date, objet, durée, participants,
- Supports de présentation utilisés pour le partage des données, résultats.

### 3.7 Expertise complémentaire

Un nombre de jours d'expert pourra être ajoutée par projet par rapport au chiffrage unitaire par taille de bâtiment pour prendre en compte une complexité du projet (géométrie et architecture, installations techniques, usages du bâtiment, etc.), et tout autre paramètre technique pouvant justifier un nombre de jours de travail supplémentaire sur tout ou partie des Missions demandées :

- Un nombre de jours pourra s'ajouter aux missions A1 (Faisabilité et aide à la décision des solutions) et E1/E2 (Diagnostic instrumenté avant travaux), pour mémoire, ces deux missions pourront être associés dans le même bon de commande)
- Un nombre de jours supplémentaire pourra s'ajouter aux missions A2 (Suivi de la mise en œuvre des solutions d'amélioration) et E3 à E5 (Diagnostic instrumenté après travaux / Etudes d'évaluation).

Ce nombre de jours est fixée au total à un maximum de 10 jours par projet.

Pour les projets concernés, le nombre de jours sera fixé d'un commun accord avec l'équipe ADAPT BATI CONFORT et le prestataire projet par projet, en prenant en compte les caractéristiques réelles des bâtiments qui seront retenus et proposés aux prestataires.

### 3.8 Autres Prestations

D'autres prestations seront également possibles, suivant les projets retenus et les besoins d'études complémentaires qui se révéleraient à l'avancement des études, d'un commun accord avec l'équipe ADAPT BATI CONFORT, comme :

- Réalisation d'une simulation supplémentaire (avec un modèle déjà construit),
- Réalisation d'une intervention supplémentaire sur site pour répondre à des aléas (ex : remplacement d'un capteur en cas de problème de remontée de données),
- Réalisation d'une aide au remplissage des questionnaires pour une opération de logement : une personne supplémentaire pourra être requise lors de la dépose des capteurs, en cas d'un trop faible taux de réponse au questionnaire global occupant sur place. Le prestataire se chargera alors d'aider au remplissage des questionnaires des ménages qui n'ont pas encore répondu,

## 4. Compétences, qualifications et expériences attendues

### 4.1 Compétences et savoir-faire attendus

Chaque candidat devra décrire les compétences dont ils disposent pour couvrir les exigences suivantes (cf. Dossier de candidature / Règlement de consultation) :

- Mission d'ATMO pour la réalisation de travaux d'efficacité énergétique, de lutte contre les surchauffes, de chiffrages d'investissement, de calcul d'un coût global,
- Missions de maîtrise d'œuvre pour la réalisation de travaux d'efficacité énergétique, de lutte contre les surchauffes,
- Maîtrise des différentes solutions techniques d'adaptation des bâtiments aux vagues de chaleur : les améliorations de l'enveloppe (isolation, ventilation naturelle, protections solaires, inertie...), les équipements techniques (brasseurs d'air, froid adiabatique, PAC, géocooling, etc.),
- Simulation Thermique Dynamique, en particulier sur les problématiques de confort estival. Le candidat devra justifier sa maîtrise de la qualité organisationnelle et méthodologique pour la mise en place et l'exploitation des simulations énergétiques, les outils que le prestataire utilisera, etc.,
- Instrumentation et mesures : vérification de la performance du bâti et des systèmes et leur mesure, instrumentation des bâtiments et des équipements.

Dans l'exposé de leurs compétences et savoir-faire, les candidats expliciteront les points clés, les points d'attention et de vigilance dans la réalisation d'études similaires comprenant :

- La diffusion / collecte de questionnaires,
- L'instrumentation des bâtiments et de différentes solutions d'adaptation,

- Les indicateurs analysés pour évaluer la surchauffe et/ou la « bonne adaptation » ainsi que la performance des dispositifs d'adaptation,
- Les points de vigilance au bon emploi de la simulation thermique dynamique.

## 4.2 Pré-requis et qualifications

Au moins un des membres de chaque candidature devra disposer du pré-requis suivant (cf. Dossier de candidature / Règlement de consultation) :

- Assurance décennale : même si les missions demandées (ATMO, Evaluation) ne relèvent pas de la maîtrise d'œuvre, les prestataires auront à travailler avec des équipes de MOE le cas échéant, et devront assurer un rôle de conseil et de suivi en Assistance Technique tout au long de l'opération, y compris en chantier, pré-réception.

Chaque candidat devra fournir les qualifications dont ils disposent dans les domaines suivant (cf. Dossier de candidature / Règlement de consultation) :

- Qualifications OPQIBI ou équivalent sur les domaines de la consultation (Efficacité/performance énergétique, génie climatique, etc.).

## 4.3 Références

Chaque candidat devra fournir des références passées sur (cf. Dossier de candidature / Règlement de consultation) sur :

- Mission d'ATMO et de Maîtrise d'Œuvre sur pour la réalisation de travaux d'efficacité énergétique, de lutte contre les surchauffes sur des bâtiments tertiaires publics, des bâtiments du secteur médico-sanitaire et social, le résidentiel collectif,
- Réalisation d'études SED/STD : liste d'expérience et de projets,
- Réalisation d'évaluation et d'instrumentation de bâtiments,
- Réalisation d'action de mobilisation de publics dans le cadre de sollicitations "questionnaires " / suivi et reporting de l'ensemble,
- Rôles et missions dans des projets de Recherche et Développement, l'innovation dans le domaine des solutions d'adaptation des bâtiments aux vagues de chaleur.

## 5. Volet RSE (Responsabilité sociétale des entreprises)

Un critère d'évaluation RSE est intégré au choix de la sélection des prestataires.

Aussi, il est demandé au prestataire de préciser les efforts qui seront mises en place au sein de l'entreprise sur la réduction des déplacements des employés (favoriser la visio-conférence, et à défaut, les transports peu émetteurs de gaz à effet de serre), recours à la dématérialisation, etc.

L'entreprise pourra également valoriser d'autres actions mise en œuvre comme :

- Covoiturage (% d'employer utilisant le covoiturage),
- Aide à l'acquisition de vélos,
- Développement du télétravail,
- Développement en outils de visioconférence,
- Mise en place de formations à l'écoconduite, etc.

## 6. Organisation et pilotage de la prestation

### 6.1 Encadrement et suivi de la prestation

Un suivi de la réalisation des prestations et sera constitué à minima du « service adjudicateur (ADEME) », et suivant les Ordres du Jour (à l'initiative de l'ADEME), il associera les différents membres du programme ADAPT BATI CONFORT (Cerema, CSTB, Centres de Ressources, AQC).

Il s'agit d'un suivi général et revêt un caractère plus administratif et financier que technique. A ce titre, ce suivi est à distinguer des échanges, contributions et productions techniques des prestataires qui sont attendues au titre de leur participation transversale au programme (cf. § 3.6).

Les réunions suivantes seront à prévoir :

- **Une réunion de démarrage (2h)** : rappel du fonctionnement de l'Accord cadre (attribution des bons de commandes, facturation, etc.), présentation du programme ADAPT BATI CONFORT (avancement, calendrier), présentation des partenaires (rôles et missions), rappel des missions attendues (A et E), etc.
- **Deux points d'avancement intermédiaires par an (2h/point)** : présentation de l'avancement des missions, nouveaux bons de commande, point facturation, etc.

Le prestataire enverra au plus tard 1 semaine avant chaque réunion un support et rapport d'avancement et des comptes-rendus de réunions suite à celles-ci.

Les demandes formulées devront être prises en compte par le prestataire.

En marge de ces réunions, des points téléphoniques ou visioconférences pourront également être organisés, afin de pouvoir faire remonter les difficultés « au fil de l'eau », prévoir des modifications aux bons de commande (avenant de durée par exemple), etc.

## 6.2 Contacts et modalités d'échange avec les différents membres du consortium du projet

Un espace partagé sur Microsoft Teams sera créé et permettra de déposer tous les documents de travail.

De manière à fluidifier la communication des informations sur ces missions, il sera attribué à chaque opération étudiée un numéro. Ce numéro ainsi que le nom de la mission seront à intégrer sur tous les documents, invitations, objets de mail, etc. relatives aux études dont il sera question sur cette opération.

A noter : chaque projet suivi, (ou par cas d'usage de bâtiment) fera l'objet d'une personne « référente » au sein de la maîtrise d'ouvrage. Cet interlocuteur référent sera l'interlocuteur de l'AMO au sein de la maîtrise d'ouvrage.

## 6.3 Délais de réalisation des prestations

Les prestations se dérouleront **dans un délai de 48 mois** à compter de la date de notification de l'accord-cadre multi-attributaire.

Les délais de remise du ou des livrables identifiés pour la réalisation des missions par opération (A1, A2, E1 à E5) sont précisés dans le tableau suivant :

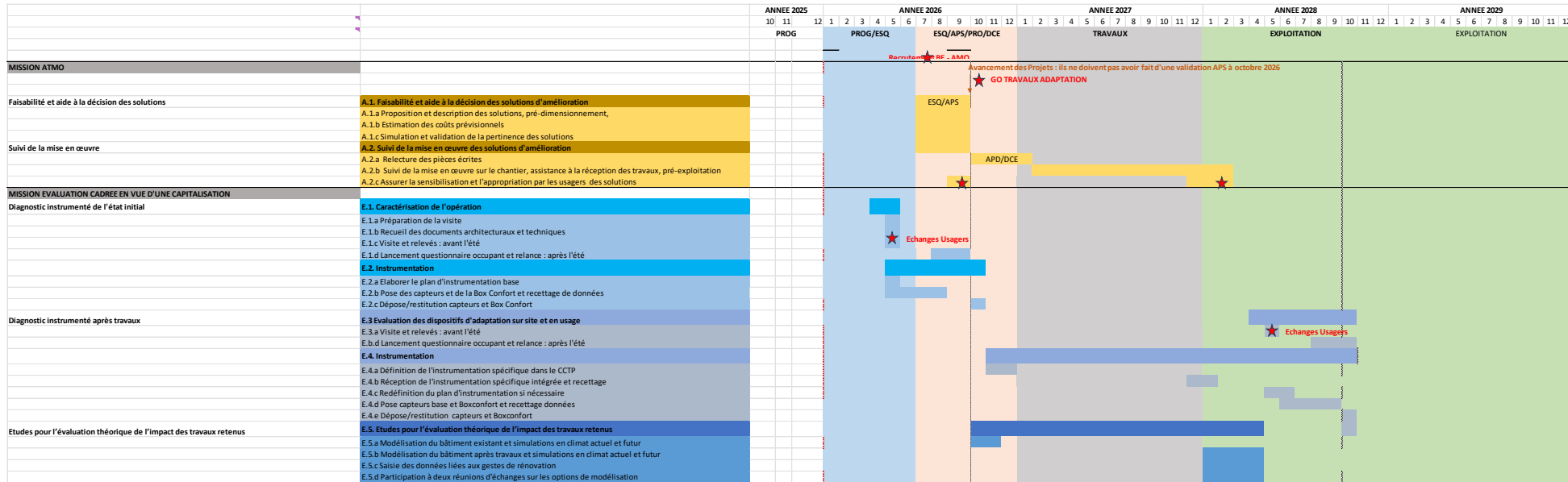
	Rappel du contenu	Durée de la mission indicative
<b>Mission A1</b>	<b>Faisabilité, prédimensionnement, chiffrage</b>	<b>2 à 4 mois, selon les projets</b>
<b>Mission A2</b>	<b>Suivi de la mise en œuvre (jusque à la mise en exploitation)</b>	<b>15 mois</b>
<b>Mission E1</b>	<b>Caractérisation de l'opération</b>	<b>3 mois</b>
<b>Mission E2</b>	<b>Instrumentation et Monitoring</b>	<b>5 mois</b>
<b>Mission E3</b>	<b>Evaluation des dispositifs et usages d'adaptation</b>	<b>5 mois</b>
<b>Mission E4</b>	<b>Instrumentation et monitoring</b>	<b>Selon projet</b>
<b>Mission E5</b>	<b>Evaluation théorique de l'impact des travaux retenus</b>	<b>Selon projet</b>

## 7. Annexes

Sont regroupées ici toutes les informations complémentaires utiles aux candidats/soumissionnaires, notamment : plaquette de présentation du programme, bilan, sources d'information (liens internet, ouvrages), outils (diagramme logique d'intervention, sociogramme), référentiel d'évaluation, etc.

## 7.1 Frise chronologique d'un projet

Le calendrier prévisionnel ci-après montre l'articulation et l'enchaînement des différentes missions A (ATMO) et E (Evaluation) qui seront demandées aux prestataires pour un projet CAS 1 (Projet en programmation de rénovation) :



La commande des missions aux prestataires s'effectuera de la manière suivante :

- A la sélection des opérations : commande des Missions d'Assistance Technique à Maîtrise d'Ouvrage A1 (Phase d'aide à la décision/Faisabilité de solutions d'amélioration) + E1 (Visite de site enquêtes) + E2 (Instrumentation de l'état initial)
- Suite à la mission A1 et après accord du maître d'ouvrage pour réaliser tout ou partie des actions et travaux préconisés : commande des Missions d'Évaluation E3 à E5 (diagnostic instrumenté après travaux) et E5 ( Etudes pour l'évaluation théorique de l'impact des travaux retenus).

## 7.2 Descriptif du recueil des caractéristiques du bâtiment

Pour faciliter le travail de capitalisation mené par l'équipe projet d'ADAPT BATI CONFORT, il sera demandé au prestataire une remontée d'information sur les caractéristiques du bâtiment, de ses équipements, de son occupation et de son environnement.

Cette remontée de données se fera sous la forme soit d'un questionnaire en ligne soit d'un fichier tableur cadré à renseigner.

Les données à remonter comprennent 3 niveaux :

- Des données générales sur l'opération permettant de générer des monographies et de réaliser une analyse transversale des opérations à partir de leurs principales caractéristiques. Un exemple de ces données générales à remonter est décrit dans le tableau ci-dessous,
- Des données descriptives des pièces instrumentées et des caractéristiques des systèmes d'adaptation mesurés,
- Les données d'entrées des calculs STD (cf. § 7.5).

### 7.2.1 Données générales de l'opération

Les données générales de l'opération seront recueillies lors du diagnostic avant travaux et mis à jour lors de l'évaluation après travaux.

Tableau 1 - Exemple de fiche des caractéristiques techniques du bâtiment

Nom de l'opération   Nom du Bâtiment	
Date de construction	1964
Surface SHON	6668 m <sup>2</sup>
Typologie	Usage du bâtiment (école, bureau, crèche, EHPAD, etc.) Nombre d'étage, épaisseur, traversant ou non, Par orientation : proportion de surface vitrée/surface opaque par façade
Aménagement de la parcelle	Proportion de végétalisation Albédo
Usages	Nombre d'occupants Scénarios d'occupation et Taux d'occupation Présence d'équipement avec dégagements calorifiques
Structure   Murs Ext.	Murs en béton architectonique et en béton d'aspect gravillon lavé d'épaisseur 30 cm (45 cm pour la salle de conférence) sans isolation particulière Murs en béton plein sans isolation pour les locaux enterrés ou semi-enterrés
Planchers	Dalle pleine en béton de 20 cm + chape sur sous-sol non chauffé Dalle sans isolation car sous-sols enterrés Planchers intermédiaires en béton armé type caisson
Toiture	Toiture terrasse en béton avec étanchéité et gravier avec peu ou pas d'isolation Isolation dans les faux-plafonds acoustiques de la salle de conférence

Vitrages horizontaux	Repérer les vitrages horizontaux. Préciser si non protégées et si ouvrables ou non : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vélux non protégés en dernier étage</li> <li>- Verrière espace café</li> </ul>
Menuiseries Ext.	Repérer les vitrages verticaux. Préciser : <ul style="list-style-type: none"> <li>- si protégées avec type de protections mobiles</li> <li>- si ouvrables ou non avec type d'ouverture</li> </ul> Menuiseries PVC double vitrage type 4-6-4 en majorité Menuiseries acier simple vitrage dans la salle de conférence Menuiseries acier et bois simple vitrage dans le laboratoire du bâtiment 2 L'ensemble des menuiseries PVC est équipé de volets roulants
Protections solaires architecturales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Débord toiture périphérique</li> <li>- Casquette sur portes vitrées hall</li> </ul>
Masques	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relevé des masques proches et lointain, végétation, arbre de grande hauteur</li> <li>- Relevé de l'environnement urbain (albédo sol et surfaces environnantes)</li> </ul>
Emetteurs de chaleur	1 CTA dans le bâtiment 2 Ventilo-convecteurs
Froid   Rafraîchissement	Module de climatisation dans les zones d'inconfort : bureaux 1107b et 1107a (couloir), 2203 (portative), 3205 (portative), 3202
Ventilation de confort thermique	Brasseurs d'air portatifs ponctuels
Ventilation hygiénique	Extracteurs sanitaires Renouvellement d'air naturel dans les bureaux
Surventilation (estivale)	Installation secondaire   Free cooling nocturne direct

## 7.2.2 Données descriptives des pièces instrumentées et des dispositifs d'adaptation instrumentés

Les données descriptives des pièces faisant l'objet de l'instrumentation de base (ambiance et Box Confort) seront saisies dans l'entrepôt de données de mesure (en ligne) avant travaux et mis à jour le cas échéant après travaux.

Concernant les dispositifs d'adaptation, ils seront décrits après travaux avec leur caractéristiques nominales et leur performance le cas échéant, ainsi que leurs points de mesures prévus au CCTP Travaux de la GTC et bien déployés après travaux. Les données de mesures seront récupérées au format csvs depuis la GTC éventuelle ou autre solution et versé à l'entrepôt de données.

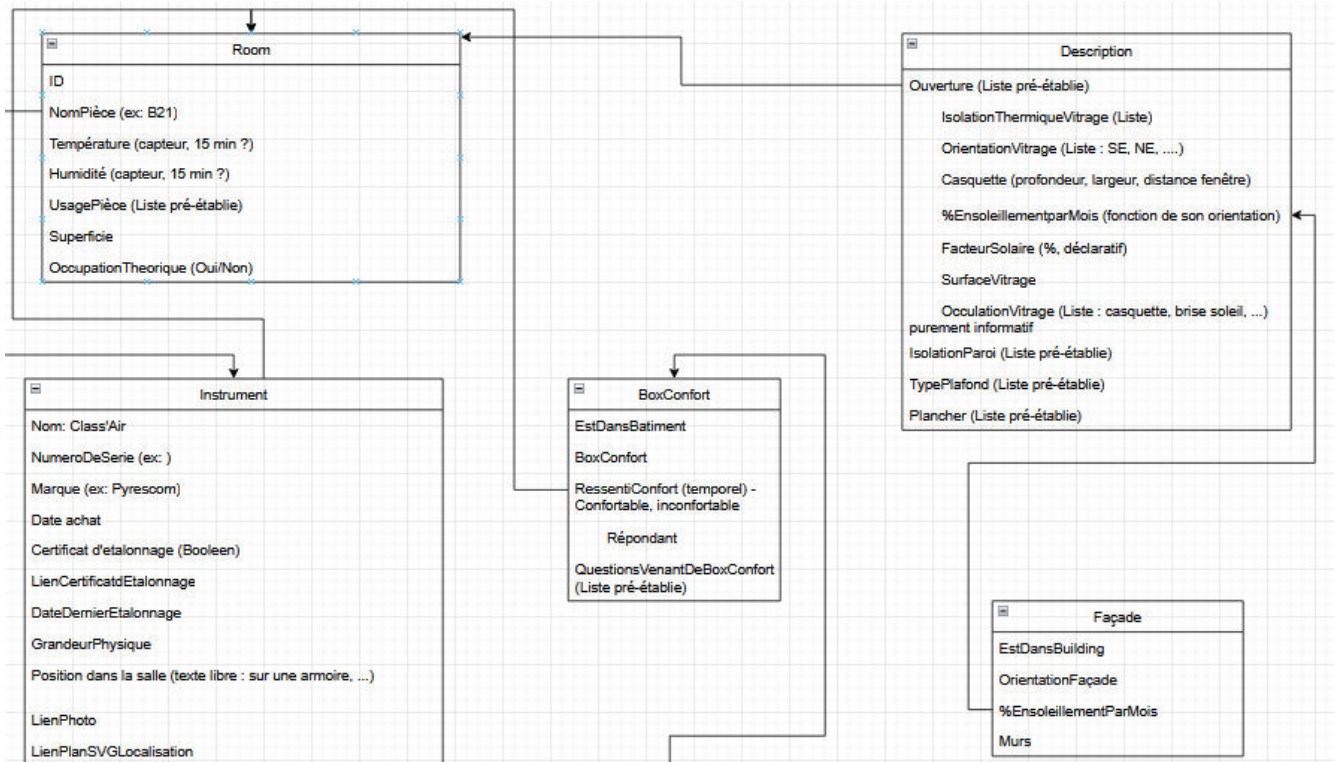


Figure 13 - Description du contexte de mesure prévu dans l'entrepôt de donnée

### 7.3 Instrumentation de base

L'instrumentation de base à déployer en mission E2 et E4 est commune à toutes les opérations quelles qu'elles soient. Elle concerne les grandeurs liées aux ambiances thermiques et un dispositif d'enquête sur le confort ressenti Box Confort.

#### 7.3.1 Tableau récapitulatif : instrumentation minimale par opération

Dans le tableau ci-dessous sont détaillés le nombre de capteurs minimum à déployer par grandeur.

Le recueil des données météo (température, humidité, vent, rayonnement ou condition de ciel) seront réalisés au travers d'API en se basant sur des stations météos de proximité. Les consommations d'eau et d'énergie du bâtiment seront réalisés au travers d'API auprès du fournisseur d'énergie et d'eau.

Tableau 2 - Capteurs à déployer a minima sur une opération

Capteurs physiques à déployés					Données récupérées via API		
Passerelle	Capteur T°/HR/C O2	Capteur T°/HR Extérieur	Capteurs d'état (ouverture/fermeture des fenêtres/portes)	Box Confort	Météo	Consommation électrique	Consommation d'eau
1	5	2	15	2	Openweathermap	API fournisseurs d'énergie ou Enedis	API fournisseurs d'eau

La période d'acquisition des capteurs couvrira les périodes chaudes des opérations (avril à octobre selon les régions), en continu sur une saison chaude, avant et après travaux.

L'ensemble des capteurs relevant des grandeurs mesurées en continu sont compatibles avec la télérelève et avec le réseau LoRaWAN et transmis à l'entrepôt de données de l'équipe-projet ADAPT BATI CONFORT.

**Un protocole de pose précisera par la suite comment allumer les capteurs et comment vérifier la remontée de donnée.** Le plan d'instrumentation proposé par le prestataire devra prendre en compte les conditions de pose liées à l'opération.

## 7.2.2 Passerelle LoRaWAN

La passerelle LoRaWAN (intérieure ou extérieure) servira à recueillir toutes les données émises par les différents capteurs d'une même opération puis de les transmettre à l'entrepôt de donnée. Elle devra être positionner de manière à couvrir l'intégralité des capteurs connectés déployés dans le ou les bâtiments de l'opération (selon la taille de l'opération elle sera donc positionnée en intérieur ou à l'extérieur.



Figure 1414 - Exemple de passerelle LoRaWAN (UG65 Milesight)

Exigences	Collecte et envoi des données
Fréquence	EU868
Portée	200m
Position	Intérieure ou extérieure (IP65)

Temps de pose prévisible : 5 min (à l'intérieur) à 1h selon le type de fixation à l'extérieur.

## Température et humidité de l'air extérieur

Les capteurs de température et d'humidité extérieurs seront protégés du soleil et de la pluie par un bouclier afin de garantir la représentativité des mesures d'ambiance extérieure. Une installation sous abri bien ventilé et protégé du rayonnement solaire (y/c réfléchi) sera aussi possible, par exemple sous un débord de toit

La pose peut être réalisée sur un mât, sur une barrière de sécurité ou contre un mur avec l'accord de la maîtrise d'ouvrage dans le cas où des fixations par percement seraient nécessaires. Le capteur devra idéalement être hors de portée des usagers.

Il sera installé deux capteurs si les ambiances extérieures sont différentes (par exemple un capteur sur rue, un capteur sur jardin).



Figure 1515 - Exemples de capteurs de température d'air extérieur (Enless et Thermokon)

Exigences	T (°C)	HR (%)
Plage	-20 à +70	0 à 100
Résolution	0,1	0,5
Précision	±0,3 entre 0 et 70, ±0,6 entre -20 et 0	±3 entre 10 et 90 , ±5 <10 ou >90
Autonomie	5 mois minimum avec un pas de temps de 10' (ou 15' ?)	

Temps de pose prévisible : 15 min à 1h selon le type de fixation.

### 7.2.3 Température, humidité et concentration en CO<sub>2</sub> de l'air intérieur

Les capteurs de température, d'humidité et de concentration en CO<sub>2</sub> intérieurs ne comporteront pas d'interface visuelle et idéalement, les leds de seuils ne devront pas être activées pour ne pas influencer le comportement des occupants.

La pose peut être réalisée à l'aide d'adhésif double face ou de scratch permettant une pose/dépose facilitée. Le prestataire s'assurera de ne pas abîmer le support et signalera au maître d'ouvrage en cas de défauts lors de la dépose.

Chaque capteur intérieur doit avoir fait l'objet d'une vérification de la couverture réseau lors de la réalisation des plans et d'une vérification de la bonne transmission des données une fois installé.

Positionnement :

- Loin des sources de chaleurs intérieures (ordinateur, écran, vidéoprojecteur, Box internet, TV,...) et non soumis au rayonnement solaire,
- Fixé dans l'idéal sur un mur intérieur (et non une paroi donnant sur l'extérieur) ou sur un meuble,
- A hauteur env. 1m et 1m20 selon l'usage (position assise).



Figure 1616 - Exemple de capteur de température / humidité de l'air intérieur et concentration CO<sub>2</sub> (AM103L)

Exigences	T (°C)	HR (%)	CO <sub>2</sub> (ppm)
Plage	-20 à +70	0 à 100	400 à 5000 ppm

Résolution	0,1	0,5	1
Précision	$\pm 0,3$ entre 0 et 70, $\pm 0,6$ entre -20 et 0	$\pm 3$ entre 10 et 90 , $\pm 5 <10$ ou $>90$	$\pm 30$ ppm + 3 % of reading
Autonomie	4 ans minimum avec un pas de temps de 10'		
Affichage	Pas d'écran, Led de seuil désactivé.		

Temps de pose prévisible : 10 min à 30min selon le type de fixation.

### 7.3.4 Capteur d'état sur les ouvrants

Les capteurs d'état permettent de récupérer les informations concernant l'ouverture et la fermeture des ouvrants (portes, fenêtres) d'un local.

Fixation :

- Position : oscillant-battant de manière que l'ouverture soit détectée dans les deux cas : ouverture battante et ouverture oscillante ; Le plan d'instrumentation proposé par le prestataire précisera les ouvrants concernés par la pose et leur positionnement sur chaque fenêtre/porte concernée,
- Communication : s'assurer qu'en position fermée, les éléments sont bien positionnés que les capteurs détectent la fermeture et vérifier que le capteur d'état renvoi bien le changement de position (fermeture/ouverture).



Figure 17 - Exemple de capteur d'état (Milesight WS301-868M)

Exigences	Ouverture/fermeture
Plage	15-20 mm
Autonomie	4 ans minimum (selon la fréquence d'ouverture et le pas de temps d'envoi des données).

Temps de pose prévisible : 10 min /ouvrants.

### 7.3.5 Box Confort

Parmi les capteurs à installer durant l'instrumentation avant et après travaux (missions E2 et E4), un boîtier appelé Box Confort permettra de recueillir plusieurs paramètres de confort de l'occupant pendant toute la durée de l'expérimentation et notamment son ressenti vis-à-vis de l'ambiance thermique.

#### 7.3.5.1 Description synthétique des Box Confort

Les usagers devront répondre à quelques questions (entre 6 et 10 questions pour une durée de remplissage de moins de 2 minutes), de manière quotidienne et sur trois créneaux horaire fixes maximum. Ils interagiront directement et quotidiennement avec le boîtier pour apporter leurs réponses. Les participants devront répondre aux questions sur plusieurs plages horaires, qui leur seront indiquées grâce à une modification de l’affichage sur l’écran. Au début de la plage horaire de réponse, l’écran changera d’affichage et restera dans cet état tant que le participant n’aura pas validé le questionnaire sur les plages horaires définies.

Les Box Confort illustrées en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** sont composées de plusieurs éléments :

- Un écran tactile permettant d’enregistrer les paramètres suivants :
  - o Ressenti de l’occupant vis-à-vis de l’ambiance thermique (5 à 7 choix de réponse possibles),
  - o Niveau de confort thermique de l’occupant (4 choix de réponse possibles),
  - o Acceptabilité de l’occupant vis-à-vis de la contrainte thermique (4 choix de réponse possibles),
  - o Satisfaction de l’occupant vis-à-vis de la contrainte thermique (4 choix de réponse possibles),
  - o Niveau de vêture de l’occupant (3 à 4 choix de réponse possibles),
  - o Niveau d’activité de l’occupant (3 à 4 choix de réponse possibles).
- Un bouton « absence prolongée », présent en permanence sur l’écran permettra d’indiquer, lorsque qu’il sera sélectionné, que le participant est absent du bâtiment (vacances, week-end, ...),
- Un bouton « questionnaire ponctuel », présent en permanence sur l’écran permettra de répondre au questionnaire sur le ressenti en dehors des créneaux fixes,
- Un capteur permettant de mesurer la température d’air et l’humidité relative dans la pièce où sera installée la Box Confort.

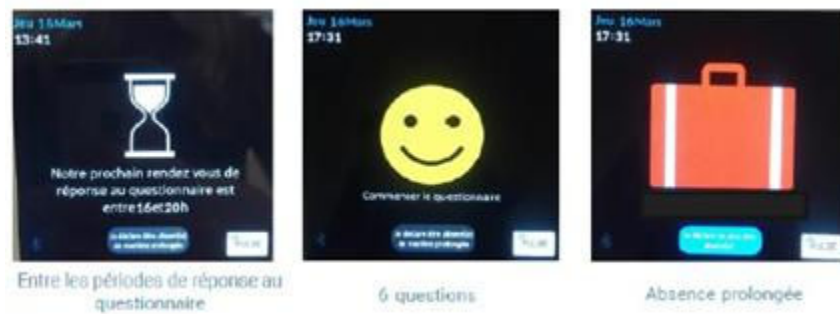


Figure 18 - Exemple d’écrans (en haut) apparaissant sur l’écran tactile de la box confort (en bas).

Dans les écoles, cet outil pourra être considéré comme un outil pédagogique pour donner envie aux enfants de répondre. La mise en place de temps dédiés faisant partie intégrante des rituels de la classe (comme mettre la date, compter le nombre d’élèves, etc.) permettra aux élèves de répondre à la Box Confort.

### 7.3.5.2 Protocole de pose de la Box Confort

#### 7.3.5.2.1 *Avant la pose*

Les Box Confort seront fournies au prestataire et paramétrées par l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT. Le protocole de pose et de réponse des Box Confort sera expliqué au prestataire lors de la formation initiale liée aux enquêtes (mission P2). Le prestataire se chargera alors de présenter le principe du dispositif au référent usager en précisant la fréquence et le taux de réponses demandés. Le prestataire transmettra également les documents complémentaires (formulaire de consentement et kit de personnalisation) au référent usager à ce moment-là.

A partir de cette présentation, le référent usager s'occupera de recruter les occupants volontaires pour répondre quotidiennement à la Box Confort, et transmettre les accords de consentements aux usagers. Tous les usagers du bâtiment qui seront amenés à répondre à la Box Confort doivent signer le formulaire de consentement, avant ou lors de la pose. Dans le cas spécifique des usagers mineurs (écoles ou crèches), un accord de consentement spécifique à destination des responsables légaux sera fourni aux enseignants ou personnels d'éducation. Le prestataire est responsable de transmettre les formulaires de consentement aux référents usagers et de récolter les documents signés pour le jour de la pose au maximum. Si lors de la pose, certains occupants n'ont pas signé le document, le prestataire devra leur faire signer avant de leur expliquer le fonctionnement.

Les questions de la Box Confort seront adaptées au public ciblé. En effet, la Box Confort est adaptable avec des interfaces dans lesquelles il est possible d'insérer des images.

- Pour les écoles maternelles et primaires uniquement, les professeurs auront la possibilité de demander une box confort personnalisée pour leur classe. Pour cela, ils pourront, s'ils le souhaitent, organiser un atelier avec leurs élèves pour définir des échelles personnalisées. Cet atelier sera réalisé à partir d'un kit de personnalisation transmis par le prestataire au référent usager. La Box Confort sera programmée par l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT de manière personnalisée à partir des retours des enseignants. Dans le cas où certains professeurs ne souhaitent pas réaliser cet atelier, il leur sera remis une box confort générique pour école.
- Pour les EPHAD, dans le cas des personnes âgées à un stade avancé de dépendance, les questions seront adressées au personnel qui les connaît suffisamment pour répondre à leur place.

#### 7.3.5.2.2 *Durant la pose*

Les Box Confort seront disposées par le prestataire dans une ou plusieurs pièces du bâtiment (selon le recrutement des occupants volontaires). Le prestataire expliquera ensuite aux occupants le protocole de réponse de la Box Confort, avec une démonstration à chaque usager pour s'assurer du bon respect du processus.

La matrice de choix suivante sera utilisée par le prestataire pour choisir le type de box confort à utiliser en fonction de la typologie de bâtiment et d'utilisateur (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.3**).

Tableau 3 - Matrice de choix des occupants ciblés et des outils utilisés en fonction des typologies de bâtiments

Types de bâtiments	Occupants ciblés	Indicateurs de confort	Outils
Ecole	Personnels enseignants Elèves	Questionnaires confort thermique	1 Box confort/enseignant Ateliers spécifiques avec les enfants et enseignants

		Ateliers de co-construction des échelles avec les élèves	1 Box confort pour les enfants avec échelles personnalisées issues des ateliers
Crèches	Personnel Enfants	Questionnaires confort thermique Ateliers de co-construction des échelles avec les enfants Indicateurs indirects (consommations d'eau, qualité du sommeil, etc.)	1 Box confort « personnel » avec un ID pour chaque membre Ateliers spécifiques avec les enfants et personnels 1 Box confort pour les enfants avec échelles personnalisées issues des ateliers
Médico-social (EHPAD)	Personnel Patients	Questionnaires confort thermique Indicateurs indirects (consommations d'eau, qualité du sommeil, etc.)	1 Box confort « personnel » avec un ID pour chaque membre 1 Box confort/patient
Bureaux	Salariés	Questionnaires confort thermique	1 Box confort/salarié
Logements	Occupants	Questionnaires confort thermique	1 Box confort/occupant principal du logement

### 7.3.5.2.3 Pendant l'instrumentation

Une indication du niveau de batterie du capteur de température et d'humidité relative associé à chaque box confort sera fournie au prestataire par l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT. Lorsque le niveau de batterie atteindra un niveau inférieur à 5%, le prestataire sera chargé de changer les deux piles AAA des capteurs (autonomie du capteur d'environ deux ans).

L'équipe projet ADAPT BATI CONFORT aura la charge de fournir un tableau de bord au prestataire permettant de suivre le déploiement et le bon fonctionnement des Box Confort pendant toute la durée des campagnes de recueil du ressenti.

Date	8	9	10	11
2023-05-17 00:00:00	Absent	Débranché	OK	OK
2023-05-18 00:00:00	Absent	Débranché	ok	OK
2023-05-19 00:00:00	OK	Débranché	OK	HS
2023-05-20 00:00:00	ok	Débranché	ok	HS
2023-05-21 00:00:00	OK	Débranché	ok	HS
2023-05-22 00:00:00	OK	OK	ok	HS
2023-05-23 00:00:00	ok	OK	ok	HS
2023-05-24 00:00:00	OK	OK	ok	HS

**OK** tous les fichiers remontent au serveur et sont complets

**ok** présence d'un fichier de mesures T°/HR mais pas de réponse au questionnaire

**Absent** bouton « absent » sélectionné et présence d'un fichier de mesures T°/HR

**Débranché** box non branchée

**HS** box branchée mais aucun fichier ne remonte au serveur

Figure 1919 - Extrait du tableau de bord généré quotidiennement pour l'ensemble des box confort déployés

Ce tableau de bord est un outil pour identifier :

- D'éventuels dysfonctionnements matériels (utilisation de la box confort, remontée des données au serveur),
- Le taux de participation des usagers du bâtiment.

Dans le cas d'un dysfonctionnement de la box confort, sans aucune remontée de données de mesures environnementales (T°/HR) depuis plus de deux jours, le prestataire interviendra pour vérifier l'état du matériel et/ou le remplacer. Il s'agit habituellement d'un débranchement de la box par les occupants. Dans ce cas, le prestataire devra appeler le référent usager qui se chargera d'aller débrancher et rebrancher la box. Si un problème lié au boîtier est identifié, la box défaillante devra être renvoyée à l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT.

Dans le cas d'un taux de réponse insuffisant, il sera demandé au prestataire de remobiliser le référent usager via un appel téléphonique pour que ce dernier incite les occupants à répondre au questionnaire. Le prestataire pourra également prévoir de faire un retour au référent usager du bon taux de participation pour motiver les occupants répondants dans la démarche. Un taux de participation est considéré insuffisant si :

- Le taux de réponse quotidien enregistré est inférieur à 1 réponse sur 3,
- Aucune réponse n'est enregistrée pendant 5 jours d'affilée sans absence signalée,
- Le bouton absence est activé depuis plus de 3 semaines.

## 7.4 Questionnaire global occupant

### 7.4.1 Description synthétique du questionnaire global occupant

Le questionnaire global occupant est un questionnaire en ligne qui a pour cible tous les occupants du bâtiment. Il devra être rempli fin septembre (à l'exception des écoles où le remplissage sera demandé fin juin avant le départ en vacances), une fois avant travaux et une fois après travaux. Le temps de remplissage sera d'environ 15 minutes.

Les questionnaires sont élaborés par l'équipe-projet ADAPT BATI CONFORT. Ils seront fournis au prestataire. Ils seront adaptés aux cibles auxquelles ils s'adresseront.

Les bâtiments n'étant pas identifiés au moment de la rédaction de ce cahier des charges, les acteurs des projets visés par ces questionnaires n'ont pas été précisément identifiés non plus et dépendront du contexte de chaque projet. Néanmoins, les questionnaires seront distribués par le référent usager à tous les occupants des bâtiments, avant et après travaux. Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présente une première estimation des publics à viser selon la typologie du bâtiment retenue, qui sera adaptée au contexte.

Tableau 4 - Public visé par le questionnaire global occupant

Types de bâtiments	Occupants ciblés par le questionnaire	Référent usager potentiel
Ecoles	Enseignants, animateurs périscolaires, personnel de cantine	Directeur, responsable périscolaire
Crèches	Personnel de crèche	Directeur de crèche
Médico-social (EHPAD)	Personnel administratif, personnel médical, résidents, famille ?	Directeur
Logements	Ménages (adultes)	Gardien, responsable de proximité, voire un locataire motivé
Bureaux	Salariés	Responsable RH

## 7.4.2 Maximisation du taux de réponse au questionnaire

Pour chaque typologie de bâtiment suivi par l'AMO (école, crèche, EHPAD ...), le prestataire devra définir avec le référent usager une méthodologie de distribution des questionnaires et de sensibilisation préalable des différents occupants du bâtiment en vue d'augmenter le nombre de répondants. Elle sera construite à partir du kit de communication transmis par l'équipe projet ADAPT BATI CONFORT. Elle devra être adaptée suivant les différents contextes des bâtiments retenus (la méthodologie retenue dans une école pourra légèrement différer de celle retenue dans une autre, par exemple selon l'implication ou l'organisation des différents occupants de l'école).

Le prestataire pourra utiliser le kit de communication pour réaliser des supports (flyers, ou autres supports adaptés), qu'il transmettra au référent usager pour aider ce dernier dans sa communication avec les usagers.

Le prestataire devra ainsi prendre contact avec le représentant usager pour :

- Lui proposer des solutions en termes de sollicitation des occupants (c'est le représentant usager qui transmettra le questionnaire aux occupants), de diffusion du questionnaire et de recueil des réponses (y.c. relances). Par exemple, dans le cas où les occupants n'utilisent pas internet, le prestataire pourra fournir des questionnaires imprimés, puis se chargera de la récolte des questionnaires complétés pour intégrer lui-même les réponses en ligne,
- Valider les rôles de chacun (relances, porte à porte, distribution de flyers, etc.).

Cette prise de contact sera mutualisée au mieux avec celle prévue pour présenter l'instrumentation des bâtiments et les Box Confort.

Enfin, le prestataire devra également transmettre toutes les semaines le taux de réponses au référent usager, qui s'occupera alors de faire des relances des publics visés.

## 7.5 Exigences sur les Simulations Thermiques Dynamiques

Cette annexe détaille les exigences de STD liées à la mission E5 détaillée dans la partie 3.5. Les exigences liées à la **modélisation** et la simulation sont détaillées en partie 7.5.1, et celles concernant les **résultats** à fournir dans la partie 7.5.2.

Ces exigences sont **contractuelles**.

### 7.5.1 Exigences de modélisation et simulation

Les hypothèses de modélisation et de simulation sont détaillées dans cette partie. Certaines sont imposées tandis que d'autres sont explicitement laissées à la libre appréciation du prestataire, mais devront être précisées et justifiées à partir d'une note d'hypothèse et d'un plan de repérage comprenant le schéma du zonage thermique retenu (§ 3.5). Pour rappel, des réunions d'échanges seront organisées pour valider ces hypothèses avant l'exploitation du modèle et la simulation.

#### 7.5.1.1 Moteur de calcul

Le logiciel utilisé doit permettre une modélisation multizone thermo-aéraulique dynamique. Il appartiendra de préférence à la liste suivante :

- EnergyPlus,
- TRNSYS,
- ESP-r,
- IDA ICE,
- Modelica / Dymola avec les bibliothèques de modèles spécifiquement validées telles que Buildings Library, AixLib, BuildingSystems, BuildSysPro, HumanComfortLibrary ou HVAC Library
- Comfie Pleiades.

Dans le cas où l'outil n'est pas cité dans ces exemples, il devra être cité dans le dossier de candidature, et répondre aux exigences suivantes :

- L'outil de simulation doit être conforme aux méthodes de calcul dynamiques définies par la norme NF EN ISO 52016-1 pour le calcul des besoins énergétiques de chauffage et de refroidissement, les températures intérieures et les chaleurs sensible et latente. Sinon, ou en plus, il doit avoir été validé par des tests comparatifs de type BESTEST (ANSI/ASHRAE Standard 140) pour les cas suivants : 600, 610, 620, 630, 640, 650, 900, 910, 920, 930, 940, 950, 960. A défaut, le prestataire devra fournir des justificatifs équivalents de validation du moteur de calcul démontrant sa fiabilité pour la simulation dynamique des bâtiments,
- L'outil doit permettre une modélisation multizone réellement couplée, excluant toute approche de type multi-monozone avec parois internes adiabatiques,
- Les éléments de l'enveloppe doivent être modélisés individuellement (murs, planchers, plafonds), avec prise en compte de l'inertie à l'aide d'une discrétisation en nœuds par couche, ou d'un modèle thermique équivalent robuste (ex : fonctions de transfert). Les modèles agrégés de type RC réduit ne sont pas acceptés,
- La modélisation de l'enveloppe doit permettre de prendre en compte des occultations intérieures et extérieures, avec possibilité de gestion dynamique à chaque pas de temps,
- La modélisation des menuiseries et leurs vitrages doit prendre en compte un calcul des transmissions et réflexion en fonction de l'angle d'incidence du rayonnement solaire sur le vitrage,
- La modélisation des systèmes actifs (systèmes énergétiques de type pompes à chaleur ou climatiseurs, ventilations diverses y inclus nocturne, etc.) est couplée entre la partie enveloppe et système, pas de temps par pas de temps (calcul synchrone). Cette condition s'appliquera également pour la modélisation aéraulique : elle doit être couplée de façon synchrone au modèle thermique, ou être intégrée avec le moteur de calcul thermique. Les couplages ping-pong ou oignon sont permis. Dans le cas d'un couplage ping-pong, il est de préférence avec une itération au-dessus du couplage ou, si

impossible, avec un pas de temps de maximum 15 minutes. Le calcul asynchrone ne sera autorisé qu'en démontrant, pour la solution étudiée, que les phénomènes physiques et les interactions dynamiques le permettent.

#### 7.5.1.2 Période de calcul et pas de temps

La **période de calcul** d'une simulation est une année complète du 01/01 au 31/12.

En cas de **pas de temps** fixe de la simulation, celui-ci n'excèdera pas 1 heure. En cas de pas de temps variable, des pas au-dessus de l'heure sont autorisés si le solver détecte des pas de temps supérieurs, à condition que l'agrégation horaire reste fiable, car les sorties de simulations devront être fournis au pas de temps horaire (cf. § 7.5.2).

#### 7.5.1.3 Fichiers météorologiques

Deux fichiers seront utilisés par opération pour représenter respectivement le **climat actuel** et le **climat futur**. Ils seront fournis directement par l'équipe ADAPT BATI CONFORT (construits à partir des données ADEME (TRACC) pour le climat futur).

Pour chaque climat, les fichiers seront disponibles pour les **8 zones réglementaires**.

Les fichiers météorologiques fournis seront au **format epw**. Ils pourront être convertis par le prestataire pour l'outil de STD utilisé.

#### 7.5.1.4 Masques solaires fixes

La hauteur des **masques solaires** du terrain, d'autres bâtiments et constructions, et des arbres, devra être relevée avant la modélisation, à minima pour chaque façade principale. La discrétisation de la hauteur de masque sera d'au moins 10°, soit 18 niveaux par élément de façade. Les arbres (existants ou prévus dans les travaux futurs) seront considérés à maturité, en précisant le choix concernant le feuillage.

Une prise en compte réaliste de la **température radiante extérieure** de l'environnement, composée entre la température du sol extérieure, de la température du ciel et de l'entourage devant chaque façade est également demandée. Ceci est, en fonction de l'outil, soit automatiquement calculé, soit configuré par l'utilisateur avec des facteurs de vue de ciel.

Pour les **occultations solaires fixes**, la méthode utilisée pour le calcul des ombrages du bâtiment sur lui-même (casquettes, décrochés...) sera dans la note d'hypothèses (cf. § 3.5.3).

Les méthodes de prise en compte des masques solaires proches et lointains sera justifiée lors de la première réunion d'échanges **sur la modélisation** à l'aide des sorties graphiques 3D de la modélisation avec ombres portées (mission E5d, cf. § 3.5.2.3).

#### 7.5.1.5 Zonage thermique

Une modélisation multizone sera utilisée, en divisant le bâtiment en plusieurs **zones thermiques**. Les pièces thermiquement similaires, c'est-à-dire pour lesquelles les apports externes (solaires) et internes (occupants et équipements) sont très proches pourront être regroupées dans une même zone. Cet aspect concerne aussi les phénomènes de tirage thermique, importants pour le calcul de la ventilation naturelle ou mécanique.

Il est imposé de définir des zones thermiques distinctes pour :

- Le rez-de-chaussée, le dernier étage et les étages intermédiaires,
- Ainsi que pour les pièces ayant des orientations de façades principales différentes.

Le choix du zonage devra être justifié lors de la première réunion d'échanges en se basant sur les plans du bâtiment et le résultat des questionnaires concernant l'usage du bâtiment.

#### 7.5.1.6 Usages

Les scénarios liés à l'usage du bâtiment et de ses systèmes devront représenter la réalité. Leur construction sera basée sur les réponses aux questionnaires. Chaque scénario sera explicité par zone thermique et justifié. Ils seront sous la forme d'un planning (minimum horaire) ou d'une règle déterministe, c'est-à-dire conditionnelle. Ils prendront en compte au minimum :

- L'occupation des locaux (présence dans les différentes zones, nombre d'occupants),
- Les autres apports internes (puissances dissipées des équipements, éclairage, ...),
- Les consignes de température (en occupation et en réduit) et d'humidité (le cas échéant),
- La ventilation mécanique,
- La ventilation naturelle si une stratégie est mise en place dans le bâtiment considéré,
- Les ouvertures de fenêtres, en indiquant leur gestion (manuelle ou automatisée), les conditions d'ouvertures (différence de températures, scénario horaire, ...), et les pièces et ouvrants concernés,
- Les protections solaires mobiles, pour lesquels il sera indiqué les scénarii d'utilisation en hiver et en été, avec le taux d'occultation (rattaché à un choix de matériel qui sera précisé).

Les équipements liés aux **usages spécifiques** devront être clairement listés et pris en compte dans la modélisation (apports internes et/ou consommations), dont notamment (liste non exhaustive) :

- Les ascenseurs,
- Les équipements informatiques,
- Les équipements de cuisine, etc.

#### 7.5.1.7 Enveloppe

Toutes les parois extérieures devront être prises en compte dans la modélisation. Pour justifier de leur composition, il est demandé de préciser dans la note d'hypothèse :

- Pour chaque paroi opaque, les différents matériaux la composant et leurs coefficients de conductivité thermique ( $W/m/K$ ), les capacités thermiques ( $J/kg/K$ ), les coefficients d'échanges convectifs sur les surfaces internes et externes utilisés, ainsi que le coefficient de transmission thermique globale de la paroi en  $W.m^{-2}.K^{-1}$ ,
- Pour chaque fenêtre, le coefficient de transmission thermique du vitrage ( $U_g$ ) et de la menuiserie ( $U_w$ ) en  $W.m^{-2}.K^{-1}$ , ainsi que le facteur solaire du vitrage. Si la fenêtre est équipée de protection solaire mobile, il sera indiqué son type et l'impact sur les coefficients précédents,
- Pour chaque pont thermique considéré, sa localisation et sa nature (exemple : appui de menuiserie ou liaison plancher intermédiaire/mur extérieur), et sa valeur en  $W.m^{-1}.K^{-1}$  justifiée. Les ponts thermiques structurels causés par la technique de mise en œuvre choisie (exemple : isolation des murs par l'extérieur sous bardage) devront être pris en compte, soit en majorant le coefficient  $U$  de la paroi, soit d'une autre manière justifiée,
- Pour les infiltrations d'air, la justification du choix de la méthode (calcul en pression ou non) et la valeur retenue (si calcul sans pression).

Les plans de repérage fournis devront inclure les parois, menuiseries et protections solaires a minima.

#### 7.5.1.8 Systèmes

Tous les **systèmes** devront être clairement décrits dans la note d'hypothèse, ainsi que leur modélisation. Pour rappel, leurs modalités de gestion seront précisées. Les systèmes décrits doivent inclure a minima :

- La ventilation (naturelle ou mécanique),
- Le chauffage (génération, distribution et émission si la solution est en lien avec le chauffage),
- Le rafraîchissement ou la climatisation le cas échéant,
- L'éclairage,
- La production d'eau chaude sanitaire (génération, stockage, distribution, bouclage, puisages, si la solution est en lien avec Le système de production d'ECS),
- Les auxiliaires de circulation le cas échéant.

Il sera fourni pour chaque système tous les paramètres utilisés dans la modélisation liées à la **performance** du système (COP ou EER nominaux, consommations des ventilateurs en  $W.m^{-3}.h^{-1}$ , efficacité de l'échangeur, débit d'air, ...). Cela peut inclure la fiche produit du fabricant ou tout document d'évaluation, certification ou de documentation des performances jugés utiles (contenant le type de système, la marque, le modèle, le fournisseur, l'année d'installation, la puissance nominale, ...).

En cas de solutions indisponibles dans les modèles de l'outil, les choix de modélisation ou de représentation dans le modèle seront à discuter au cas par cas lors des réunions d'échanges.

Dans le cas où une solution d'adaptation type **ventilateur/brasseur d'air** est mise en place, il est également demandé de fournir et justifier une hypothèse de vitesse d'air (m/s) associé à son utilisation liée à l'emplacement des occupants, ainsi qu'un scénario d'utilisation tel que récolté dans le questionnaire. Cette précision sera incluse dans la note d'hypothèse.

## 7.5.2 Exigences sur les résultats sorties des simulations

### 7.5.2.1 Variables requises

Concernant les sorties des simulations, il est demandé au prestataire de produire des données horaires pour chaque zone modélisée sur une année complète, pour chaque simulation. Les variables fournies seront au moins :

- La température de l'air ( $T_a$ ) de chaque zone en °C,
- La température opérative ( $T_{op}$ ) de chaque zone en °C,
- L'humidité relative (HR) de chaque zone en %,
- Le ratio d'ouverture des fenêtres (Fen) de chaque zone (0 fermée / 1 ouverte),
- Le ratio d'ouverture des protections solaires mobiles (PS) de chaque zone (0 fermée / 1 ouverte),
- Les besoins de froid par heure ( $Q_{froid}$ ) de chaque zone en kW,
- La puissance de production de froid ( $P_{froid}$ ) en sortie de génération au niveau du groupe en kW,
- Les consommations électriques liées aux équipements spécifiques au refroidissement ou au rafraîchissement si présents, par type d'équipement (exemple : Conso\_brasseur) en kWhEF,
- Les consommations électriques, gaz ou fioul des systèmes de chauffage (Conso\_chaud\_elec, Conso\_chaud\_gaz ou Conso\_chaud\_fioul) au niveau du bâtiment en kWhEF,
- Les consommations électriques, gaz ou fioul des systèmes de production d'eau chaude sanitaire (Conso\_ecs\_elec, Conso\_ecs\_gaz ou Cecs\_fioul) au niveau du bâtiment en kWhEF,
- La puissance thermique des CTA ( $P_{cta}$ ) si présentes, échangée avec chaque zone thermique en kW,
- Les consommations électriques des CTA (Conso\_cta) si présentes, au niveau du bâtiment en kWhEF,
- Les consommations électriques de l'éclairage (Conso\_eclairage) de chaque zone en kWhEF,
- Les consommations électriques totales (Conso\_tot) au niveau du bâtiment en kWhEF.

Concernant les sorties de simulation liées aux consommations énergétiques (dont la colonne commencera par « Conso\_ »), il est demandé de fournir au minimum les consommations par heure en énergie finale par type d'énergie et par usage. S'ils sont présents dans le bâtiment, les consommations des équipements de refroidissement et de rafraîchissement (exemple : brasseurs d'air) devront être fournis individuellement dans le fichier résultats (une colonne par équipement).

Pour le calcul des consommations, les rendements et coefficients de conversion des besoins en énergie finale devront être clairement explicités dans la note d'hypothèses.

D'autres variables ou d'autres indicateurs de sensation thermique (par exemple la SET) pourront être fournis par zone dans le fichier résultat horaire si le prestataire souhaite compléter son analyse. La description des variables complémentaires sera explicitée dans la note d'hypothèses.

### 7.5.2.2 Format de sortie

Ces résultats seront fournis obligatoirement sous la forme d'un fichier CSV (.csv) par simulation. Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** fourni un exemple de la structure demandée.

Chaque ligne correspondra à un pas de temps horaire (nombre entier allant de 0 à 8759). Le pas de temps 0 correspond au 01/01 à minuit.

Les colonnes seront nommées obligatoirement de la façon suivante <Variable>\_<Zone> avec *Variable* correspondant à la variable simulée telle que nommée dans le paragraphe précédent 7.5.2.1 (Ta, Top, HR, ...), et *Zone* la zone ou le groupe de zones telle que nommés dans le plan de zonage fourni par le prestataire en parallèle dans la note d'hypothèses. Les deux premières colonnes correspondront à la température de l'air et l'humidité relative extérieure, tels que fournies par le fichier météorologique.

**Tableau 5 - Exemple de tableau de sorties des STD**

Temps	Ta_EXT	HR_EXT	Ta_CH1	Ta_CH2	Top_CH1	Top_CH2	HR_CH1	HR_CH2	Fen_CH1	Fen_CH2	PS_CH1	PS_CH2
0												
1												
2												
...												
8759												

	Qfroid_CH1	Qfroid_CH2	P_froid	Conso_brasseur	Conso_froid_elec	Conso_chaud_elec	Conso_chaud_gaz	Conso_chaud_fioul
...								
	Conso_ecs_elec	Conso_ecs_gaz	Conso_ecs_fioul	P_cta_CH1	P_cta_CH2	Conso_cta	Conso_eclairage	Conso_tot
...								


Le fichier final sera nommé obligatoirement de la manière suivante :

<IdentifiantOpération>\_STD\_ADAPT BATI CONFORT\_<Travaux>\_<Climat>.csv

Où *IdentifiantOpération* correspond à l'identifiant unique de l'opération

*Travaux* correspond à AvantTravaux ou Après Travaux

*Climat* correspond à ClimatActuel ou ClimatFutur

Par exemple, « 24\_STD\_ADAPT BATI CONFORT\_AvantTravaux\_ClimatFutur.xlsx ».