

LIVRABLE PUBLIC N°1

# PROCÉDURE GLOBALE DU DÉPLOIEMENT OPÉRATIONNEL DES SOLUTIONS SEREINE

DÉCEMBRE 2021



Avec le programme PROFEEL, la filière Bâtiment s'est rassemblée pour répondre collectivement aux défis de la rénovation énergétique. 16 organisations professionnelles ont été à l'initiative de cette démarche et continuent aujourd'hui à la porter activement.

PROFEEL se compose concrètement de 9 projets, positionnés sur trois grands enjeux : favoriser le déclenchement des travaux de rénovation, garantir la qualité des travaux réalisés et consolider la relation de confiance entre les professionnels. Ces projets s'appuient sur l'innovation, qu'elle soit technique ou numérique, afin de mieux outiller les professionnels du bâtiment, d'améliorer les pratiques sur le marché de la rénovation énergétique et de garantir la qualité des travaux réalisés. Ces outils permettront d'accompagner les acteurs durant toutes les étapes d'un projet de rénovation : en amont, pendant et après les travaux.

SEREINE, un des 9 projets PROFEEL, a pour objectif d'apporter une meilleure évaluation de la performance énergétique des logements au service d'une massification de la rénovation énergétique.

Un programme de recherche scientifique et opérationnelle, ayant réuni 40 chercheurs et ingénieurs issus de 8 organismes publics et privés, a permis la création d'un nouvel outil de mesure qui permet aujourd'hui de caractériser les performances énergétiques des maisons individuelles en 24 à 48 heures. Ensemble, ils ont abouti à une solution inédite globale pour mesurer la performance de l'enveloppe et des systèmes énergétiques d'une maison individuelle.

Le présent document est le fruit d'un travail collectif de ces 8 organismes publics et privés, sous l'observation des acteurs de la filière bâtiment en France.

Pour plus d'information : <https://programmeprofeel.fr/>

## MEMBRES DU CONSORTIUM :



### RÉDACTION :

Myriam HUMBERT – Cerema  
 Alexis PUYSSILLOUX – COSTIC  
 Arnaud DECOBERT – Cerema  
 Sylvain BERTAULT – Cerema  
 Martin GUER – AQC  
 Sihame HINI – AQC

### COORDINATION :

Myriam HUMBERT – Cerema  
 Pierre OBERLÉ – INES

## PARTENAIRES PROFEEL :

### Pouvoirs Publics



### Porteurs



### Financiers



### Filière Bâtiment



PROFEEL, un programme financé par le dispositif des certificats d'économie d'énergie (CEE)



## TABLE DES MATIERES

1/ Objet .....	4
2/ Une procédure modulaire .....	4
3/ Domaine d'application .....	6
4/ Organisation et déploiement sur chantier.....	8
4.1/ Organisation générale.....	8
4.2/ Outils .....	10
4.3/ Phasage sur chantier .....	10
5/ Le matériel de mesure .....	13
5.1/ Mesure d'isolation de l'enveloppe.....	13
5.2/ Mesure sur les équipements.....	14
6/ Des compétences différentes selon les protocoles .....	16
7/ Articulation avec l'autocontrôle en maison .....	17
7.1/ Equipements .....	17
7.2/ Enveloppe .....	18
7.2.1/ Autocontrôle par Check'Reno .....	18
7.2.2/ Autocontrôle par thermographie.....	18
8/ Conclusion .....	20

## 1/ OBJET

Dans le cadre de Sereine, des solutions d'évaluation de la performance énergétique à réception des maisons ont été développées. Ce document apporte une vision d'ensemble de ces solutions, de leurs champs d'application et de leur articulation entre elles, mais aussi avec d'autres tests ou vérifications complémentaires.

## 2/ UNE PROCEDURE MODULAIRE

La solution globale SEREINE comprend l'évaluation des différentes performances de l'enveloppe ainsi que celles des équipements techniques présents au moment de la réception des travaux.

On peut choisir d'appliquer une partie ou l'ensemble des solutions.

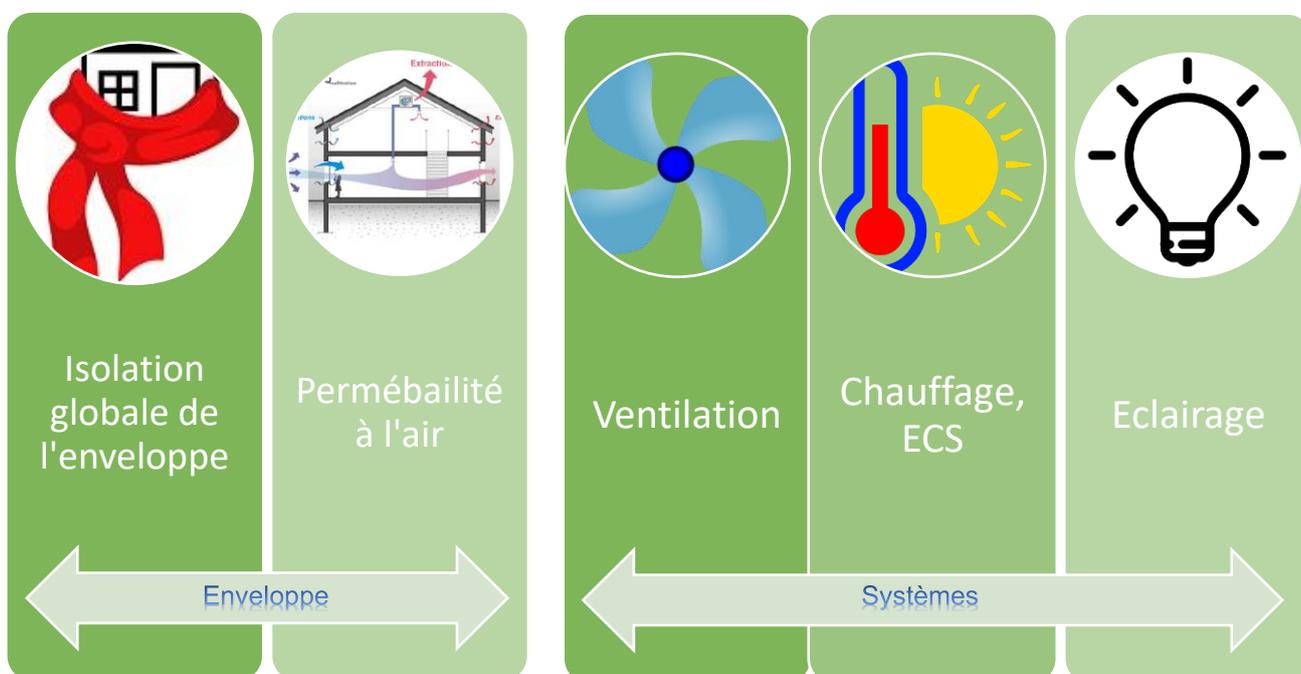


FIGURE 1 : SEREINE : UNE SOLUTION MODULAIRE

Les tests suivants peuvent être réalisés sur l'**enveloppe** :

- ✓ Le test Sereine de la mesure de l'isolation globale de l'enveloppe permet la mesure du niveau de transmission thermique de l'enveloppe HLC, et d'en déduire l'indicateur  $U_{bat}$  (ou Htr) ;
- ✓ La perméabilité à l'air, avec en option, la recherche de fuite permet de connaître la perméabilité à l'air du bâtiment (selon la norme NF EN ISO 9972 et son guide d'application FD P50-784). Cette mesure est fortement recommandée pour réduire l'incertitude d'identification du  $U_{bat}$  (ou Htr) à partir du HLC ;
- ✓ En outre, un diagnostic par thermographie pourra compléter le test pour identifier les défauts d'isolation de l'enveloppe (selon la norme NF EN 13187) ;

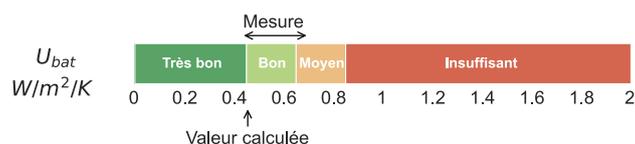


FIGURE 2 L'INDICATEUR DE LA SOLUTION SEREINE POUR L'ISOLATION GLOBALE DE L'ENVELOPPE

Concernant les **systèmes**, il s'agit d'évaluer la performance des différents équipements du logement en identifiant les potentiels défauts de conception, de mise en œuvre ou de réglage.

Les différents points de vérification de la solution SEREINE Systèmes sont priorisés en fonction de leur fréquence d'apparition et de leur criticité, c'est-à-dire de leur impact potentiel sur le bon fonctionnement des équipements au regard des niveaux de performance attendus (défauts mineurs, majeurs et critiques).

Pour valider la réalisation du protocole, il faut que les points de vérification associés aux défauts les plus critiques aient été traités et qu'un nombre suffisant de vérifications ait également été réalisé.

Liste des systèmes & usages associés		Par Systèmes				
		Planch.-chauf. élec. 	Radiateurs électriques 	ECS élec. 	VMC SF 	Eclairage
Nb de points	A vérifier	17	7	15	37	9
	Non vérifiables	5	2	1	12	1
	Non vérifiés	2	0	2	7	0
	Non conformes	1	2	8	4	7
	Conformes	9	3	4	14	1

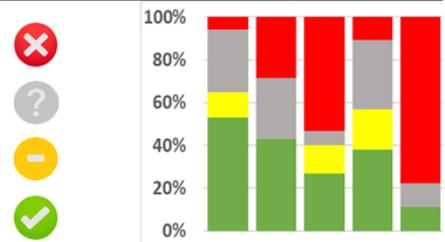


FIGURE 3 : L'INDICATEUR DE LA SOLUTION SEREINE POUR LES SYSTEMES

*NB : La solution SEREINE couvre pour le sujet ventilation plus de systèmes que le protocole PROMEVENT : ventilation naturelle par conduits, ventilations mécaniques ponctuelle et répartie, ventilations mécaniques simple flux autoréglables et hygroréglables, ventilations mécaniques double-flux. En effet, il s'agit notamment -pour des rénovations- d'évaluer si la ventilation des locaux a pu être améliorée ou dégradée après réalisation des travaux, il lui faut donc aussi caractériser la ventilation avant rénovation.*

### 3/ DOMAINE D'APPLICATION

La procédure globale décrite pour la mesure de la performance énergétique à réception de l'enveloppe et des systèmes s'applique en rénovation ou construction de maison à réception des travaux.

Son champ d'application technique correspond à celui des différents tests qui la compose, à savoir :

- ✓ Mode constructif : maisons individuelles neuves, rénovées (au moins deux éléments touchant l'enveloppe) ou passoires thermiques, de surface habitable raisonnable (< 200 m<sup>2</sup>) , maximum 17 % de mitoyenneté.
- ✓ Le temps d'immobilisation sera fonction de la typologie (ITE, ITI) et de la température extérieure moyenne durant le test.

Système d'isolation	T <sub>ext</sub> moyenne [°C]	Temps d'immobilisation [heures]
ITI	Entre 8 et 20	48h
	En dessous de 8	24h
ITE	Entre 8 et 20	72h
	En dessous de 8	48h
Passoire thermique	En dessous de 20	12h

FIGURE 4 : DOMAINE D'APPLICATION DE LA SOLUTION SEREINE POUR L'ENVELOPPE

- ✓ Équipements concernés par la solution sur les systèmes :

Effet Joule	Énergies fossiles	Biomasse	Thermodynamique	Ventilation
Chauffe-eaux électriques	Chaudières gaz	Chaudières bûches	Pompes à chaleur air/eau	Ventilation naturelle
Chaudières électriques	Chaudières fioul	Chaudières pellets	Pompes à chaleur air/air	VMC simple flux autoréglable
Radiateurs et convecteurs	Chauffe-eau gaz	Chaudières plaquettes	Pompes à chaleur géothermie	VMC simple flux hygroréglable <sup>1</sup>
Planchers chauffants		Poêles et inserts à bûches <sup>2</sup>	Chauffe-eaux thermodynamiques (CETI)	VMC double-flux <sup>3</sup>
		Poêles et insert à pellets <sup>4</sup>	Climatiseurs	Ventilation par insufflation VMR et VMP
Solaire thermique	Cogénération	Récupération	Multi-production	Eclairage
Chauffe-eaux individuels (CESI)	Chaudières gaz Stirling	Récupérateurs sur eaux grises	PAC air/eau couplée avec VMC DF	Luminaires
Systèmes solaires combinés (SSC)	Moteurs thermiques	Récupérateurs de chaleur en toiture	PAC air/eau couplée avec VMC DF et solaire thermique	

NB : certains de ces équipements peuvent être testés en logements collectifs comme la ventilation ou le chauffage ou chauffe-eau individuels.

FIGURE 5 : ÉQUIPEMENTS CONCERNES PAR LA SOLUTION SYSTEMES

<sup>1</sup> Type A et B

<sup>2</sup> Avec ou sans bouilleur

<sup>3</sup> Centralisée et décentralisée

<sup>4</sup> Avec ou sans bouilleur

**Prérequis complémentaires** de la solution de mesure d'isolation globale :

- ✓ Pour le neuf : **Second œuvre achevé, hors d'eau / hors d'air et les dalles/chapes ont été coulées depuis au moins trois mois.** Les revêtements de sols ont été posés. Attestation de conformité électrique du Consuel.
- ✓ Pour la rénovation : **Vérification électrique** par un électricien de l'ensemble du circuit électrique du logement afin de s'assurer que celui-ci est adapté au test SEREINE et qu'il ne présente pas de risque d'incendie ou de court-circuit.

**Prérequis complémentaires** de la solution systèmes :

- ✓ Avant de commencer les vérifications fonctionnelles des installations en marche et les mesures spécifiques, les travaux d'installation doivent être achevés et le système doit être réglé par l'installateur de façon à satisfaire aux exigences des spécifications de conception du système.

## 4/ ORGANISATION ET DEPLOIEMENT SUR CHANTIER

### 4.1/ ORGANISATION GENERALE

La procédure peut être décomposée pour les différents protocoles en 3 étapes décrites dans le Figure :

- Préparation au bureau et pour les systèmes, audit documentaire ;
- Audit sur site, avec le cas échéant, des mesures spécifiques ;
- Génération du rapport ;

Pour ces trois étapes, des outils sont mis à disposition permettant de préparer la campagne de mesure ou l'audit sur site ainsi que de générer le rapport suite à l'évaluation.

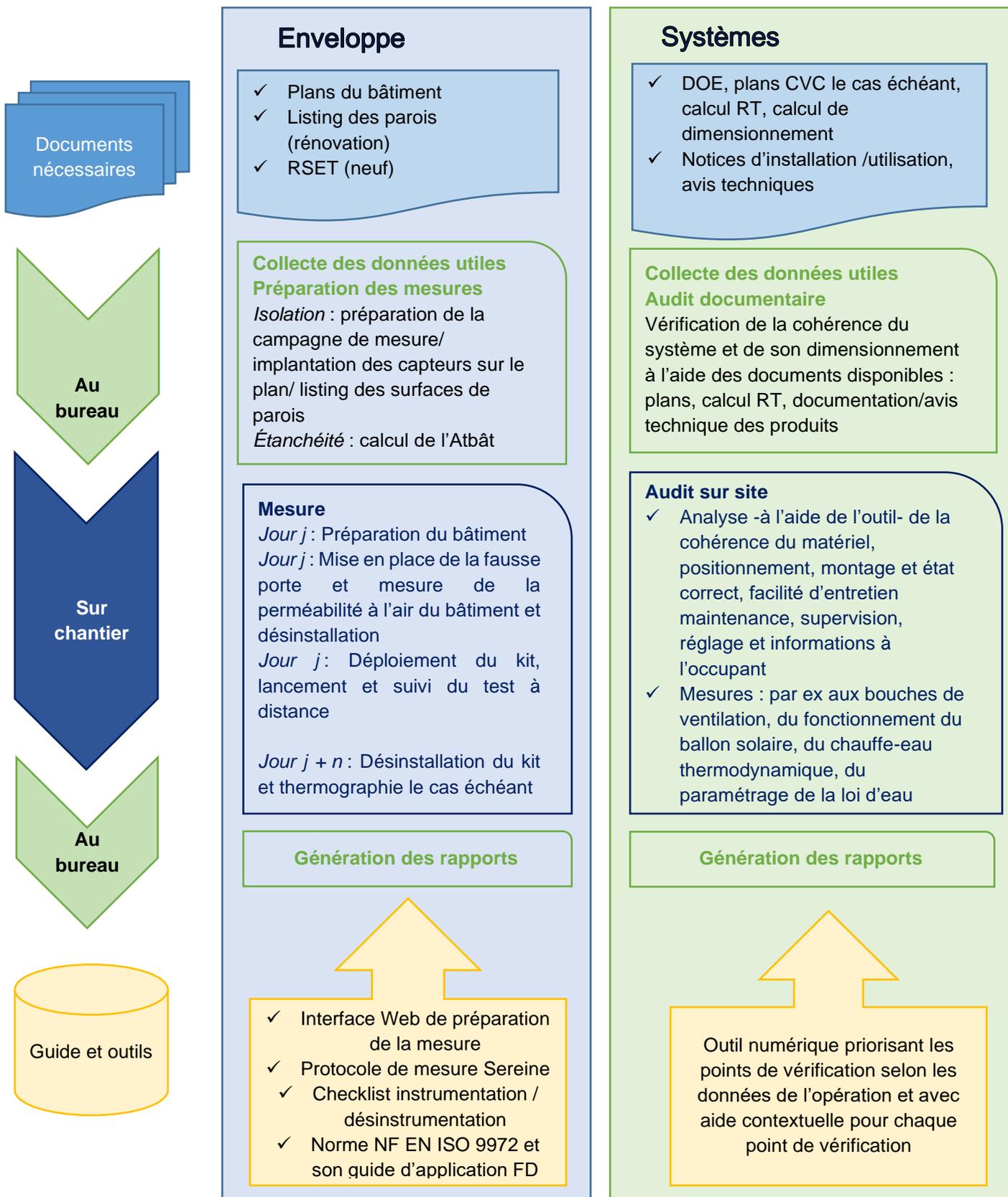


FIGURE 6 : PHASAGE DES SOLUTIONS SEREINE

## 4.2/ OUTILS

Pour la mise en œuvre de la solution Sereine de mesure de l'isolation globale de l'enveloppe, une interface web permet de préparer la campagne de mesure.

Pour cela, il est nécessaire de renseigner des données générales du bâtiment, les surfaces des différentes parois déperditives et leur isolation potentielle. L'interface permet de préparer la bonne implantation des modules (en vérifiant notamment la puissance électrique maximum de circuit) et le paramétrage de la campagne de mesure.

L'implantation des différents modules est réalisée sur le plan de la maison, ce qui permet ensuite d'être opérationnel sur le terrain. Cette interface permet également de suivre à distance la mesure en visualisant les consommations et températures des différents modules. Enfin, elle permettra de générer le rapport de mesure après la campagne de mesure.

La solution Sereine Systèmes s'appuie sur une application numérique dont la fonction est d'accompagner l'opérateur tout au long de la réalisation du protocole.

En premier lieu, l'utilisateur doit indiquer dans l'outil les caractéristiques du bâtiment étudié (configuration, nature des équipements techniques, charge thermique, etc.) À partir de ces informations, l'application génère une liste hiérarchisée de vérifications à mener. Ces dernières se répartissent en deux phases : audit documentaire (pré-visite) et audit sur site.

L'opérateur peut ensuite consulter ces listes et saisir les résultats de chaque point de vérification directement dans l'application. Sachant qu'il n'est pas obligatoire de répondre à tous les points. Lorsqu'il estime avoir terminé son audit, l'opérateur peut générer un rapport automatique. Ce dernier contient entre autres :

- Les données générales du bâtiment ;
- Le taux de complétude de l'audit ;
- La liste des défauts constatés.

L'outil numérique intègre en outre une aide contextuelle pour chaque point de vérification. Cette dernière vise à guider l'opérateur dans la réalisation du protocole, soit en explicitant la nature des informations à relever, soit en décrivant la marche à suivre pour procéder aux vérifications.

## 4.3/ PHASAGE SUR CHANTIER

Pour les vérifications et mesures sur chantier, il est proposé de retenir le séquençage présenté dans le Tableau 1 afin d'optimiser le temps passé sur site.

Ce séquençage est présenté de manière différenciée pour les systèmes et l'enveloppe, tout en les articulant. Il différencie les étapes de préparation du bâtiment de celle des vérifications ou mesures à proprement dit. Concernant la préparation du bâtiment, le tableau explicite les contraintes en termes d'état des équipements (marche/arrêt) et de différents éléments du bâti (entrées d'air bouchées, protections solaires, ...).

**Légende :**

	Préparation au bureau		Préparation du bâtiment/ installation de matériel		Mesure		Système à l'arrêt/ élément du bâti non fonctionnel		Système / éléments du bâti fonctionnels
--	-----------------------	---	---	---	--------	---	--	---	---

TABLEAU 1 : SEQUENÇAGE DES DIFFERENTES SOLUTIONS SEREINE

Évaluation	Au bureau	1ère visite — mise en place du matériel				n jours de mesures	2ème visite – retrait de matériel
<b>Systèmes</b>	<b>Audit documentaire</b>	<b>Audit sur site</b>					<b>Mesures systèmes complémentaires (*)</b>
<b>Chauffage, rafraîchissement, ECS, ventilation éclairage</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	Fin test — retrait matériel				<b>Réseaux</b>
<b>Enveloppe</b>	<b>Préparation du test</b>	<b>Préparation du bâtiment</b>			<b>Mesure étanchéité</b>		<b>Mesure isolation</b>
<b>Perméabilité à l'air</b>	<b>X</b>		Installation Fausse porte + outils de mesures		<b>Mesures (+ recherches de fuites)</b>	Fin test — retrait matériel	
<b>Isolation</b>	<b>x</b>	Module P	Modules I et C	Modules E, F et A		Vérifications remontées de données	<b>x</b>
							<b>(Thermographie) — fin de test — retrait matériel</b>
<b>État de fonctionnement du bâtiment nécessaire aux évaluations</b>							
Ventilation mécanique	<b>Marche</b>	<b>Arrêt VMC</b>					<b>Marche</b>
Bouches ventilation		Colmatage bouches + entrée d'air	<b>Obturées</b>				Remise en état
Ouvertures			<b>Fermées</b>			<b>Passage interdit</b>	
Occultations			Occultation baies	<b>Occultées</b>			Remise en état
Chauffage ECS	<b>Marche</b>		<b>Arrêt (Ballon ECS déchargé)</b>				<b>Marche</b>
Éclairage — autre équip.	<b>Marche</b>					<b>Arrêt ou branché sur Module Intérieur</b>	<b>Marche</b>

(\*) si non effectuées lors de la première visite

Le test sur les équipements peut être fait indifféremment avant ou après le test SEREINE sur l'enveloppe, mais, en général, il est effectué en même temps que l'installation du kit de mesure de l'isolation globale, dans l'ordre suivant : arrivée sur site et installation du kit, lancement du pilotage de la mesure de l'isolation de l'enveloppe, puis tests sur les équipements. Les deux peuvent se faire en parallèle, si deux personnes sont mobilisées. Une fois le test sur la ventilation effectuée, il est possible en parallèle de préparer le bâtiment et de procéder au test d'étanchéité à l'air.

Ainsi, une ou deux personnes peuvent être mobilisées sur le terrain. Si une seule personne est mobilisée sur le test, elle peut suivre le séquençage du Tableau 1. Cela mobiliserait la personne un jour entier (+ désinstallation du test SEREINE).

Toutefois, le nombre de fenêtres/vélux à occulter (absence de volets extérieurs) impacte fortement le temps de préparation pour la mesure de l'isolation globale du bâtiment.

De même, le nombre d'équipements de chauffage et ECS à tester et de leur complexité impacte aussi le temps d'évaluation des systèmes.

Une thermographie peut se faire à la suite de la mesure de l'isolation globale lors de la décroissance de température.

### **Recommandations**

Le test d'étanchéité à l'air peut être effectué par un autre opérateur, toutefois il y a un intérêt économique à effectuer les deux tests sur l'enveloppe (isolation globale et perméabilité à l'air) conjointement, la préparation du bâtiment étant la même.

## 5/ LE MATERIEL DE MESURE

### 5.1/ MESURE D'ISOLATION DE L'ENVELOPPE

<b>Module</b>	<b>Fonction</b>	<b>Nombre</b>	<b>Nouveau kit 2022</b>	<b>Ancien kit 2020</b>
<b>Pilotage</b>	Pilotage-concentration	1		
<b>Comptage</b>	Comptage électrique électroménager	3		
<b>Intérieur</b>	Chauffage et température intérieure	10 (7 ancien kit)		
<b>Façade</b>	Rayonnement sur les façades	3		
<b>Extérieur</b>	Température d'air extérieur	1		
<b>Adjacent</b>	Température d'air local adjacent (vide sanitaire, combles, garage...)	2		

FIGURE 7 : ILLUSTRATION DES MODULES DU KIT SEREINE (SOLUTION ENVELOPPE)

### Pour la mesure de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe :

- ✓ L'ensemble de mesure de "fausse porte" (composée d'un système d'acquisition et de pilotage, de deux capteurs de pression / dépression, d'un ventilateur et d'une platine étanche) à installer au droit d'une porte donnant sur l'extérieur et permettant d'y placer le ventilateur afin de créer une dépression dans la maison ;

### Pour le test de l'isolation globale de l'enveloppe :

#### À l'intérieur :

- ✓ Un module de pilotage (module P) par maison : c'est un concentrateur qui permet le pilotage de l'ensemble des modules Intérieurs, selon un scénario en température ou puissance, et assure le recueil de l'ensemble des données ;
- ✓ Modules Comptage (Module C) pour assurer le comptage électrique de l'électroménager en fonctionnement lors de l'essai ;
- ✓ 10 modules<sup>5</sup> intérieurs (module I) en moyenne pour une maison. Ce module inclut un ventilateur-convecteur son pilotage et son comptage de l'énergie injectée, ainsi que d'une sonde déportée de mesure de température d'air ;
- ✓ 2 modules Adjacent (module A), capteur de température d'air pour les espaces non chauffés adjacents, comme le vide sanitaire, garage, grenier etc.

#### À l'extérieur :

- ✓ De 3 modules Façades (module F) : ce sont des capteurs de températures mesurant les conditions aux limites extérieures auxquelles sont soumises les façades de la maison ;
- ✓ Un module Extérieur (Module E), capteur de mesure de température d'air extérieur.

## 5.2/ MESURE SUR LES EQUIPEMENTS

L'outil numérique permet de générer la liste du matériel nécessaire en fonction des vérifications à réaliser sur site.

Ainsi, une partie du matériel correspond à de l'outillage courant : Outils courants (tournevis, clés, mètre ruban, pied à coulisse, boussole, lampe torche, ...), matériel de propreté (surchaussures, balayette, ...), escabeau ou échelle. Ces outils sont systématiquement recommandés à l'opérateur dans l'application numérique.

En complément, du matériel plus spécifique peut aussi être requis pour réaliser certaines vérifications. Les instruments de mesures en question dépendent de la nature des équipements présents. La liste des instruments susceptibles d'être utilisés est générée automatiquement par l'application, parmi lesquels :

- ✓ Thermomètre infrarouge, thermomètre de contact
- ✓ Clinomètre
- ✓ Hygromètre
- ✓ Manomètre pour robinet
- ✓ Manomètre à air avec tube de mesure pour mesure de la dépression aux bouches (simple flux hygroréglable), Débitmètre à pression différentielle (mallette d'équilibrage), Anémomètres à hélices, fil chaud ou quadrillage (avec cône pour mesure du débit aux bouches en autoréglable, double flux), Cônes de mesure (ventilation)
- ✓ Sonde Pitot
- ✓ Débitmètre à ultrasons
- ✓ Réfractomètre
- ✓ Mesureur de pH



FIGURE 8 : MESURE DE PRESSION AVEC UN MANOMETRE

<sup>5</sup> 10 modules du nouveau kit ou 7 modules de l'ancien kit

- ✓ Verre doseur
- ✓ Analyseur de combustion
- ✓ Luxmètre



FIGURE 9 : MESURE DE  
TEMPERATURES

En option, il pourra être recommandé l'utilisation d'un matériel de mesure d'étanchéité à l'air des réseaux de ventilation.



FIGURE 10 : MATERIEL DE MESURE D'ETANCHEITE A L'AIR  
DES RESEAUX DE VENTILATION

## 6/ DES COMPETENCES DIFFERENTES SELON LES PROTOCOLES

Les tests sur l'enveloppe et les tests sur les équipements sont de natures différentes et ne mobilisent pas nécessairement les mêmes compétences :

- ✓ Plusieurs vérifications du protocole sur les équipements nécessitent des compétences techniques particulières ainsi qu'une bonne connaissance des équipements de chauffage et d'ECS. Il est nécessaire de s'approprier la documentation de la chaudière et son fonctionnement. Il s'agit également de vérifier la bonne cohérence de l'installation.
- ✓ Le test sur l'enveloppe, que ce soit SEREINE et la mesure de la perméabilité à l'air, se déroule de manière plus linéaire avec une préparation du bâtiment, la mise en place de l'équipement de mesure, le lancement de la mesure puis sa désinstallation. Le rapport est généré automatiquement par les logiciels. La mesure SEREINE 'Enveloppe' nécessite tout de même un minimum de compréhension quant aux échanges thermiques du bâtiment, pour bien placer les modules, afin d'obtenir une répartition homogène de la température d'air, et pour bien choisir l'emplacement des capteurs F en fonction des contraintes du bâtiment par rapport au site, afin que leurs mesures soient représentatives des sollicitations extérieures de l'enveloppe. La recherche de fuites ou de défauts par thermographie nécessite des compétences plus poussées.
- ✓ Le test sur la ventilation est à mi-chemin, une connaissance des équipements et avis techniques est nécessaire pour vérifier la cohérence de l'installation. En revanche, la mesure aux bouches ne nécessite pas de connaissances particulières de l'installation.

Il a été observé sur le terrain que les opérateurs réalisent bien souvent d'autres types de missions, tels que les audits ou des expertises techniques ; ils pourraient donc s'approprier cette démarche globale. Ils sont d'ailleurs demandeurs et souhaitent apporter une valeur ajoutée au test SEREINE 'Enveloppe'.

## 7/ ARTICULATION AVEC L'AUTOCONTROLE EN MAISON

La qualité des ouvrages est couramment évaluée à réception par les Opérations Préalables à la Réception (OPR). Il s'agit de contrôles contradictoires réalisés conjointement par le maître d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre (MOE) afin d'évaluer la qualité et la conformité des travaux. Ces contrôles peuvent conduire à établir certaines réserves qui devront être levées par la MOE avant réception.

Afin de se prémunir de ces réserves, les entrepreneurs mettent généralement en place une forme d'autocontrôle ponctuel ou régulier afin de s'assurer avant les OPR que les équipements et installations sont conformes aux attentes. En majorité, ces autocontrôles sont plutôt pratiqués sur des chantiers de tertiaire ou de logements collectifs pour lesquels de nombreux corps de métiers différents interviennent en parallèle avec des temporalités différentes. À l'échelle du logement individuel, les entrepreneurs et artisans pratiquent l'autocontrôle de manière plus ou moins formalisée.

Dans le cadre du programme PROFEEL, le projet Procédures Internes, adapté notamment aux maisons, propose des fiches d'autocontrôles (actuellement 45 fiches) sur l'isolation des murs, d'un comble ou de toiture, d'un plancher bas, sur les menuiseries extérieures, sur le chauffage gaz, sur la PAC, la ventilation et sur la production d'Eau Chaude sanitaire :

<https://programmeprofeel.fr/ressources/45-fiches-pour-faciliter-lautocontrole-des-travaux-de-renovation-energetique/>

Ce projet développe également une application « Check'reno », qui se veut un outil de gestion de projet et de pilotage interne de l'entreprise, de la conception à la livraison. Elle permet ainsi de vérifier les différents points d'auto-contrôle, et couvre toutes les étapes de la conception à la réception, en passant par la préparation du chantier, les travaux eux-mêmes et la mise en service. L'outil s'adresse à des entrepreneurs qui travaillent notamment pour des particuliers pour la partie réception, mais l'autocontrôle peut être utilisé dans toutes les situations : Ainsi concernant la réception, les points sont formulés de manière à ce qu'ils soient aisément vérifiables et compréhensibles par le particulier. L'objectif est de sécuriser le projet et la satisfaction du client particulier à réception.

Les points de contrôle sont basés sur les grilles d'audit RGE confortées par le retour d'expériences proposé par le dispositif REX Bâtiments performants (REX BP), les besoins exprimés par les entreprises concernées (notamment CAPEB et FFB), les grilles d'audit RGE et, uniquement pour la partie réception, des particuliers (via l'INC). Chaque liste a été validée en groupe de travail avec les filières professionnelles concernées.

Cette application est basée sur des listes préétablies, mais permet aussi à l'entrepreneur de les adapter et de créer ses propres listes pour les points d'autocontrôle. À noter : les points d'autocontrôle faisant l'objet d'une non-conformité mineure ou majeure dans les fiches de contrôles des travaux RGE (dites « grilles d'audit RGE ») sont identifiés par un pictogramme.

Ci-dessous sont explicités comment l'autocontrôle, et Check'reno en particulier, peuvent s'articuler avec Sereine pour la vérification des équipements et l'enveloppe.

### 7.1/ EQUIPEMENTS

L'outil numérique de la solution Sereine 'Systèmes' a été conçu pour être utilisé par un tiers opérateur. Or, comme le protocole peut être réalisé sur la totalité ou une partie des installations et à différents stades de la réalisation, il est possible pour un artisan de l'utiliser pour l'autocontrôle et de vérifier uniquement l'équipement dont il a la charge, tout en laissant la possibilité à un maître d'œuvre de vérifier l'ensemble des systèmes, s'il le souhaite.

À noter toutefois que l'outil 'Systèmes' développé dans le cadre de Sereine est axé sur la vérification de la mise en œuvre et des réglages des équipements, en ciblant les points relevant de la performance énergétique.

À ce titre, il est complémentaire à des outils comme l'application Check'reno, qui couvre quant à lui un périmètre plus large que le seul contrôle de la performance énergétique (par exemple, sur la chaudière gaz, elle comporte beaucoup de points de vérification sur la sécurité) et moins exhaustif sur la performance énergétique.

## 7.2/ ENVELOPPE

### 7.2.1/AUTOCONTROLE PAR CHECK'RENO

La vérification de la performance sur l'enveloppe se distingue de celle sur les systèmes, par le fait qu'elle concerne plusieurs éléments de l'enveloppe, leurs interfaces et concerne ainsi plusieurs professionnels différents.

Dans l'application d'autocontrôle Check'reno, le parti pris des professionnels n'a été de gérer que leur lot, dont ils ont la responsabilité. L'avantage en auto-contrôle, pour l'entreprise est qu'en cours de chantier, l'isolation est encore visible. Ainsi, les vérifications sont visuelles et concernent bien toutes les étapes du chantier du devis (diagnostics de l'existant) à la réception.

Inversement les mesures d'étanchéité à l'air et la mesure de l'isolation globale Sereine concerne l'ensemble de l'enveloppe. **Les deux approches sont donc complémentaires.**

### 7.2.2/AUTOCONTROLE PAR THERMOGRAPHIE

La fiche-résumé de l'étude réalisée par le CDPEA sur l'inspection par les artisans de l'enveloppe du bâtiment à l'aide de camera thermographique à infrarouge fournit des recommandations sur les conditions pour lesquelles l'usage de la caméra thermographique est pertinent en autocontrôle des artisans, et pour quelles vérifications (CDPEA, 2012).

La thermographie est déjà utilisée actuellement dans les tests d'étanchéité à l'air par les artisans pour identifier les origines des fuites d'air ou dans le lot gros œuvre par les étancheurs pour vérifier que l'eau ne s'infiltré pas sous l'étanchéité.

Concernant la vérification de l'isolation de l'enveloppe, selon le CDPEA, la thermographie pourrait permettre au lot « menuiserie, charpente, fermetures » d'identifier des défauts de pose, comme le manque de joints d'étanchéité, des coffres de volets roulants mal isolés ou non étanches et de mauvaises fermetures.

Pour les lots « chauffage, plomberie » et « électricité, gros œuvre », la thermographie doit permettre de vérifier avant et après leur intervention, la non-dégradation de l'isolation de l'enveloppe, à savoir que le passage de canalisations ou d'équipements électriques n'a pas conduit à dégrader fortement la performance thermique de l'enveloppe, c'est à dire une réduction de moins de 30 % de l'épaisseur de l'isolation. Cette réduction d'épaisseur correspond à la limite de détection des caméras actuelles (résolution maximum de 0,1°C) pour des différences de températures intérieure/extérieure de 10° à 15°C minimum.

La thermographie pour le lot « Isolation, plâtrerie » permet de valider l'état des parois après son intervention et avant celle de la plomberie/électricité. Enfin, le lot « façade et couverture » peut s'accompagner d'isolation extérieure et la vérification par thermographie permet également de relever des revêtements non adaptés (notamment en termes d'étanchéité à l'eau).

Pour que ces autocontrôles soient réalisables, le CDPEA recommande que les conditions suivantes soient réunies :

- ✓ Formation préalable de l'artisan à l'outil pour la compréhension des phénomènes dynamiques mis en évidence ;
- ✓ Matériel d'une résolution suffisante : résolution thermique NETD maximal de 0,1°C pour pouvoir visualiser les écarts de températures liés à des défauts d'isolation et résolution spatiale 320X240 ;

- ✓ Thermographie de l'intérieur pour mieux maîtriser les perturbations par rayonnement direct d'une source lumineuse comme le soleil ou pour s'affranchir de l'inertie thermique des parois extérieures, le cas échéant ;
- ✓ Travail en régime stationnaire pour éviter les effets dynamiques : temps couverts, éviter les changements de température plusieurs heures avant l'inspection et prendre en compte le temps de déphasage des isolants et l'inertie du bâtiment ;
- ✓ Écart de température suffisant entre l'intérieur et l'extérieur de 15°C pour une résolution de caméra de 0,1°C. Toutefois, des défauts d'isolation importants (type paroi non isolée par rapport à une paroi correctement isolée) peuvent être identifiés avec un écart de moins de 10°C. Une résolution de caméra de 0,05°C permet de travailler avec un écart de moins de 10°C.

Ces conditions ne sont pas toujours réunies, notamment l'écart de température intérieure/extérieure et les conditions stationnaires. Pour cela, il faudrait un système de chauffage, qui ne peut pas être celui en place avant l'intervention du plombier ou de l'électricien.

**Le test SEREINE semble réunir les conditions adéquates pour l'autocontrôle par thermographie, puisque l'on impose un différentiel de température de plus de 10°C et que si l'on intervient en fin de test, avant la décroissance de température, on se situe dans un régime quasi-stationnaire.**

## 8/ CONCLUSION

Même si la solution SEREINE est modulaire, il paraît important de conduire l'ensemble des différents tests. En effet, une isolation bien conduite mais avec une étanchéité à l'air médiocre, comme on peut le rencontrer en rénovation, ne permettra pas d'avoir un confort suffisant et donc les économies escomptées.

Inversement, en rénovation, certains travaux sur l'enveloppe peuvent venir perturber la ventilation initiale en place (étanchéification par le changement de menuiserie, bouchage des trous de ventilation basse/haute dans les parois, etc.) sans qu'il y ait nécessairement eu des travaux sur la ventilation. En neuf, au vu des niveaux d'étanchéité à l'air de l'enveloppe visé, il faut s'assurer de la bonne ventilation pour le maintien de la qualité de l'air.

# PROFEEL

9 défis pour la rénovation énergétique

