



Certificat énergétique cantonal
des bâtiments

Performance Gap – Monitoring énergétique

Marion Camelin

17 février 2022



Sommaire



Sommaire

Introduction et définitions

Calcul du performance gap

Origines du performance gap

Monitoring énergétique

Quels fluides mesurés ?

APE

Audit CECB

Exercice

Conclusion



Introduction et définitions

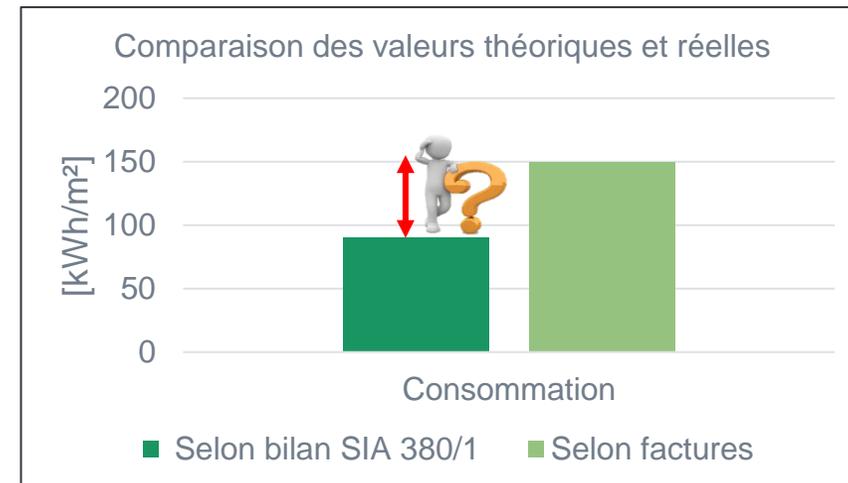


Le performance gap

Qu'ils s'agissent de bâtiments neufs ou rénovés, lorsque les valeurs de consommation de chaleur théoriques sont comparées avec les valeurs réelles, un décalage est toujours observé et celui-ci peut être conséquent.

C'est ce que l'on appelle le performance gap : écart entre les valeurs mesurées (factures, compteurs privés) et les valeurs théoriques (SIA, Minergie, etc.) calculées lors de la réalisation du projet de rénovation/construction.

Ces constatations sont faites aussi bien sur des bâtiments élaborés selon les normes que sur des bâtiments rénovés selon de hauts ou très hauts standards de performances énergétiques (Minergie, HPE/THPE, SNBS, LEED, etc.).





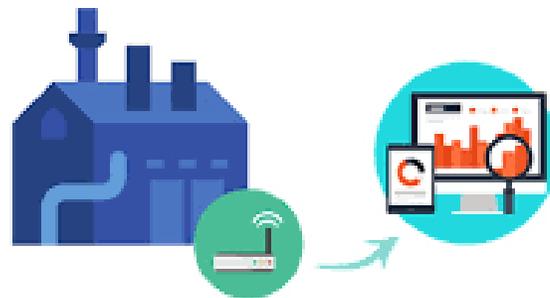
Le monitoring énergétique

Le monitoring énergétique comprend deux notions :

- Mesurage : mesure de la consommation/production d'un ou plusieurs fluides dans un bâtiment.
- Suivi : utilisation des données relevées pour suivre les consommations du bâtiment

Le monitoring énergétique va de l'analyse des consommations sur la base des factures annuelles des fournisseurs d'énergie à un suivi au quart-horaire avec de la télérelève.

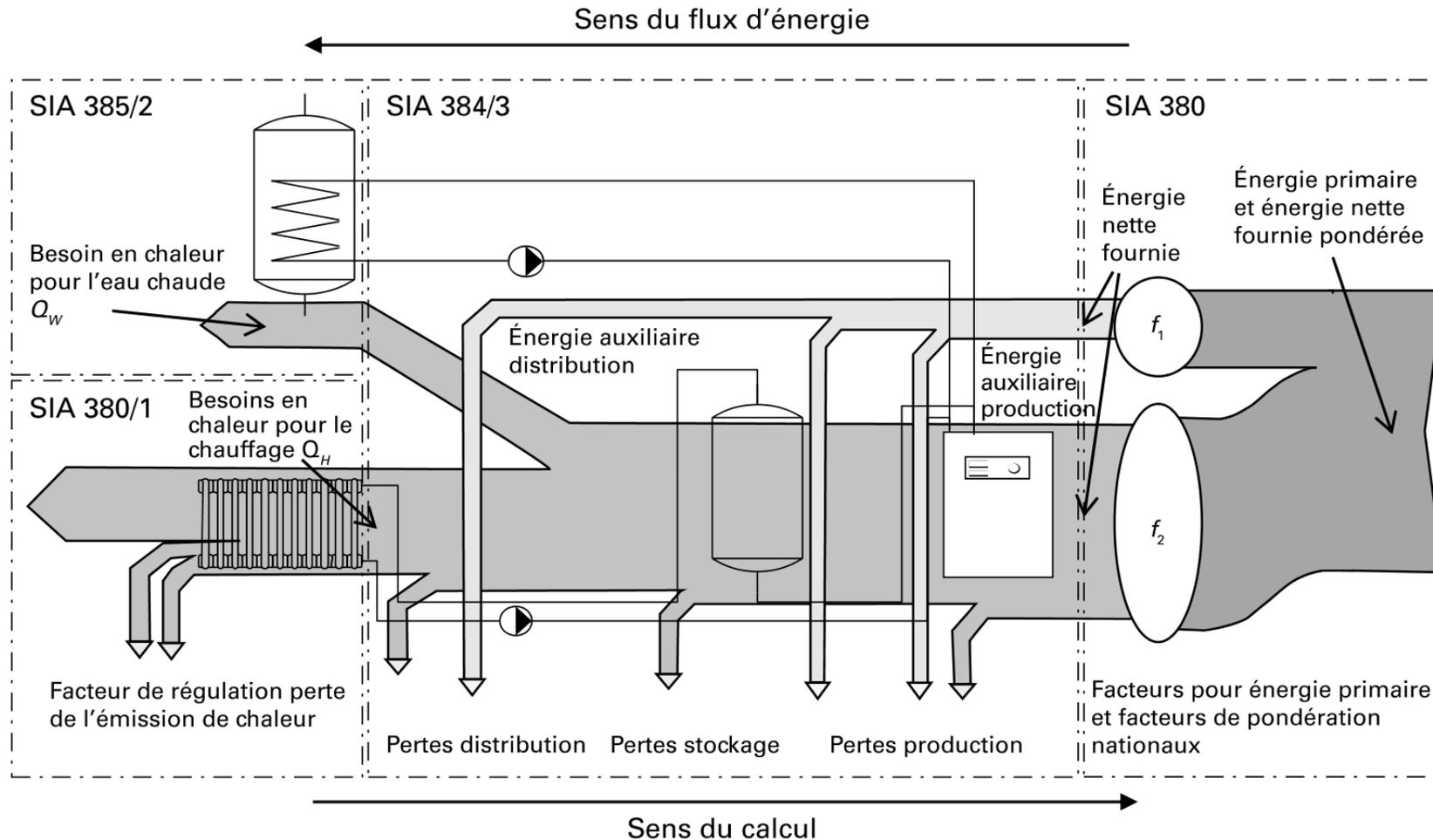
Certains labels rendent obligatoire le suivi des consommations, c'est le cas par exemple de Minergie pour les SRE > 2'000 m² et les bâtiments Minergie-A.



Energie primaire, finale, etc.

Schématique issue de la norme Installation de chauffage dans le bâtiment SIA 384/3:2020 :

Figure 1 Délimitation et sens du flux d'énergie et du calcul (représentation schématique)





Calcul du performance gap



Le performance gap

Dans un premier temps, il faut déterminer le performance gap. Or il s'agit d'un calcul :

Valeur de consommation réelle – Valeur de consommation théorique

Il est intéressant de déterminer l'écart absolu (kWh ou kWh/m²) et l'écart relatif (%).

Cependant, le calcul des deux valeurs prises en compte comprend, comme tout calcul, des hypothèses et des biais. Il est important de les définir afin de pouvoir ensuite analyser correctement le résultat et surtout ne pas comparer « des pommes et des poires ».

Attention dans les deux cas à ne pas additionner des énergies de types différents (électricité, thermique) sans convertir en **énergie primaire**.

Il est en général plus pertinent de garder le détail dans les valeurs théoriques mais tout dépend des consommations disponibles dans l'état réel.



Le performance gap – Consommation théorique

Etape 1 : Calculer la consommation théorique du bâtiment

Quelles sont les données à ma disposition : type de données et niveau de détail (bilan thermique, formulaire d'autorisation de construire, etc.) ?

→ **Quels sont les biais/hypothèses de mon calcul de consommation théorique ?**

Voici quelques exemples, chaque cas étant particulier, il convient de lister les hypothèses pour chaque projet :

- Consommation de chauffage : Le Q_h du bilan thermique est un besoin au niveau de l'émetteur. Il convient d'ajouter des pertes de conduite, de stockage (si un accumulateur est utilisé) et un rendement de production, si ma consommation réelle est par exemple la quantité de gaz.
- Consommation d'ECS : Le Q_w de la 380/1 est un besoin au niveau du robinet. Il convient d'ajouter des pertes de stockage, de distribution et de production.
- Performance de la production de chaleur : Quelle valeur prendre (fabricant, formulaire EN 101-b, etc.) ?
- Ventilation : Comment le débit thermiquement actif a-t-il été calculé ?



Le performance gap – Consommation réelle

Etape 2 : Calculer la consommation réelle du bâtiment

- Quelles sont les données à ma disposition : type de données (factures, relevés de compteurs), type de fluide et leur fréquence ?
- Quelles consommations sont incluses dans ces données ?
 - **Quels sont les biais/hypothèses de mon calcul de consommation réelle ?**

Exemple de problématique :

- Chauffage par une PAC mais sans compteur électrique dédié → Difficile d'utiliser le compteur électrique → Est-ce qu'il y a un compteur de chaleur en sortie de PAC ? Si oui, attention car le rendement de production ne sera pas inclus dans ma consommation !
- Chauffage aux pellets : Les quantités livrées sont connues et un ensoute est réalisé une fois par an → La quantité de chaleur théorique produite à partir de mon pellet peut être calculé. Mais quelle valeur de conversion utilisé pour le pellet ? Par exemple, la SIA 380:2015 nous donne 5.5 kWh/kg de substance sèche, Energy-bois Suisse donne 4.8 kWh/kg → Avoir conscience que la consommation réelle se situe dans une fourchette. D'autant plus que la constitution des pellets varie (taux d'humidité, type de bois, etc.).



Le performance gap – Comparaison des consommations

Etape 3 : La comparaison entre les deux

A partir des hypothèses de chacun des calculs, déterminez si vous pouvez comparer les consommations telles quelles ou si des ajustements sont nécessaires.

Exemples :

- Ma consommation réelle se base sur un compteur de chaleur après la production de chaleur, deux options sont possibles : appliquer le rendement théorique à ma consommation réelle ou ne pas inclure de rendement de production dans le calcul de ma consommation théorique
- Production de solaire thermique : si une partie de l'ECS est produite par du solaire thermique, il faut corriger du rayonnement solaire de l'année de consommation réelle par rapport à l'ensoleillement considéré dans la simulation de la production théorique.
- Chauffage : Correction selon les ECT (Ecart cumulé de température, SIA 380:2015) ou selon l'ancienne méthode des DJU (degrés jours unifiés) des consommations réelles en fonction de la station météo choisie (SIA 2028).
- Récupération de chaleur sur air extrait : L'électricité de la PAC sur air extrait était-elle incluse dans le calcul de la valeur théorique ?



Origines du performance gap



Origines du performance gap

Le performance gap peut s'expliquer par plusieurs facteurs :

- Ecart lié à une **exécution de la construction** non conforme à ce qui était prévu dans le projet (g des vitrages différent de celui préconisé, PAC avec un COP différent, etc.).
 - Ecart lié à la **mise en service et l'exploitation** des équipements (ventilation toujours sur grande vitesse, panneaux solaires pas mis en service, etc.).
 - Ecart lié aux **comportements des utilisateurs**.
 - Ecart lié aux **hypothèses prises dans les calculs**.
- Objectif : Identifier dans chaque cas les facteurs à l'origine du performance gap et déterminer sur lesquels il est possible d'agir



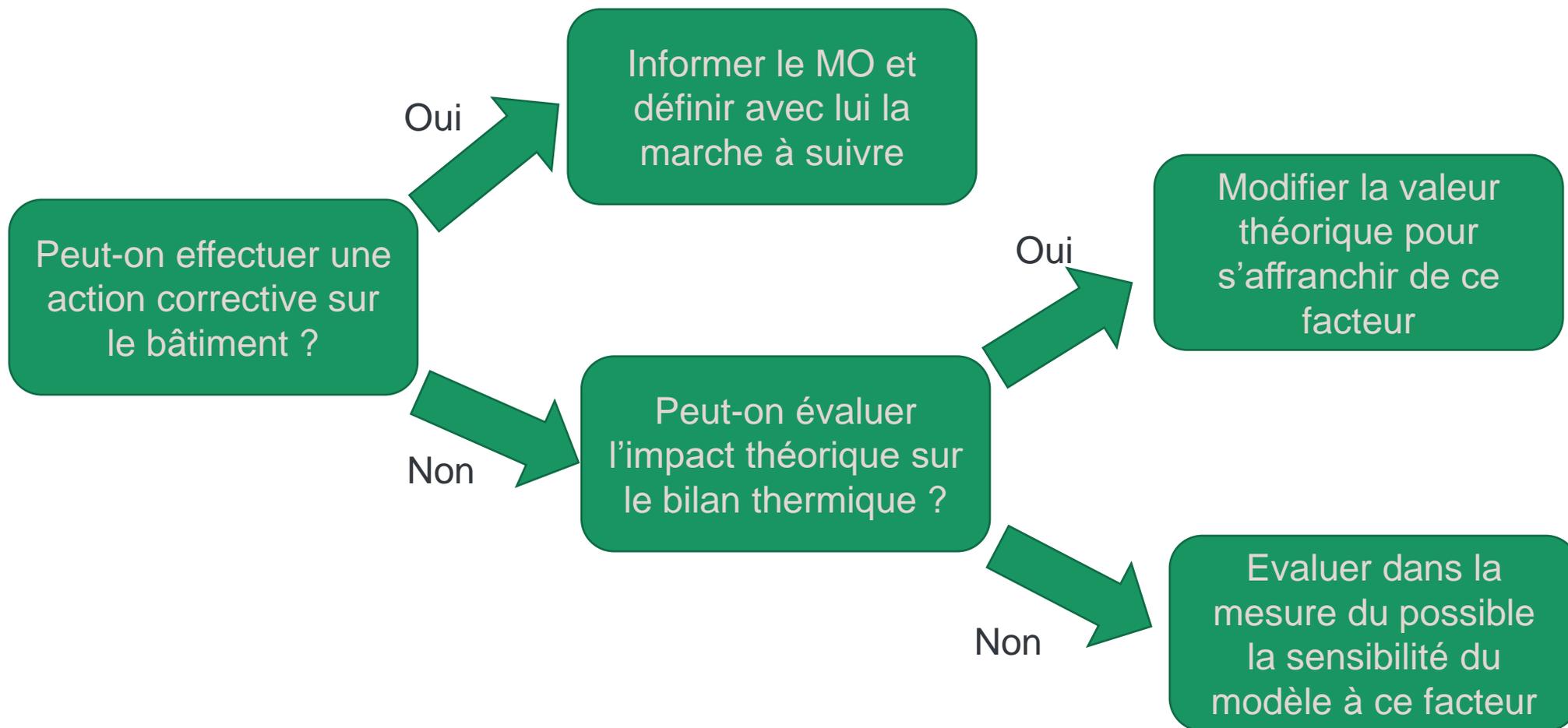
Ecarts liés à l'exécution des travaux

Le contrôle lors de la planification et de l'exécution des travaux des matériaux utilisés et des techniques de pose prend toute son importance.

Des contrôles par un spécialiste à des moments clés du projet et du chantier sont bénéfiques pour s'assurer du bon déroulé des travaux :

- Contrôle des soumissions : vérification de la présence de l'ensemble des recommandations concernant l'enveloppe et la technique (caractéristiques des matériaux, épaisseurs des isolants, valeurs de performance des équipements, etc.).
 - Contrôle des adjudications/devis des mandataires : même chose que pour les soumissions.
 - Sensibilisation du MO, de l'architecte et de la DT du fait que tout changement impactant l'enveloppe ou la technique doit être notifié au thermicien.
 - Contrôle pendant le chantier de la bonne exécution des travaux.
- Ces prestations ont un coût mais elles permettent de faire des économies par la suite

Certains labels ou programmes le prévoit dans leur processus. Par exemple : la certification SQM Construction de Minergie ou le programme AMOén des SIG à Genève ou la subvention AMO canton Vaud.





Ecarts liés à la mise en service / l'exploitation

En plus de générer des surconsommations d'énergie, une mauvaise mise en service des équipements techniques ou un paramétrage inadapté de ceux-ci a aussi bien souvent les conséquences suivantes :

- Perte de confort
- Usure accélérée des équipements
- Impacts financiers pour le propriétaire et les locataires

La première mesure pour éviter ces problématiques est d'impliquer les ingénieurs thermicien et CVC dans les mises en service et/ou contrôle des documents de mises en service.

La deuxième mesure est l'accompagnement par un spécialiste de l'exploitant du bâtiment afin d'optimiser la régulation et d'adapter les consignes à l'usage réel du bâtiment. En effet, bien souvent, les paramètres pris en compte au moment du projet ne correspondent pas forcément à la réalité (changement d'affectation, horaires d'utilisation différentes, etc.).

Cet accompagnement peut être réalisé sur 1 ou 2 an(s) ou plus en fonction du type d'affectation, de la complexité du bâtiment et du niveau technique de l'exploitant.

Certains labels ou programmes le prévoit dans leur processus. Par exemple : SQM performance ou exploitation de Minergie ou le programme AMOén des SIG à Genève.



Ecarts liés aux comportements des utilisateurs

Ce facteur est inévitable et prend plusieurs formes :

- Valeur théorique pas ou peu représentative de la réalité.
- Utilisateurs consommant beaucoup d'énergie de par ses habitudes : ouvertures des fenêtres, utilisation inadéquate des protections solaires, température intérieure $> 20\text{ °C}$, etc.
- Manque d'information de l'utilisateur sur le fonctionnement du bâtiment.

Dans tous les cas, l'information des utilisateurs est importante pour maîtriser les consommations. Cela peut prendre plusieurs formes : flyers, livret d'accueil, séance d'échange lors de l'emménagement (construction neuve), etc.

Le décompte individuel des consommations avec sa refacturation (DIFEE) est aussi une bonne manière de sensibiliser les utilisateurs. Dans certains cantons, il est obligatoire pour l'ECS et/ou le chauffage dans certaines conditions.



Ecarts liés aux hypothèses de calcul

Il n'est pas possible de se passer des hypothèses de calcul, ni de l'incertitude liée à la mesure de l'énergie. Cependant, les connaître permet d'établir une fourchette dans laquelle doit se situer la consommation et/ou de modifier le calcul théorique pour se rapprocher de la réalité sur des facteurs sur lesquels il est difficile ou impossible d'agir.

Exemples :

- Le besoin en ECS est souvent sous-estimé dans l'affectation collective. Si le bâtiment possède un comptage permettant de connaître la production de chaleur pour l'ECS, il est alors possible d'évaluer si le besoin théorique est en accord avec le besoin réel.
- Le comptage permet de calculer le COPa de la PAC : ce COP peut être utilisé dans le calcul théorique pour s'affranchir du facteur rendement.
- Le bilan thermique 380/1 définit une température de 20 °C intérieure ce qui est rarement le cas dans les bâtiments exploités : l'écart est-il justifié ? Si oui (Ex : 21 °C), le bilan théorique peut être modifier pour voir l'impact de ce facteur. Sinon (ex : 24 °C), une mesure corrective peut être mise en place.



Le Monitoring énergétique



Monitoring énergétique

Pour calculer le performance gap, il est indispensable de connaître les consommations réelles du bâtiment.

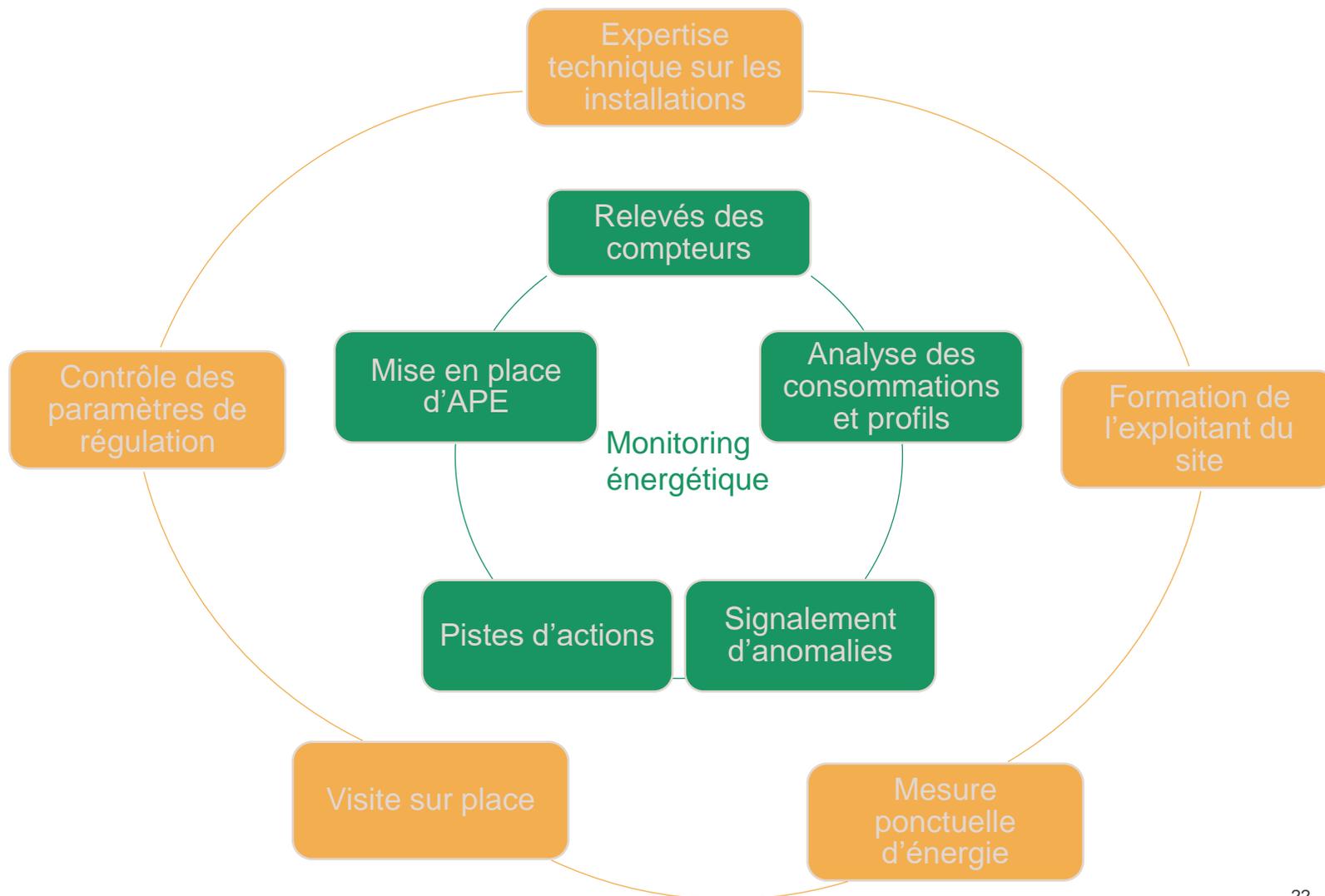
Les factures des fournisseurs d'énergie sont un moyen d'y parvenir. Cependant, celles-ci sont bien souvent insuffisantes pour analyser et optimiser les consommations de par leur fréquence (mensuel au mieux) et de leur niveau de détail (vision globale du bâtiment).

Par exemple, si le bâtiment est chauffé par une PAC et qu'un seul compteur électrique global est disponible pour le bâtiment, il ne sera pas possible de suivre précisément les consommations dédiées au chauffage,

C'est pourquoi il est important au moment du projet de réaliser un concept de monitoring afin de permettre le suivi du bâtiment une fois construit.

Il est aussi possible pour les bâtiments existants d'ajouter des compteurs. Pour la chaleur, où les modifications hydrauliques peuvent vite rendre les coûts d'installation prohibitif, pensez aux compteurs non intrusifs (débit mètre à ultrason, sonde de température en applique sur la conduite).

La mise en place d'un monitoring énergétique permet d'avoir un cercle vertueux de suivi du bâtiment. Il peut en complément être accompagné d'une assistance à l'exploitation qui permettra d'apporter un support technique à l'exploitant pour l'élaboration et la mise en place des Actions de Performance Energétique (APE).





Monitoring énergétique : Mise en place

1. Choix des fluides à monitorer et du niveau de détail souhaité
2. Choix du mode de relève des données :
 - Manuel : peu fiable, manque de régularité, etc. → Pas recommandé
 - Automatisé : régulier, permet la mise en place d'alertes, etc.
3. Choix de la technologie pour la télérelève des données :
 - Compteurs y compris la précision de la mesure
 - Centrale de lecture : Permet d'accéder aux données sur place (centrale M-Bus, supervision, etc.)
 - Concentrateur : Module permettant de transmettre les données vers l'extérieur
 - Connection internet (RJ45, Wifi, données mobiles, LoraWan, etc.)
 - Envoi des données : technologie (envoi ftp, e-mail, API, etc.) et format des données
 - Réception et stockage des données (NAS, serveur, clouds, etc.)
 - Attention à la compatibilité de l'ensemble des équipements !

→ Contacter les SI, certains peuvent transmettre les données de leurs compteurs télérelevés
4. Logiciel/Plateforme web permettant l'affichage et l'analyse des données



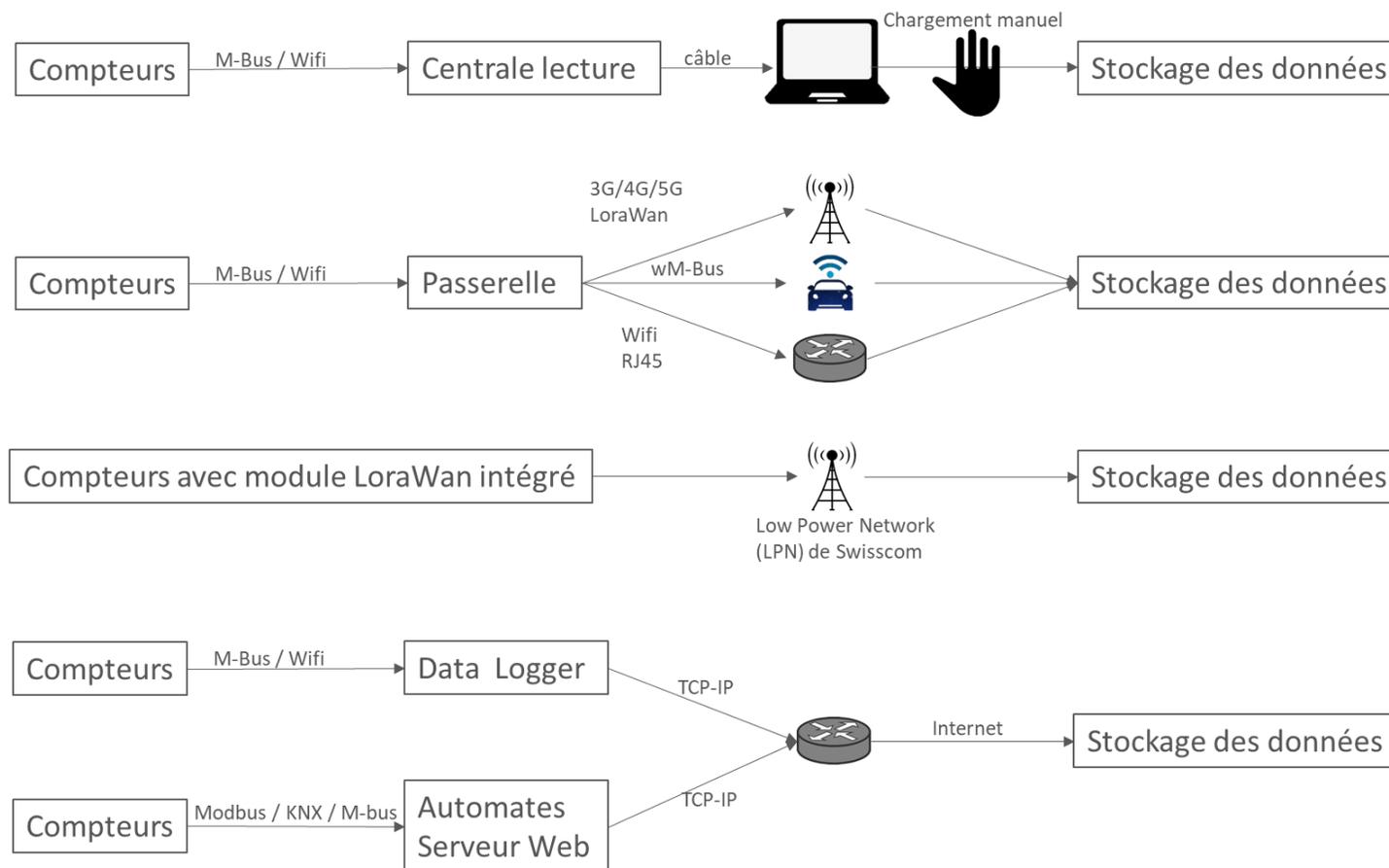
Monitoring énergétique : Les compteurs

Les compteurs sont des instruments de mesure qui répondent ou non à certains critères :

- Certification MID (directive européenne 2014/32/UE) ou METAS (conformité nationale pour la suisse)
- Classes de précision
- Alimentation par M-Bus ou par pile → Attention à la durée de garantie pour la pile : changer la pile coûte quasiment aussi cher que remplacer le compteur → Garantie de pile de minimum 8-10 ans
- Protocole de communication :
 - Impulsion : compte les impulsions électriques émises lorsque l'index incrémente → moins fiable car possibilité de rater des impulsions ou de perturbation électromagnétique faussant le compte
 - M-Bus : Transmission de la valeur de l'index en interrogeant directement le compteur → Plus fiable Attention au compteur affichant M-Bus mais étant en réalité muni d'un module convertissant les impulsions en données M-Bus
 - Mod-Bus : même principe que le M-Bus mais protocole différent → en général pour les compteurs de type industriel.

→ Le choix du compteur influence la qualité de la mesure et la durée de vie du matériel

Monitoring énergétique : La transmission des données



Attention à la capacité du matériel : nombre de compteurs lus et mémoire local de stockage (important en cas d'interruption de la transmission)

Centrale de lecture :



Relay : Masterfamily W60



Aquametro : Ambus Log Serie

Passerelle :



GWf : CMeX11 + CMe3100



Smart-me M-Bus gateway

Data logger :



EMU : Data logger M-Bus



Viltrus electronics : Data logger MX3

Automate / serveur web :



SAIA PCD1 M2220



Weble : Wbox S485



Monitoring énergétique : Stockage et accès aux données

Pour que les données soient stockées et utilisées il faut définir :

- Un mode de réception : ftp push/get, e-mail, API, etc.
 - Un format de réception. Par exemple : un fichier csv. avec entêtes définies.
 - Une base de données où les données seront chargées et conservées (pensez au back-up)
 - Un lien entre la base de donnée et le logiciel ou la plateforme web permettant la visualisation et l’affichage des données
- A définir en même temps que le choix du matériel afin de s’assurer que tout est compatible !



Monitoring énergétique : les difficultés de mise en place

La télérelève des données, bien qu'existant depuis plusieurs années, est un élément assez récent dans le bâtiment et soulève les problématiques suivantes :

- Les éléments de la chaîne doivent être compatibles bien qu'en général fournis par des entreprises différentes : chauffagiste (compteur et en général centrale de lecture), sanitaire (compteur), électricien (compteur et câblage), gérance/propriétaire (abonnement internet), mandataire fournissant la plateforme d'affichage/d'analyse des données, etc.
- Lors de la mise en service, il est nécessaire de vérifier la chaîne de A à Z :
 - Les compteurs fonctionnent et notamment l'incrémentation de manière cohérente
 - La transmission des données est opérationnelle pour l'ensemble des compteurs
 - Les données sont bien stockées
 - La plateforme web/le logiciel d'analyse a bien accès aux données au format qui a été défini
- En cas de problème, il va falloir localiser l'endroit de la chaîne qui ne fonctionne pas → Plus il y a d'intervenants et de matériel de marques différentes, plus la gestion de la résolution de problème sera compliquée.



Monitoring énergétique : les difficultés de mise en place

Quelques difficultés fréquemment rencontrées :

- Problèmes de positionnement des sondes de température
 - Problèmes de blocage des débitmètres dû à une mauvaise purge des réseaux
 - Absence de vannes amont/aval → obligation de vidanger tout le circuit pour réparer...
 - Problème de surdimensionnement des compteurs thermiques par rapport aux gammes de débit réel
 - Compteur à impulsion : décalage entre le relevé de l'index sur place et la valeur reçue car impulsions perturbées électromagnétiquement
 - Compteur non raccordé, par exemple câbles coupés par le calorifugeur
 - Coefficient TI non pris en compte dans le calcul de l'index et de la puissance
 - Compteur biénergie : ne transmet pas les données des deux mesures
 - Compteur 3G qui ne capte pas / Absence d'abonnement internet
 - Réception courbe de charge au lieu de l'index
- **L'intégration du monitoring en amont dans le projet permet d'anticiper ces problématiques et de maîtriser les coûts**

Le module monitoring de Minergie et Monitoring Minergie+ permettent de faciliter cette mise en place.



Monitoring énergétique : Utilisation des données

1. Alertes de réception des données → Evite la perte de données sur de longues périodes en cas de problème de connexion ou de compteur défectueux
2. Contrôle des données → Correction/suppression des valeurs incohérentes → Base fiable pour l'analyse
3. Utilisation des données :
 - Visualisation :
 - Représentation technique à l'attention d'un public averti (technicien, mandataire technique, etc.)
 - Représentation « ludique » à l'attention des utilisateurs par exemple
 - Analyse :
 - Performance gap
 - Benchmark avec bâtiment du même type
 - Comparaison avec le climat (signature énergétique, etc.)
 - Rendement des installations techniques
 - Etc.



Monitoring énergétique : Utilisation des données

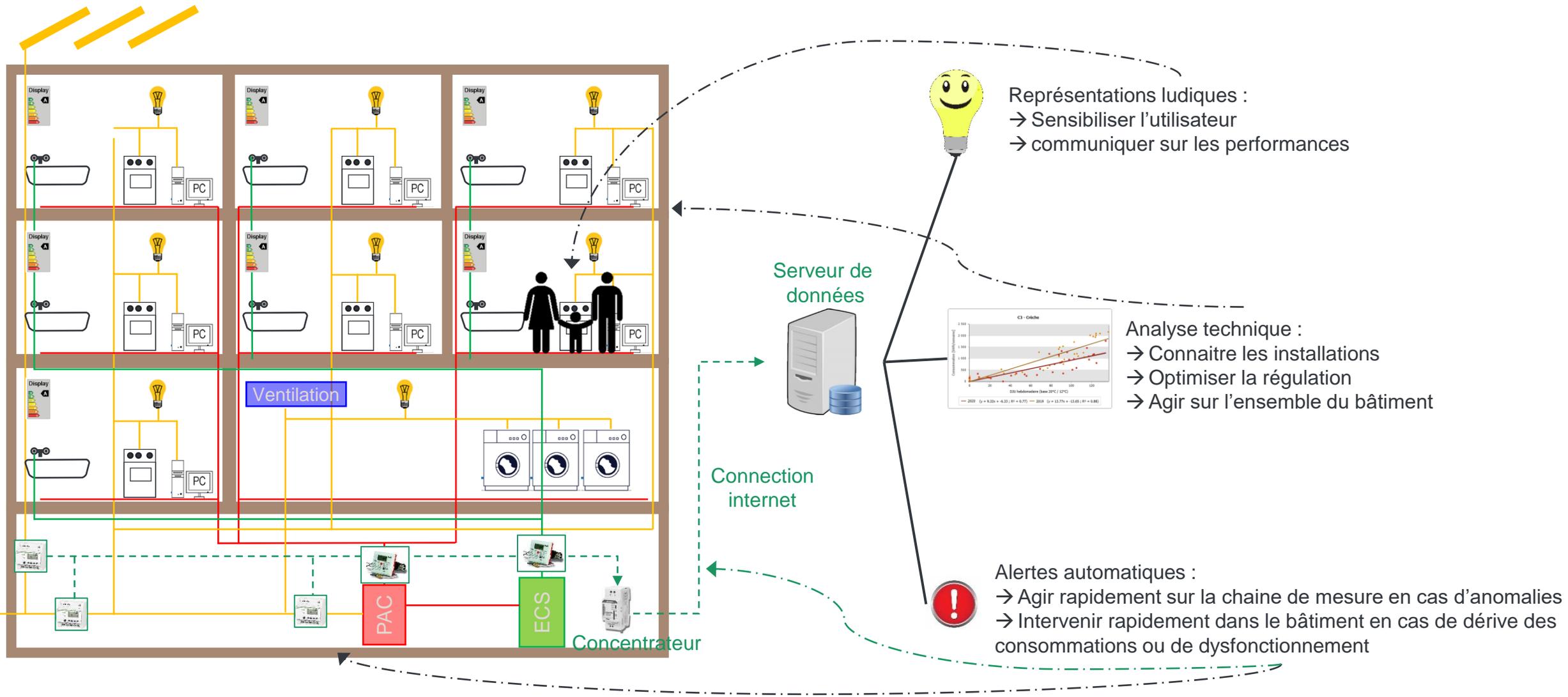
– Problématique :

- Peut-on utiliser la surveillance où et quand on veut ?
- Peut-on faire ce qu'on veut avec les données de mesure ?

– Principes :

- Evaluer chaque situation au début d'un projet : qui est le client ?, Y-a-t-il des locataires ?, etc.
- La nature des données collectées doit être clairement définie (type, fréquences relevés, etc.).
- L'utilisation des données collectées doit être clairement définie (publication, analyse, etc.).
- Informer le propriétaire / les locataires d'éventuels coûts d'exploitation du système de télérelève.
- Respecter les lois/directives sur la protection des données en vigueur au moment de l'établissement du projet. La loi fédérale sur la protection des données (LPD) en vigueur à l'heure actuelle est disponible ici : <https://fedlex.data.admin.ch/filestore/fedlex.data.admin.ch/eli/fga/2020/1998/fr/pdf-x/fedlex-data-admin-ch-eli-fga-2020-1998-fr-pdf-x.pdf>

Monitoring énergétique : Schématisation





Monitoring énergétique : Avantages financiers

Une autre dimension de la pose de compteurs est la possibilité de refacturer aux locataires ou de bénéficier d'avantages : Un aspect non négligeable pour convaincre le client.

Par exemple :

- Compteur d'eau sur l'eau chaude sanitaire : possibilité de refacturer la quantité d'eau dans le décompte de chauffage
- Compteur électrique sur l'électricité de la chaufferie (pompes, chaudière bois, etc.) : possibilité de refacturer la quantité d'électricité dans le décompte de chauffage
- Compteur d'eau SI sur l'arrosage : exemption de la taxe d'épuration
- Compteurs individuels d'eau froide et/ou individuel d'ECS et/ou de chauffage : Refacturation aux locataires selon le DIFEE (Décompte individuel des frais d'eau et d'énergie) → Etablissement d'un décompte de chauffage selon les consommations → Sensibilisation des locataires à leur utilisation d'énergie → Impact sur leur comportement
- Etc.

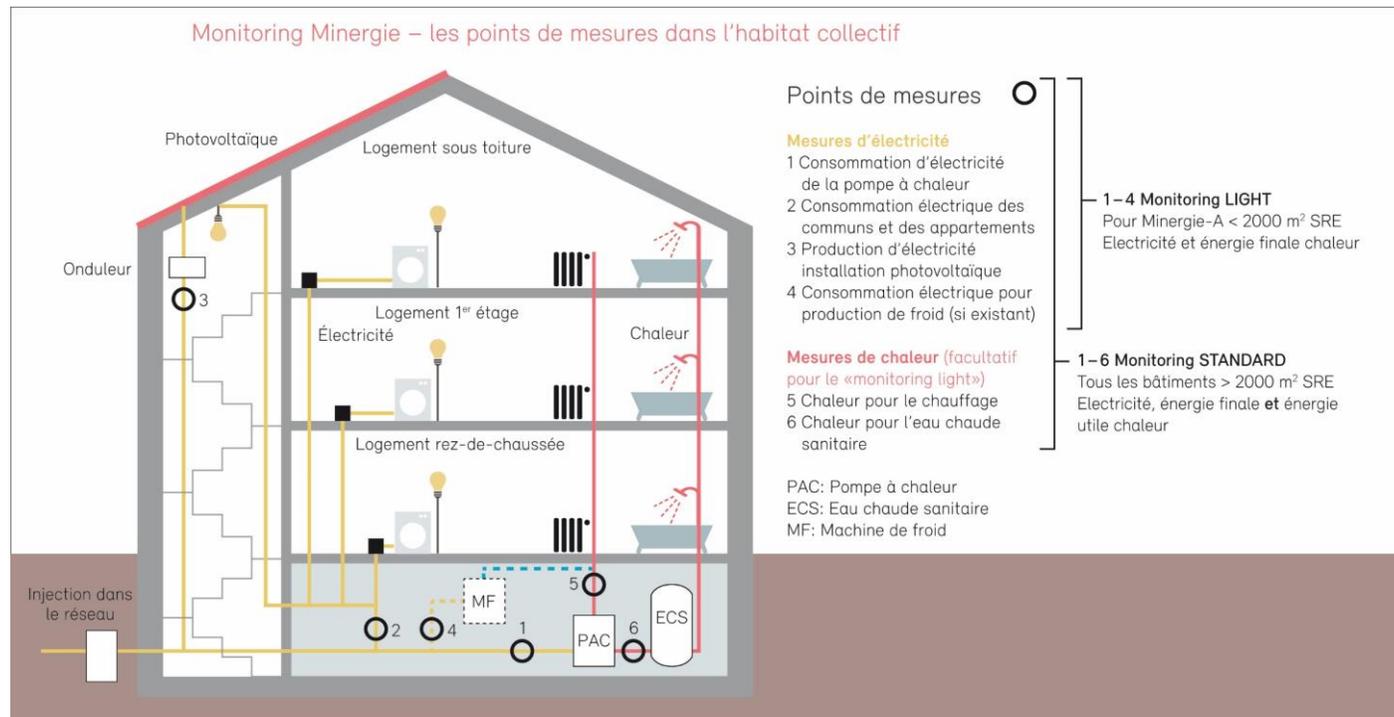


Quels fluides mesurés ?

Quels fluides mesurés ?

Le choix des fluides à mesurer dépend de chaque projet notamment de l'affectation du bâtiment, de sa complexité technique et de sa taille. L'objectif de la mesure et les besoins du client (par exemple pour la facturation) sont aussi à prendre en compte lors de l'élaboration du concept de monitoring.

A titre indicatif, Minergie, lorsque le monitoring est obligatoire, impose la mesure des consommations suivantes :





Quels fluides mesurer ?

Dans la majorité des cas, le minimum indispensable pour réaliser un suivi pertinent est le suivant :

- Production de chaleur/froid :
 - Un compteur dédié au fluide entrant
 - Au minima un compteur à la sortie de la production et idéalement un compteur par départ de types différents
- Solaire photovoltaïque : Compteur sur la production totale
- Solaire thermique : Compteur sur la production totale
- ECS : compteur sur la fourniture de chaleur et idéalement un compteur sur la quantité d'eau froide utilisée.
- Electricité : Tout usage spécifique peut être intéressant à monitorer. Exemple : alimentation des monoblocs, entrée/sortie d'onduleurs, etc.
- Eau froide : Tout usage spécifique peut être intéressant à monitorer. Exemple : arrosage, restaurant, etc.



Quels fluides mesurer ?

Il est à noter que l'habitat individuel a, en règle général, des installations beaucoup plus simple techniquement et que le besoin de monitoring n'est donc pas le même que pour les autres affectations. Une analyse sur la base des factures, le retour de l'occupant et une visite sur place pour vérifier/adapter le paramétrage est plus appropriée que le déploiement de compteurs supplémentaires à ceux des services industriels, à l'exception par exemple de la consommation électrique de la PAC.



APE

Actions de Performance Energétique : actions ayant pour but de réaliser des économies d'énergie.

Dans le cas du monitoring et de l'assistance à l'exploitation, l'objectif est de proposer des actions demandant peu d'investissements et en conservant les installations en place, à moins qu'elles soient vétustes :

- L'économie ne doit pas se faire au préjudice du confort ni mettre en danger la sécurité des utilisateurs.
- Dans certains cas, il est préférable de réaliser une APE en plusieurs étapes afin de ne pas modifier de manière trop importante l'environnement des utilisateurs.
- Il est important de toujours être à l'écoute du retour des utilisateurs tout en contrôlant la pertinence de celui-ci. En effet, quelque soit la régulation réalisée, une partie des utilisateurs se plaindra (trop froid, trop chaud, courant d'air, etc.). La proportion de plaintes doit cependant être minime.



Quelques exemples d'APE parmi d'autres

- Adaptation des consignes et programmes horaires à l'utilisation du bâtiment.

Exemples :

- Adaptation de la ventilation d'un bâtiment pendant la période Covid (5 monoblocs – 28'000 m² SRE) : 2'000 kWh électriques/semaine et 3'700 kWh thermiques/semaine
 - Modification des horaires de ventilation sur un bâtiment de 12'800 m² : 132'000 kWh électriques/an sans péjorer le confort ou la qualité de l'air et sans compter les gains chaud/froid induits.
 - Réduit sur la ventilation d'un bâtiment administratif de 21'700 m² pendant les vacances de Noël : 4'000 kWh électriques économisés, sans compter les gains chaud/froid induits.
- Fermeture des bypass chaud et froid hydraulique

Exemple : sur le circuit des ventilo-convecteurs d'un bâtiment de 28'000 m² de SRE : 22'000 kWh électrique, soit 9 % de la facture SIG.



Quelques exemples d'APE parmi d'autres

- Réglage du ou des producteurs de chaleur.

Exemples :

- Adaptation de la régulation de la production de chaleur pour privilégier les 2 PAC sur eau du lac à la chaudière gaz :
 - Diminution des consommations de gaz de 60 % entre 2016 et 2020
 - Amélioration du COP des PAC : de 3 en moyenne à 4.5
- Modification de la chaudière :
 - Fermeture bypass collecteur chaud
 - Abaissement puissance brûleur
 - Réduction de la plage de pilotage de la température de chaudière
 - Amélioration du rendement de chaudière de 30 %



Quelques exemples d'APE parmi d'autres

- Exemple d'APE groupées :
 - Reprise programmation chaud, protection solaire et clapets de free-cooling (FLAPS) sur un bâtiment administratif de 12'800 m² : 400'000 kWh chaud et 350'000 kWh froids économisés.
 - APE sur l'utilisation de l'eau d'un bâtiment administratif de 21'700 m² : réduction de l'arrosage, gestion du remplissage de secours des cuves d'eau de pluie et modification du paramétrage du déclenchement du secours froid du datacenter → 30 % d'économie d'eau.
 - APE impactant la consommation d'électricité pour la production de chaud/froid d'un bâtiment administratif de 21'700 m² : Débridage des PAC, ajout d'une consigne de température extérieure pour le déclenchement des PAC, arrêt forcé en été et réduits aux horaires d'inoccupation → 17 % d'économie d'électricité pour la production de chaud/froid.
 - Utilisation du géocooling en « direct » en période estivale à la place des PAC et modifications des horaires du monobloc d'un EMS → Passage sous le seuil grand consommateur d'électricité !



Performance gap : Etude d'Estia sur le parc Genevois

Estia a réalisé une étude intitulée « Efficacité et coût des actions de rénovation et d'optimisation pour les immeubles de logement ». Cette étude a notamment pour objectifs de faire un état des lieux de la situation énergétique des immeubles locatifs et d'analyser les résultats des rénovations effectuées.

Le tableau ci-dessous est issu de cette étude.

| | Gain réelle mesuré | | Gain théorique selon SIA 380/1 | | % de réalisation du gain par rapport au calcul théorique |
|-----------------------------|--------------------|------------|--------------------------------|-----------|--|
| | kWh/m ² | Recuuction | kWh/m ² | Reduction | |
| Monitoring and optimisation | 20 | 35% | 13 | 8% | 155% |
| Smart heating control | 14 | 11% | 14 | 9% | 100% |
| Replacement of windows | 6 | 5% | 35 | 22% | 18% |
| Roof Insulation | 10 | 8% | 17 | 11% | 62% |
| Boiler replacement | 12 | 9% | 13 | 8% | 91% |
| Wall insulation | 26 | 6% | 44 | 28% | 59% |
| Demand control ventilation | 8 | 6% | 10 | 6% | 84% |
| Solar DHW preheating | 5 | 4% | 10 | 6% | 55% |
| Global refurbishment | 45 | 32% | 100 | 64% | 45% |

- 1/3 de l'écart vient des mauvais réglages ou d'une mise en service défectueuse
- Les mesures ponctuelles et globales sont concernées par le performance gap



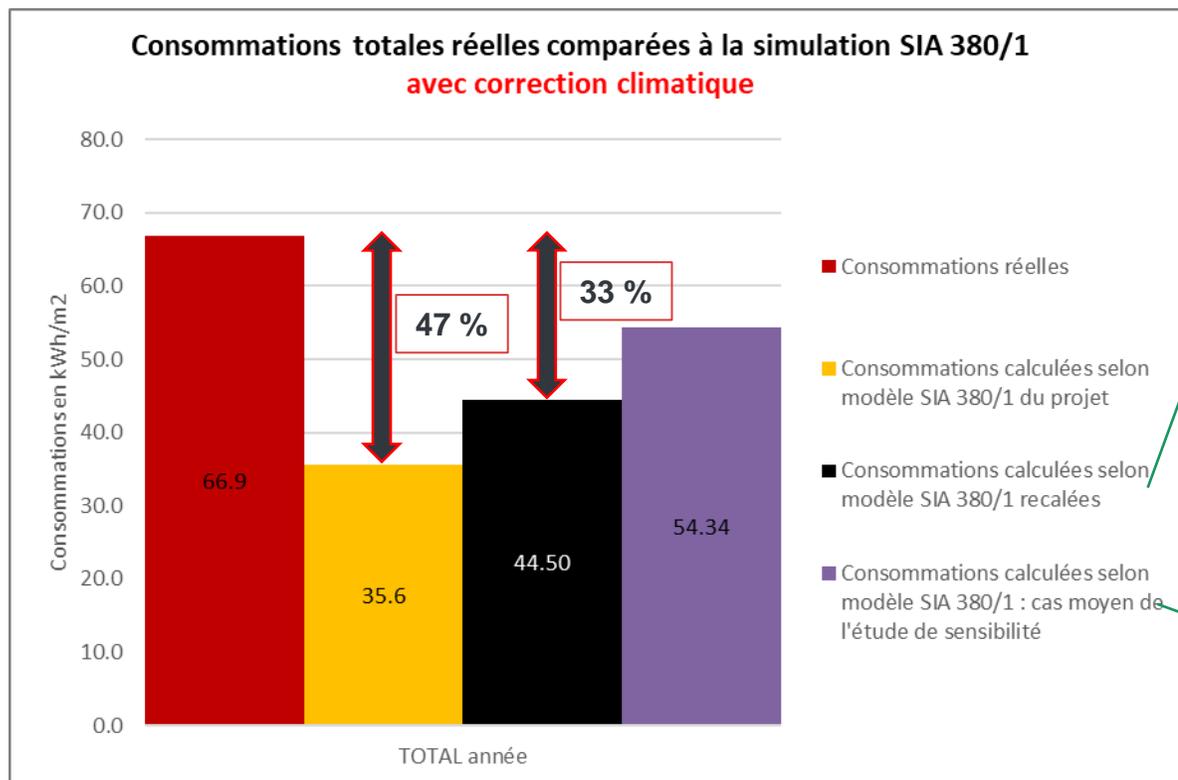
Performance gap : Exemple concret

- Bâtiment administratif
- Façade rideau avec double-peau
- SRE = 25'000 m²
- Construction neuve de 2016

Au début de l'exploitation du bâtiment, un écart important (47 %) a été constaté entre les valeurs annoncées pour l'autorisation de construire et les consommations réelles du bâtiment !

→ Réalisation d'une étude pour comprendre d'où vient l'écart et comment le réduire.

Performance gap : Exemple concret



Prise en compte de différences connues et quantifiables : prise en compte des COP réels, performance enveloppe, débit thermiquement actif ventilation, etc.

33 % d'écart au lieu de 47 % si le bilan Minergie n'est adapté à la réalité de l'ouvrage exécuté

→ Permet d'identifier la part du performance gap lié à l'exécution du bâtiment et à certaines hypothèses de calcul.

Observation de la sensibilité de paramètres pouvant influencer les résultats mais dont la valeur réelle n'est pas connue : capacité thermique, coefficient d'infiltration d'air, etc. → Représentation de la moyenne des variations observées pour l'ensemble des paramètres

→ Permet d'évaluer une fourchette de variation du modèle de laquelle peut découler une tolérance à l'écart.



Performance gap : Exemple concret

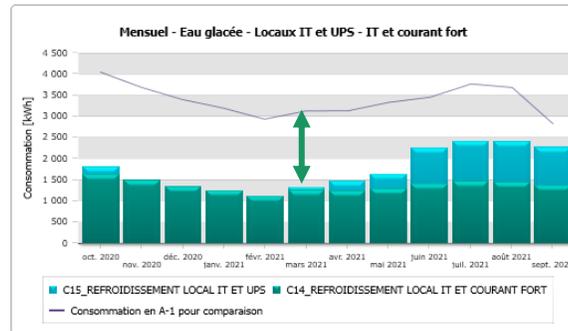
Quelles ont été les actions entreprises ?

- Remise en cause de l'exécution de certains éléments du bâtiment non exécuté tel que défini dans le projet (procédure judiciaire) avec action corrective (isolant manquant posé, etc.) → Les défauts au niveau de l'enveloppe sont en train de corriger : travaux conséquent pour mettre en conformité.
- Mise en place d'un suivi énergétique et proposition d'APE sur la régulation. Les observations et actions entreprises grâce au suivi ont par exemple été :
 - Modification des consignes ECS car les normes pour la lutte contre la légionellose n'étaient pas respectées → Ne constitue pas une économie mais est nécessaire pour la sécurité des utilisateurs
 - Optimisation des paramètres d'exploitation et réglage des débits des monoblocs
 - Signalements de fuites sur l'arrosage
 - Ajustement des températures de basculement en mode été/hiver
 - Augmentation de la température de départ des distributions d'eau glacée
 - Modification des consignes chaud/froid
 - Paramétrage de la gestion des stores

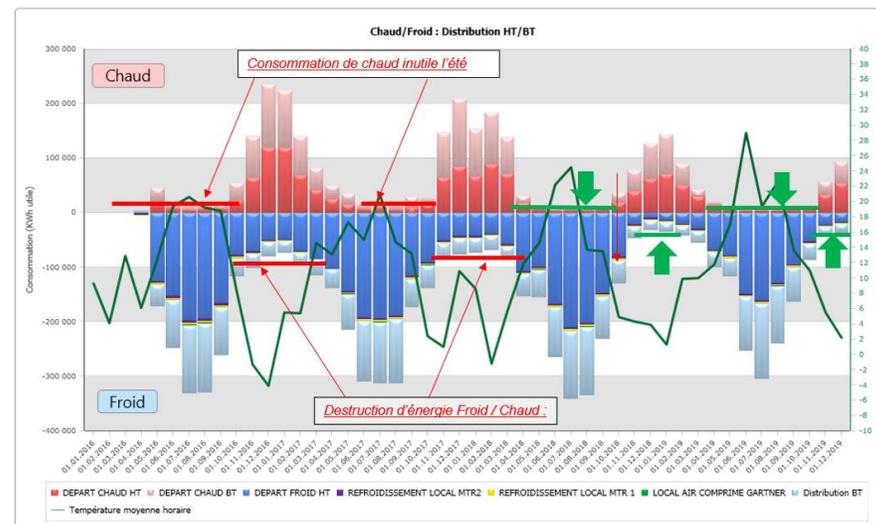
Performance gap : Exemple concret

Exemple d'impact :

- Modification des températures de consigne des locaux IT de 22 °C à 24 °C et fermeture des bouches de pulsion en hiver pour éviter de chauffer ces locaux → Economie de 22 %, soit environ 10'000 kWh de froid/an



- Modification de la régulation pour diminuer les problèmes de chauffage et climatisation simultanés :

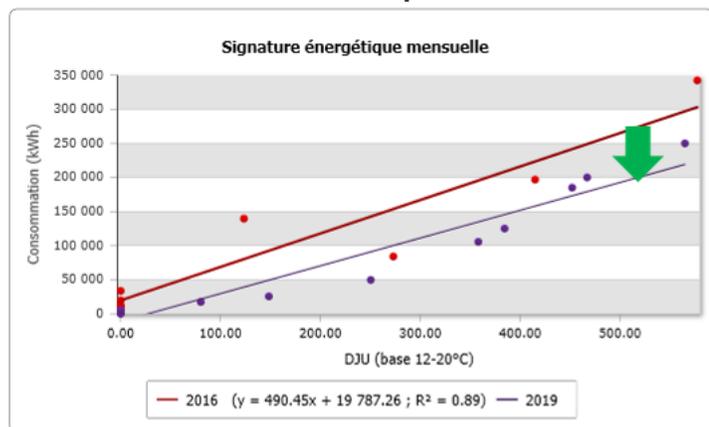




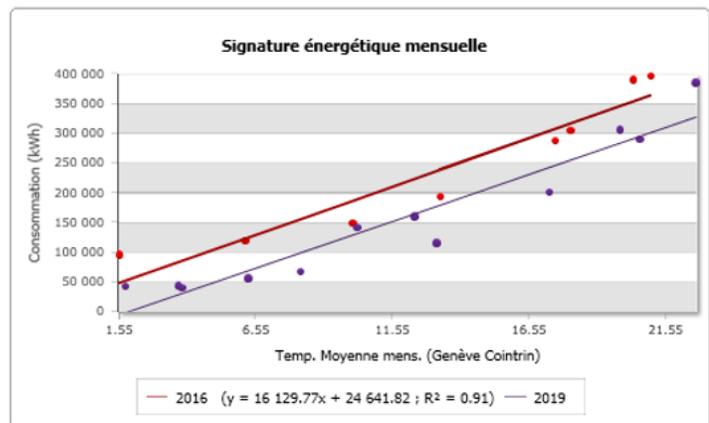
Performance gap : Exemple concret

Economie globale de chaud et de froid entre 2016 et 2019 (avant le contexte lié au covid) :

- Chauffage : -582'000 kWh/an, soit -37 % en prenant en compte le climat



- Climatisation : -704'000 kWh/an, soit -28 % en prenant en compte le climat





Audit CECB Plus



Audit CECB : Lien avec les notions précédentes

- La connaissance des paramètres liés au performance gap peut vous aider à mieux appréhender les écarts entre les besoins basés sur les consommations et les besoins calculés par l'outil pour correspondre à l'utilisation renseignée.

Contrôle de plausibilité ▾

| | Consommation [kWh/(m ² a)] |  Besoins adaptés à l'utilisation [kWh/(m ² a)] | Déviaton: conso. vs. besoins adaptés [%] | Besoins [kWh/(m ² a)], conditions standard V/A _ε = 1.4 m ³ /(hm ²) |
|-------------------------|---------------------------------------|--|--|---|
| Chauffage | 113 | 107 | +5 | 107 |
| Eau chaude | 32 | 31 | +4 | 31 |
| Chauffage et eau chaude | 145 | 138 | +5 | 138 |

- La réalisation d'audit CECB Plus est aussi l'occasion de faire des préconisations concernant l'exploitation des bâtiments et donc notamment leur régulation.
- Une meilleure connaissance des origines du performance gap permet de mieux conseiller le client dans les recommandations des travaux du CECB Plus afin de mettre en place les bons réflexes pour éviter le performance gap.



Visite d'audit CECB Plus

Voici une liste non exhaustive des informations à relever sur place et pouvant servir pour élaborer le CECB et établir des préconisations :

- Production de chaleur : relevé les consignes et le planning. La plupart des chaudières permettent d'accéder à ces informations en mode lecture sans avoir à saisir de code.
- Ventilation : si une ventilation mécanique est en place, en fonction de son type, regardez si elle est munie d'une programmation (supervision, horloge PV/GV, etc.) et comment elle est programmée.
- Panneaux solaires thermiques ou photovoltaïques : s'assurer que ceux-ci fonctionnent bien et faire un éventuel relevé des productions sur place. Les modules photovoltaïques sont généralement munis d'un affichage digital permettant de consulter la production instantanée, la production depuis le début, etc.
- Compteurs : Relevés la présence de compteurs autre que ceux des services industriels et demander au client si les relevés sont disponibles. L'obtention de ces consommations est précieuse pour l'analyse du bâtiment.

Certains compteurs permettent de consulter un historique de données (en général une par mois pendant un an), pensez à regarder si c'est le cas.



Audit CECB : « Caler son bilan »

Il est important lors de la réalisation du CECB de « caler son bilan » c'est-à-dire que l'écart entre les besoins calculés sur la base des consommations et ceux calculés dans la simulation CECB. **C'est la première étape dans la modélisation CECB une fois l'état initial saisi.**

Dans l'onglet « Résultats », le contrôle de plausibilité vous permet de rapidement vous faire une idée des écarts par énergie :

Contrôle de plausibilité ▾

| | Consommation [kWh/(m ² a)] | Besoins adaptés à l'utilisation [kWh/(m ² a)] | Déviatiion: conso. vs. besoins adaptés [%] | Besoins [kWh/(m ² a)], conditions standard V/A _ε = 0.7 m ³ /(hm ²) |
|-----------------------------|---------------------------------------|--|--|---|
| Chauffage | 145 | 218 | -34 | 218 |
| Eau chaude | 13 | 8 | +55 | 8 |
| Chauffage et eau chaude | 158 | 227 | -30 | 227 |
| Électricité incl. app. ext. | 9 | 20 | -53 | 22 |

Besoin couvert par énergie thermique solaire déduit (10 kWh/(m²a))
Besoins personnels moins électricité produite (3 kWh/(m²a)) / 3 kWh/(m²a))

→ **Tout écart supérieur à 20 % doit pouvoir être identifié puis corrigé ou expliqué.** Il n'y a pas d'obligation d'être inférieur à 20 % mais dans ce cas, l'écart doit être justifié dans le rapport.

→ Il est indispensable d'adapter votre bilan à l'utilisation réelle du bâtiment.



Audit CECB : « Caler son bilan »

Les notions présentées précédemment sur le performance gap peuvent vous aider à mieux expliquer/corriger les différences entre les besoins réels et la modélisation du CECB :

- Enveloppe thermique : valeurs U, des caractéristiques des vitrages, de l'ombrage, etc.
- Installation technique : rendement chaudière, isolation des conduites, etc.
- Paramétrage des installations : débit thermiquement actif de la ventilation, température intérieure, etc.
- Comportements des utilisateurs : nombre de personnes, consommation d'ECS importantes, etc.
- Hypothèses prises par exemple si vos données de consommations sont incomplètes



Audit CECB : « Caler son bilan »

Quelques trucs et astuces :

- Contrôler et tester l'impact de vos saisies des paramètres dans « Technique du bâtiment ».
- Pensez à contrôler dans l'onglet « Résultats intermédiaires » les valeurs des données standard d'utilisation (nombre de personnes, débit d'air, capacité thermique, etc.) et à les adapter si nécessaire.
- L'onglet « Calculateur SIA » donne une vision détaillée des valeurs du bilan thermique.
- La capacité thermique est fixée en fonction de la valeur choisie dans l'onglet information bâtiment (valeurs issues de la SIA 380/1:2009).

Type de construction du bâtiment

Type de plan

massive

mi-lourde

légère

ultra-légère

| Construction | Exemples | C/A _E |
|--------------|---|-----------------------------|
| lourde | – au moins deux des trois éléments thermiquement actifs (plafonds, planchers, toutes les parois) sont massifs et sans revêtement | 0,5 MJ/(m ² ·K) |
| moyenne | – au moins un des trois éléments thermiquement actifs (plafonds, planchers ou toutes les parois) est massif et sans revêtement – construction en bois massif: madriers | 0,3 MJ/(m ² ·K) |
| légère | – construction légère en bois: ossature bois | 0,1 MJ/(m ² ·K) |
| très légère | – construction métallique pour bâtiments industriels | 0,05 MJ/(m ² ·K) |



Recommandation dans vos rapports

Voici quelques recommandations génériques pouvant être faites dans les rapports CECB :

- Le suivi des consommations du bâtiment au minimum de manière annuel sur la base des factures.
- L'adaptation des réglages après toutes modifications sur l'enveloppe du bâtiment, les installations techniques ou de l'utilisation du bâtiment.
- La réalisation d'un équilibrage du réseau de chaleur après tous travaux entraînant une modification importante des performances énergétiques du bâtiment.
- La mise en place d'un monitoring énergétique avec optimisation des paramétrages de régulation pendant au minimum la première année pour toute rénovation globale de l'enveloppe et/ou le remplacement d'installations techniques.
- L'organisation d'une campagne d'information auprès des utilisateurs du bâtiment sur l'utilisation des installations techniques et sur les écogestes.



Quelques outils disponibles gratuitement

- Calcul COP d'une PAC : Effectuer un [PACesti](#) peut être un moyen d'avoir un COP plus représentatif de la réalité.
- Pertes conduites / Stockage : Le site [energieplus.be](#) propose deux Excel permettant de calculer ces pertes.
- Estimation production solaire photovoltaïque : [PVOpti](#)
- Estimation du bilan thermiquement actif : [En-101d](#)
- Appréciation des valeurs U des éléments existants : [Catalogues d'éléments de construction de la valeur U – Assainissement de l'OFEN](#)
- Outils gratuit de suivi des consommations et d'optimisation mis à disposition par la Conférence romande des délégués à l'énergie (CRDE) : [ConsoBat](#)



Exercice



Exercice

Etude de cas et établissement d'un concept de monitoring

1. Trois groupes sont constitués.
2. Chaque groupe travaille sur un projet différent (~20 min) avec comme pour objectif l'identification :
 - Des points de mesure intéressants pour l'analyse, la facturation, la sensibilisation, etc.
 - Des exemples d'analyse pouvant être faite avec les données.
 - Des exemples d'alertes de consommations dans le cas de télérelève.
 - Des exemples de contrôle des paramètres de régulation.
3. Chaque groupe présente son travail (~5-10 min).

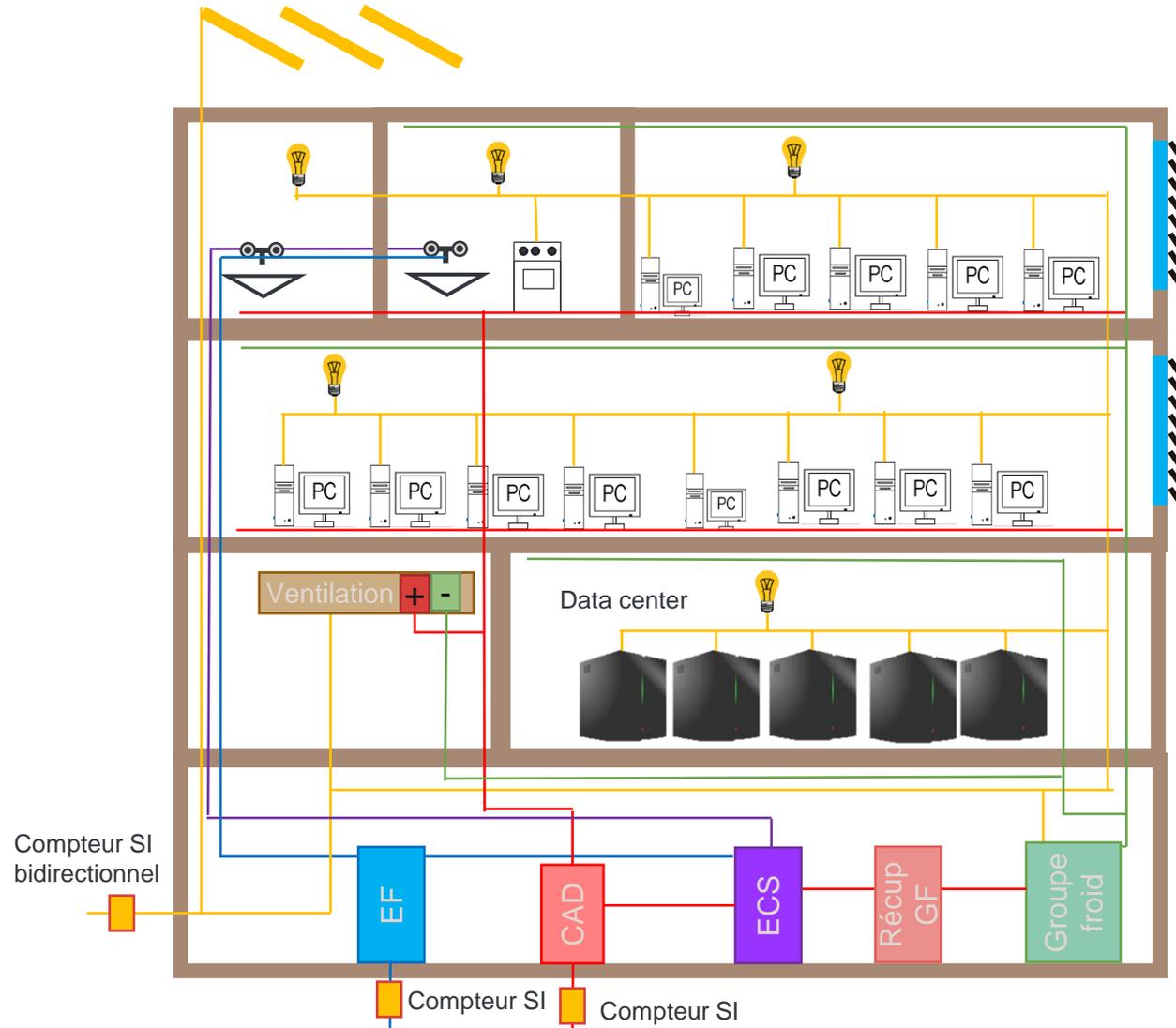


Cas n°1

Descriptif :

- Bâtiment administratif
- Bâtiment fermé le week-end
- Stores gérés par la supervision
- Chauffage à distance
- Climatisation de confort et de process
- Récupération de chaleur sur la production de froid pour préchauffer l'ECS
- Panneaux solaires photovoltaïques en autoconsommation, revente du surplus
- Ventilation double-flux avec récupération de chaleur et batterie chaude et froide

Cas n°1



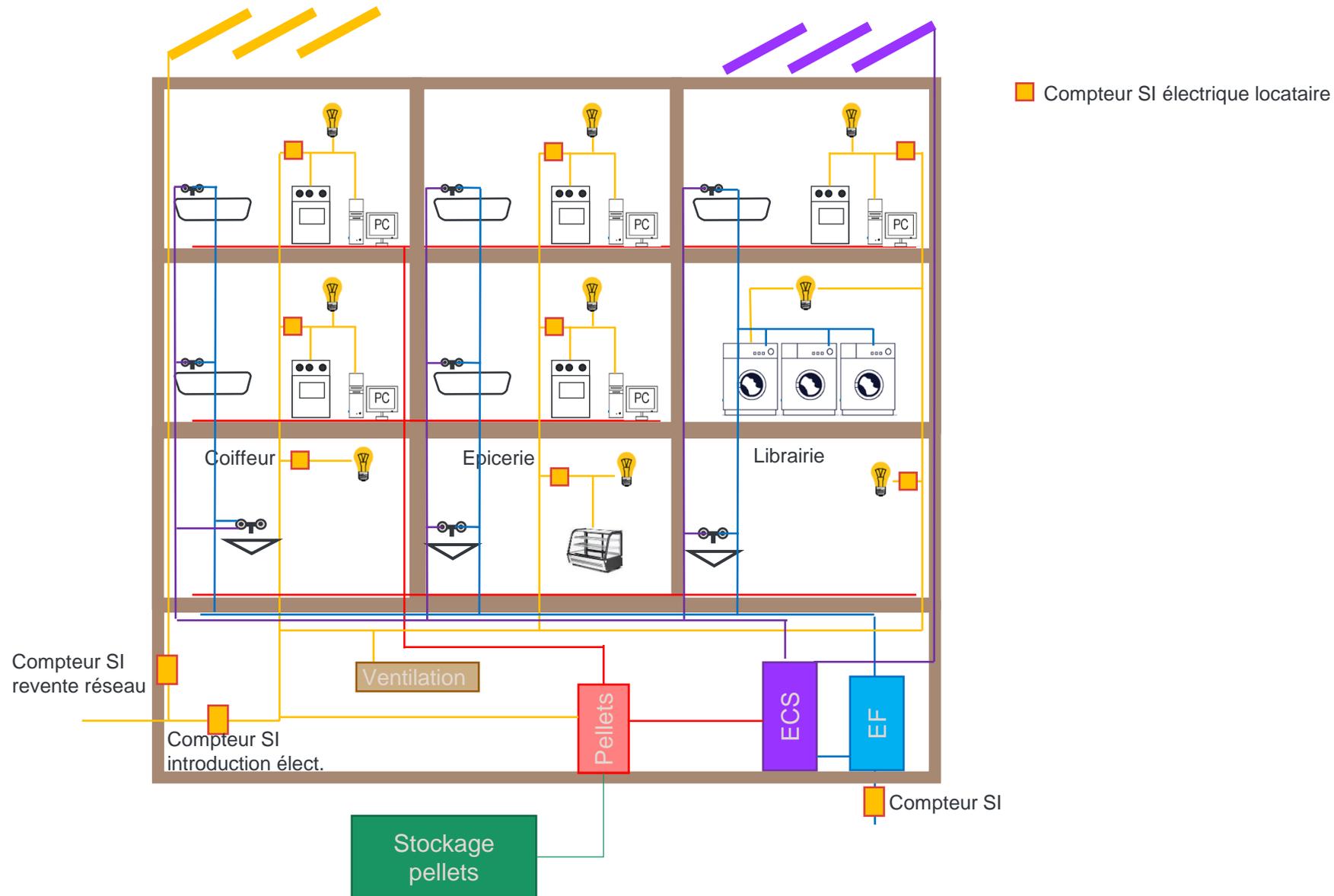


Cas n°2

Descriptif :

- Immeuble de logements avec commerces au rez-de-chaussée
- Chaudière à pellets
- Panneaux solaires photovoltaïques en revente sur le réseau
- Panneaux solaires thermiques
- Ventilation simple flux

Cas n°2

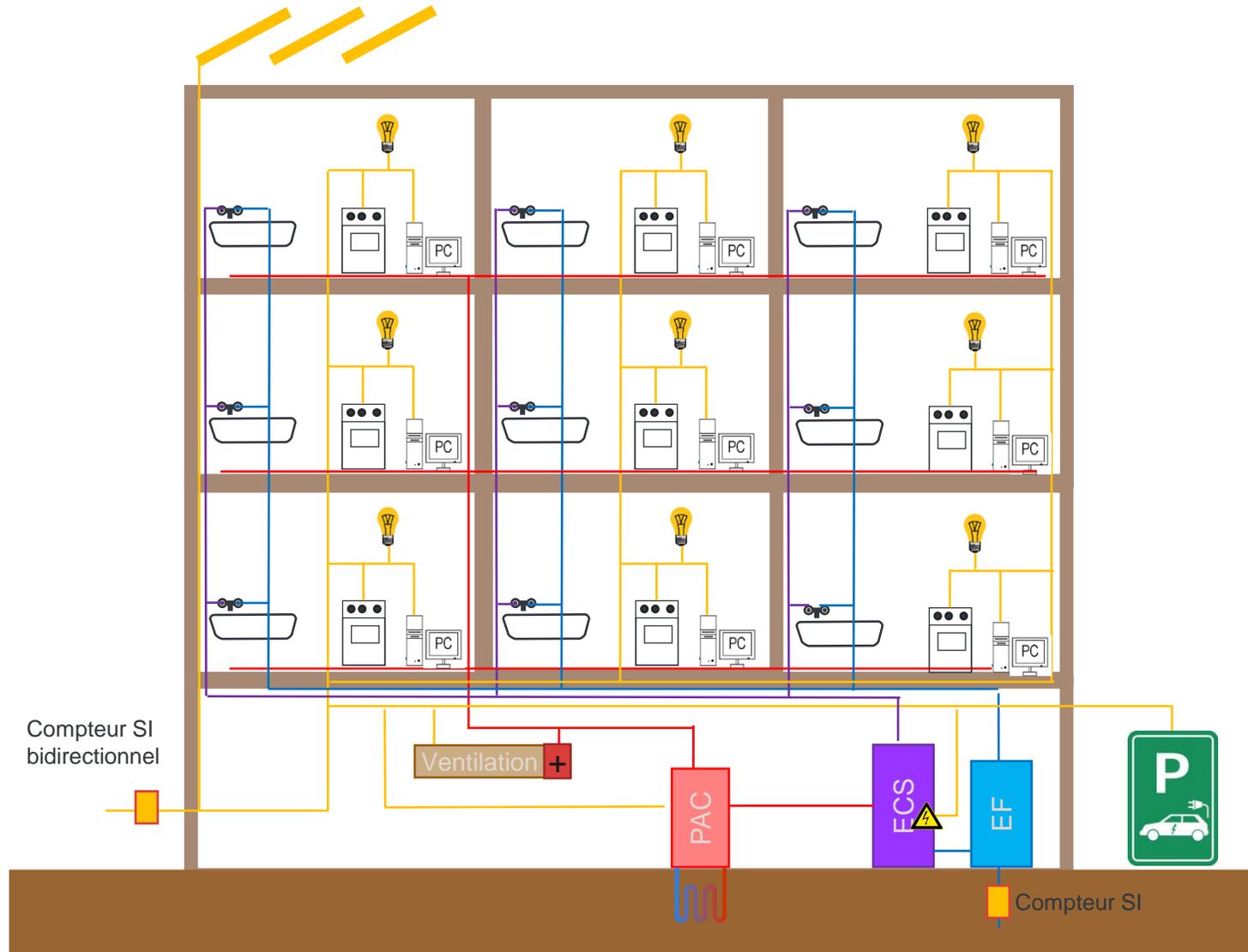




Cas n°3

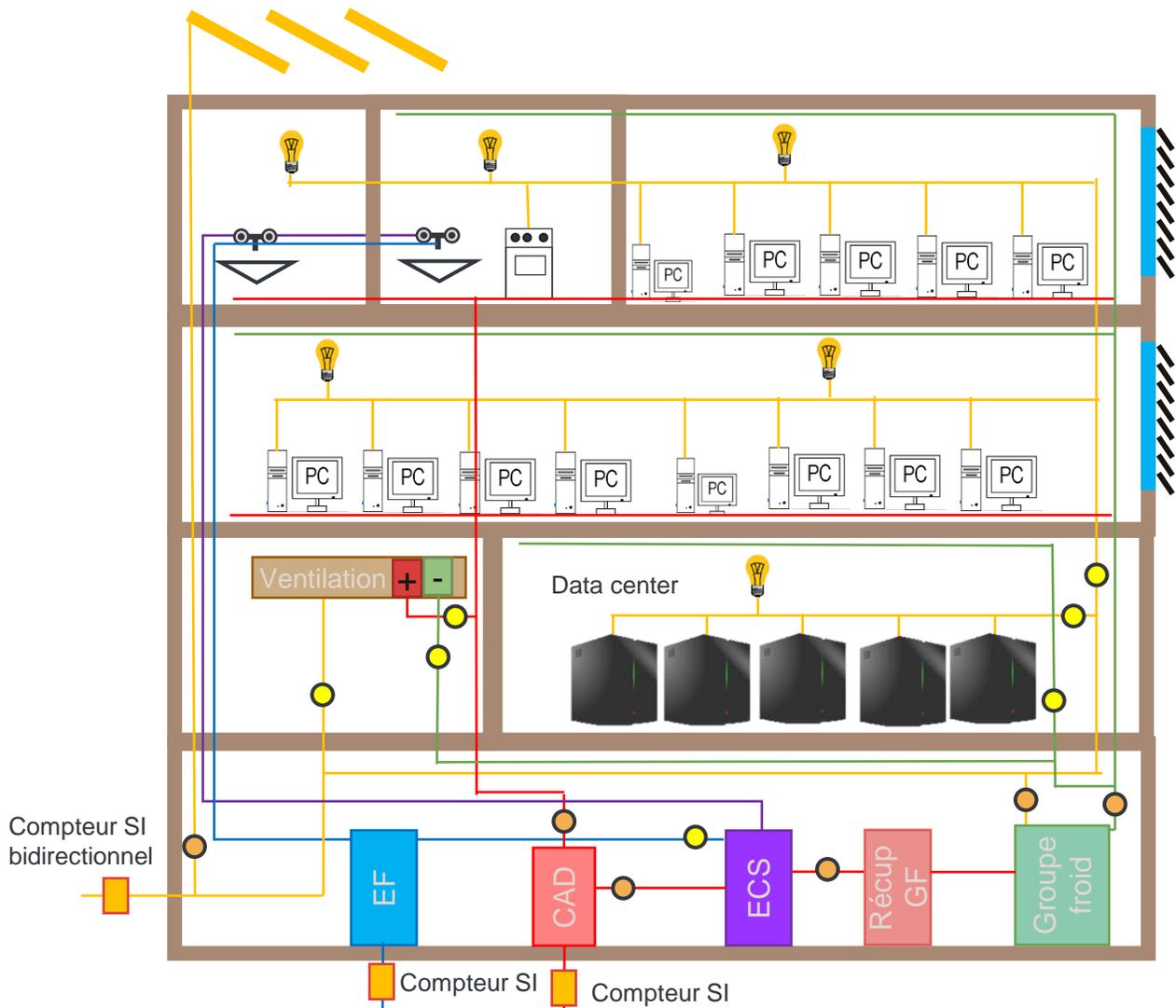
Descriptif :

- Bâtiment d'habitat collectif
- PAC sur géothermie
- Epingle électrique pour le traitement anti-légionellose
- Panneaux solaires photovoltaïques en autoconsommation, revente du surplus
- Ventilation double-flux avec récupération de chaleur et batterie chaud
- Place de parking avec bornes de recharge électrique





Correction des exercices



Proposition de points de mesure : à évaluer en fonction des besoins clients et des besoins du suivi énergétique. Relevé horaire, voir quart horaire si possible.

- Fortement recommandé pour l'analyse
- Utile pour l'analyse
- Demander aux SI le relevé quart-horaire des consommations ou la possibilité de télérelevé les compteurs si compatible avec protocole communication, le cas échéant envisager de poser un compteur privé.



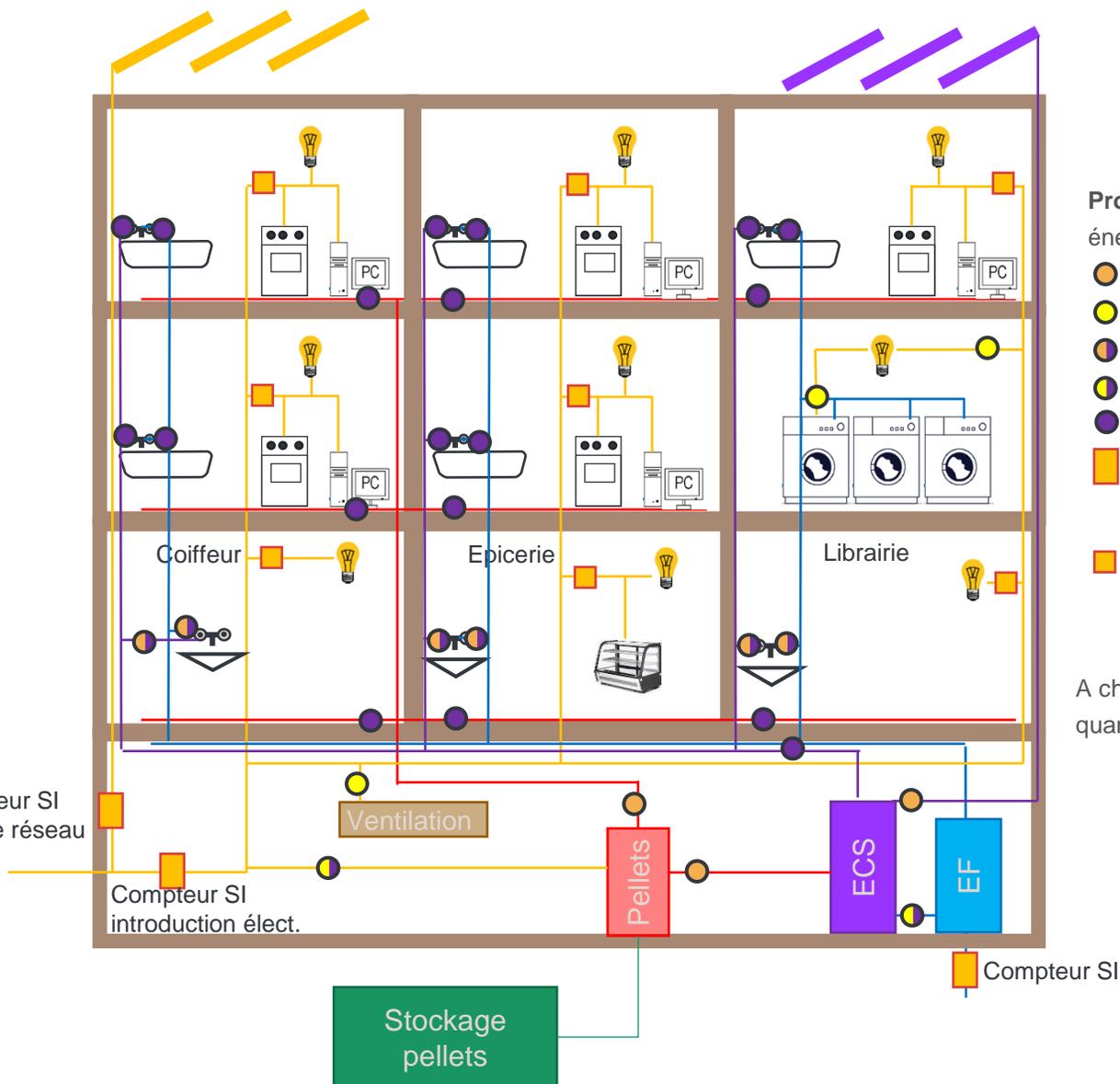
Cas n°1 : Réponses

Exemple d'analyse / contrôle :

- Electricité :
 - Analyse des consommations horaires monobloc pour détecter les anomalies régulation et mettre en parallèle les consommations des batteries chaude et froide.
 - Analyse des consommations des différents preneurs pour vérifier l'adéquation des profils.
- Production PV :
 - Contrôle bon fonctionnement (visite sur place)
 - Evaluation parts auto-consommée et revente réseau, vérifier l'intérêt de pose de batteries.
 - Comparaison entre valeur théorique et mesurée corrigée du rayonnement réel avec données météo.
- Groupe froid :
 - Contrôle paramétrage.
 - Calcul ESER (rendement).
 - Signature énergétique hors data center.
 - Contrôle paramétrage et quantité d'énergie valorisée avec la récupération sur groupe froid.
 - Mise en parallèle des consommations de froid du data center et celles d'électricité
 - Contrôle niveau température
 - Y-a-t-il un mode free-cooling ? Est-il bien utilisé ?
- Chaleur :
 - Contrôle courbe de chauffe
 - Rendement production ECS [kWh/m³]
 - Signature énergétique.
 - Contrôle niveau température.
- Général :
 - Vérifier périodicité maintenance équipement (filtres ventilation, groupe froid, détartrage chauffe-eau, etc.)
 - Vérifier que les horaires de programmation des différents équipements correspondent à l'occupation du bâtiment (réduit nuit et week-end).
 - Comparaison avec les valeurs théoriques si disponibles
- Stores : Vérifier l'asservissement des stores et demander aux utilisateurs leurs habitudes d'utilisations.
- Etc.

Exemple d'alertes :

- Non réception des données
- Eau froide : Surveillance consommation nocturne continue → fuites
- Absence de production solaire PV plusieurs jours de suite
- Seuil de consommation par fluide
- Surchauffe data center
- Etc.



Proposition de points de mesure : à évaluer en fonction des besoins clients et des besoins du suivi énergétique. Relevé horaire, voir quart horaire si possible.

- Fortement recommandé pour l'analyse
- Utile pour l'analyse
- Fortement recommandé pour l'analyse et utile pour la facturation
- Utile pour l'analyse et utile pour la facturation
- Utile pour la facturation (DIFEE) / obligatoire dans certains cas pour l'ECS et le chauffage
- Demander aux SI le relevé quart-horaire des consommations ou la possibilité de télérelevé les compteurs si compatible avec protocole communication, le cas échéant envisager de poser un compteur privé.
- Compteur SI électrique locataire, demander aux SI ou à l'office cantonale de la statistique (Genève) si les données agrégées sont disponibles

A chaque livraison de pellets, remplir intégralement le stockage pour connaître approximativement la quantité consommée depuis la dernière livraison.



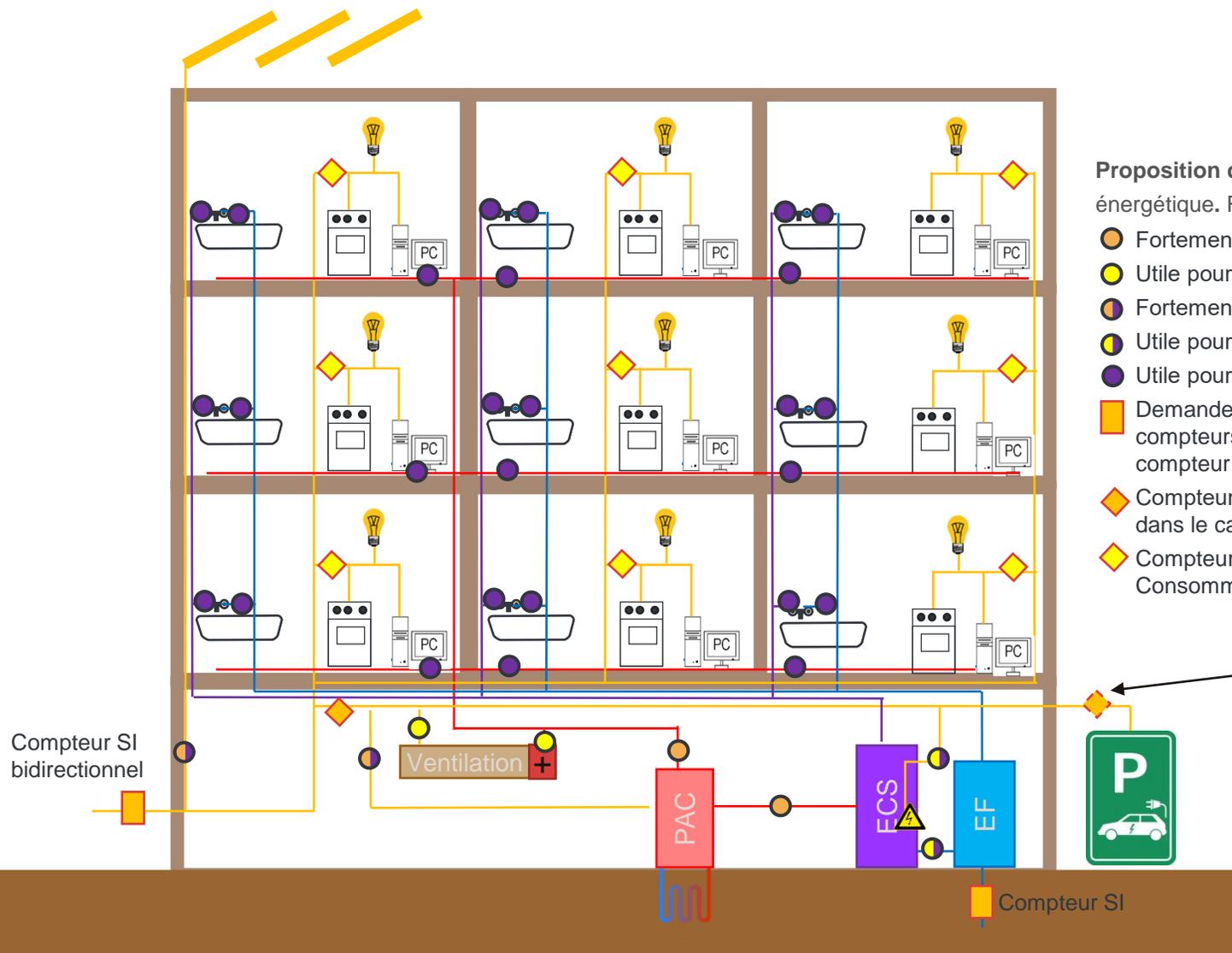
Cas n°2 : Réponses

Exemple d'analyse / contrôle :

- Electricité :
 - Analyse des consommations horaires de la ventilation.
 - Analyse des consommations électrique des différents preneurs pour vérifier l'adéquation des profils.
- Production PV :
 - Contrôle bon fonctionnement (visite sur place)
 - Comparaison entre valeur théorique et mesurée corrigée du rayonnement réel avec données météo.
 - Evaluer l'intérêt de modifier l'installation pour autoconsommer sur les communs.
- Chaleur :
 - Contrôle paramétrage courbe de chauffe.
 - Rendement production ECS [kWh/m³]
 - Rendement de chaudière (attention aux hypothèses prises sur le pellets)
 - Signature énergétique.
 - Contrôle niveau température.
 - Prise de température à la sortie de la ventilation simple flux.
- Production solaire thermique :
 - Contrôle bon fonctionnement (visite sur place), y-a-t-il eu un contrôle du glycole ?
 - Comparaison entre valeur théorique et mesurée corrigée du rayonnement réel (données météo nécessaires).
- Général :
 - Vérifier périodicité maintenance équipement (ventilation, nettoyage et entretien chaudière, détartrage chauffe-eau, etc.)
 - Comparaison avec les valeurs théoriques si disponibles
- Epicerie : Relevé caractéristique de la vitrine frigorifique, évaluation performance et intérêt d'une éventuelle récupération de chaleur.
- Etc.

Exemple d'alertes :

- Non réception des données
- Eau froide : Surveillance consommation nocturne continue → fuites
- Absence de production de solaire PV ou solaire thermique plusieurs jours de suite
- Seuil de consommation par fluide
- Etc.



Proposition de points de mesure : à évaluer en fonction des besoins clients et des besoins du suivi énergétique. Relevé horaire, voir quart horaire si possible.

- Fortement recommandé pour l'analyse
- Utile pour l'analyse
- Fortement recommandé pour l'analyse et utile pour la facturation
- Utile pour l'analyse et pour la facturation
- Utile pour la facturation (DIFEE) / obligatoire dans certains cas pour l'ECS et le chauffage
- Demander aux SI le relevé quart-horaire des consommations ou la possibilité de télérelevé les compteurs si compatible avec protocole communication, le cas échéant envisager de poser un compteur privé.
- ◆ Compteur électrique pour la facturation au sein du RCP et très utile pour l'analyse (Regroupement dans le cadre de la Consommation Propre)
- ◆ Compteur électrique pour la facturation au sein du RCP (Regroupement dans le cadre de la Consommation Propre).

Le besoin pour le RCP de ce compteur dépend de la vision du projet vis-à-vis de la refacturation de l'électricité pour les véhicules.



Cas n°3 : Réponses

Exemple d'analyse / contrôle :

- Electricité :
 - Analyse des consommations horaires de la ventilation et mettre en parallèle les consommations de la batterie chaude.
 - Analyse des consommations électrique des différents preneurs pour vérifier l'adéquation des profils.
- Production PV :
 - Contrôle bon fonctionnement (visite sur place)
 - Comparaison entre valeur théorique et mesurée corrigée du rayonnement réel avec données météo.
 - Evaluation parts auto-consommée et revente réseau, vérifier l'intérêt de pose de batteries.
- Chaleur :
 - Rendement production ECS [kWh/m³]
 - Calcul COPa et comparaison avec valeur constructeur
 - Signature énergétique.
 - Contrôle niveau température.
 - Prise de température à la sortie de la ventilation simple flux.
- Sondes géothermiques :
 - Suivi de la température du champs de sonde (dérive)
 - Le rechargement du sol en été est-il fonctionnel ?
- Général :
 - Vérifier périodicité maintenance équipement (filtres ventilation, détartrage chauffe-eau, etc.)
 - Comparaison avec les valeurs théoriques si disponibles
- Etc.

Exemple d'alertes :

- Non réception des données
- Eau froide : Surveillance consommation nocturne continue → fuites
- Absence de production PV plusieurs jours de suite
- Seuil de consommation par fluide
- Etc.



Conclusion



Les points importants à retenir

- Le calcul du performance gap nécessite de poser clairement les hypothèses de calcul des consommations théorique ET des consommations réelles.
- Ne pas négliger les mesures concernant la régulation du bâtiment : ce sont, en général, des mesures à court terme, peu coûteuses et rapidement rentabilisées.
- Une bonne régulation améliore le confort et permet des économies d'énergie.
- Un accompagnement à la maîtrise d'ouvrage sur l'ensemble des phases SIA permet de prévenir la problématique du performance gap.
- De manière générale :
 - Toute modification sur l'enveloppe implique une modification de la courbe de chauffe et idéalement un équilibrage du réseau.
 - La régulation de la ventilation doit être adaptée aux usages.
 - Aucun réglage n'est figé dans le temps : il faut adapter les réglages en fonction de l'évolution du bâtiment (enveloppe et technique) et de son occupation.
 - Monitorer son bâtiment permet de l'optimiser et d'éviter les dérives.



Certificat énergétique cantonal
des bâtiments

Votre aide à la décision