ThermPresse n° 1271

Supplément Tribune

Manifeste pour un diagnostic & audit du bâtiment résidentiel efficient - Christian Cardonnel

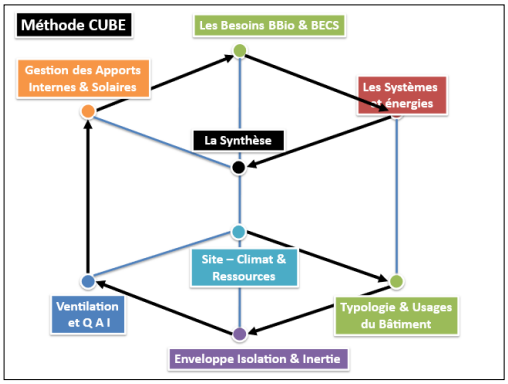
Suite à son intervention du 14 juin lors du 39ème congrès de l'Association des Ingénieurs et Techniciens en Climatique, Ventilation et Froid (AICVF), Christian Cardonnel(1) détaille sa vision et sa méthode pour réaliser un diagnostic et un audit des bâtiments résidentiels plus justes et efficaces que ceux obtenus avec la méthode actuelle.
Ces évolutions techniques participeraient à restaurer la confiance dans le DPE.

(1) Consultant depuis 2017, Christian Cardonnel est membre de l'AICVF et du Collectif Effinergie. Il est, également Directeur de la publication de ThermPresse.

Un calcul cohérent construit sur le principe de la méthode CUBE

« Pour le bâtiment résidentiel, le diagnostic et/ou l'audit énergétique est un préalable indispensable pour engager des travaux et une démarche constructive pour améliorer le confort du bâtiment, réduire la consommation d'énergie et le rejet de CO_2.
Depuis de nombreuses années, je m'interroge sur la méthode de calcul 3CL. Cette méthode, utilisée actuellement pour le calcul du DPE et de l'Audit, comprend divers aléas dans les données et la structure de calcul qui ne permettent pas toujours une analyse cohérente des consommations. La lecture du bilan se limite bien souvent à un niveau d'étiquette de A à G qui compile la consommation d'énergie primaire et le rejet de CO_2.

À partir des différentes normes et formules de la thermique, fluides et énergétiques du bâtiment, le calcul, selon moi, doit être réalisé avec une méthode cohérente et suivre si possible un fil d'Ariane comme proposé dans la méthode CUBE que j'ai élaboré depuis les années 2000.



Pour le résidentiel, la méthode CUBE s'organise en 8 points d'étapes :
1/ Le site avec les données climatiques et les ressources disponibles en énergie, rafraîchissement éventuel, autres usages).
2/ La typologie du bâtiment (forme et usages) et le scénario de confort (chauffage, ECS, rafraîchissement éventuel, autres usages).
3/ L'isolation et l'inertie thermique.
4/ La ventilation et la QAI.
5/ La gestion des apports gratuits internes et solaires.
6/ Les besoins au niveau du chauffage, du rafraichissement (Bbio) et de l'ECS.
7/ Les systèmes et les énergies pour assurer le confort du bâtiment.
8/ La synthèse avec les différents ratios du bâtiment ou par m² habitable.

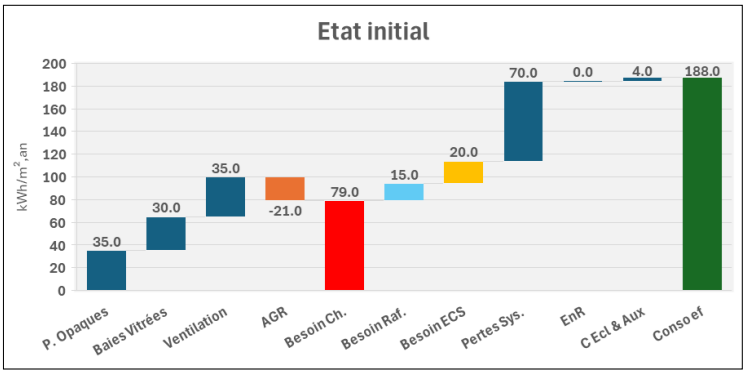
Le bilan du bâtiment peut alors se présenter sous la forme d'un diagramme en cascade
(*nota : Un diagramme en cascade permet de représenter l'évolution d'un indicateur dans le temps, en analysant les facteurs positifs et négatifs qui affectent cette évolution*).

La nouvelle méthode proposée consiste à mieux calculer la performance initiale du bâtiment en fonction des systèmes mis en place et des différentes pertes de ses systèmes, d'identifier les différents besoins du logement, puis les postes sur lesquels il faut agir pour améliorer les performances énergies primaire et carbone. Ensuite, il s'agit de prioriser les travaux avec le double objectif : réduire les besoins et réduire les consommations.

Le point de départ :

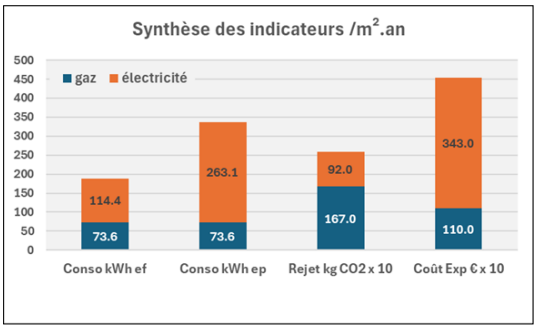
Pour une maison individuelle, un logement ou un bâtiment, dans son état initial, on estime tout d'abord :

- Les différentes déperditions
  (parois opaques, baies vitrées et ventilation),
- Puis le besoin de chauffage en déduisant les apports gratuits internes et solaires récupérés (AGR),
- Le besoin de rafraîchissement éventuel,
- Le besoin d'Eau Chaude Sanitaire ECS
  (forfait de 56 l/jour à 40°C et occupant).



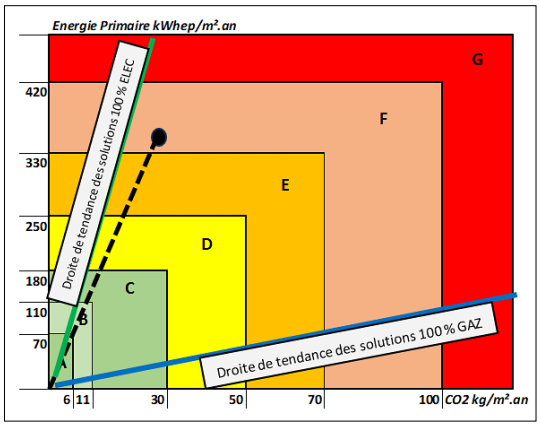
Ensuite, en fonction des systèmes mis en œuvre, et pour chacun des besoins, on estime les différentes pertes des systèmes (gestion-distribution, stockage et génération) et les apports éventuels des EnR (énergies renouvelables). On aboutit ainsi à la consommation d'énergie finale en intégrant la consommation des auxiliaires (régulation, ventilateurs et pompes) et de l'éclairage. Chaque étape est représentée en énergie finale.

Le résultat final est ensuite converti en énergie primaire, en rejet de CO_2 ou en coût d'exploitation en fonction des énergies utilisées : combustible (gaz, fioul, …), électricité.



La consommation d'énergie primaire (kWhep/m².an) et le rejet de CO_2 (kg CO_2/m².an) permettent l'affichage de l'étiquette du DPE de A à G et le positionnement du bien dans le diagramme Energie/CO_2.

Cep en kWhep/m².an	336.7
Rejet CO2 en kgCO2/m².an	25.9
Etiquette DPE	F



Ce travail initial permet de bien positionner les différents besoins, consommations et de mettre en exergue les postes importants sur lesquels il faut intervenir en priorité :

• En agissant sur l'isolation thermique de l'enveloppe, la ventilation, l'inertie thermique, la gestion des apports solaires, on va impacter **les besoins** de chauffage et rafraîchissement.

• En agissant sur les systèmes de chauffage, rafraîchissement et ECS on va réduire les différentes pertes, intégrer l'apport des EnR, optimiser la performance globale des équipements et **les consommations**.

Dans l'approche du bilan énergétique du bâtiment, on a bien une bascule entre **les besoins du bâtiment** et son comportement bioclimatique pour assurer le niveau de confort souhaité et **les consommations des systèmes** en fonction des besoins, des pertes et des apports EnR et des énergies utilisées.

Pour bien comprendre, on peut prendre l'image d'une voiture sur la route :

Pour aller d'un point A à un point B, la route sera plus ou moins longue, plus ou moins sinueuse et escarpée, plus ou moins roulante …. Comme les données climatiques d'un site.

La voiture sera plus ou moins lourde, occupée et confortable, équipée de pneus plus ou moins efficaces et avec une carrosserie avec un Cx plus ou moins élevé …. On retrouve dans cette comparaison les notions d'isolation, ventilation et inertie thermique du bâtiment.

La voiture est ensuite équipée d'un moteur (thermique, électrique ou hybride) associé à une transmission de la force motrice produite aux roues et aux fonctions annexes de régulation, éclairage, chauffage et climatisation. La voiture transporte également son énergie (réservoir de carburant ou batterie électrique) qui impacte le poids et son autonomie …. On retrouve ici les systèmes de chauffage et ECS avec les différentes pertes et gains éventuels.

Dans la voiture, comme dans le bâtiment, le conducteur et les occupants, vont interagir avec le bien avec une conduite plus ou moins souple et économe, une vitesse ou température de confort plus ou moins forte, etc. ainsi qu'un entretien plus ou moins régulier et efficace. Ces nombreux paramètres vont ainsi modifier la consommation d'énergie, le rejet de CO_2 et le niveau de confort ressenti.

Comme pour la voiture, l'étiquette énergie (en CO_2), l'étiquette DPE (en énergie et CO_2 par m² et an) est calculée selon des conventions de référence qu'il est difficile de retrouver dans la vraie vie du bien. L'étiquette DPE donne un niveau global de performance, une indication conventionnelle. Cependant, avec des méthodes plus complexes (SED Simulation Energétique Dynamique) en fonction des données climatiques réelles du site, d'un scénario de confort et une description précise du bâtiment et ses équipements, on peut arriver à une approche plus réaliste mais pour d'un coût d'étude beaucoup plus important et souvent injustifié.

Vers un état futur du bâtiment plus efficient :

Pour améliorer le confort et réduire l'impact environnemental du bien, on va devoir réaliser des travaux sur le bâtiment (réduction des besoins et amélioration du confort) et des travaux sur les systèmes (réduction des consommations d'énergie). Les aides Ma Prime Rénov' et CEE doivent être déterminées en fonction des impacts Besoins/Consommations.

Réduire les besoins :

Dans un état futur, selon les travaux projetés ou réalisés sur le bâtiment tels que de l'isolation et l'inertie thermique, l'amélioration de la ventilation, ou le changement des baies vitrées - vont nous conduire à diminuer les besoins de chauffage et/ou rafraîchissement et d'éclairage.

3 grandes catégories de travaux sont possibles :

• Isolation thermique des parois opaques : planchers bas et haut, mur extérieur, traitement des ponts thermiques,

• Remplacement en tout ou partie des baies vitrées et portes,

• Amélioration de la ventilation : en réduisant les infiltrations d'air, en maitrisant de débit d'air, en récupérant la chaleur de l'air vicié.

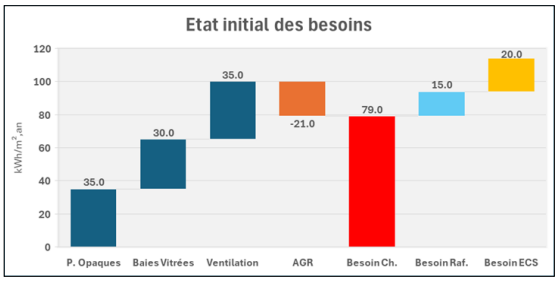
Pour chacun des postes traités, on va réduire le coefficient de déperdition H (W/K) puis les déperditions (kWh/an) et réduire le besoin de chauffage et/ou de rafraîchissement (kWh/an).

Dans le calcul du besoin de chauffage, il est très important de bien prendre en compte l'inertie thermique du bâtiment (en général un bâtiment mieux isolé gagne en inertie et en constante de temps) et les rapports Apports Gratuits/Déperditions qui augmentent. Pour le rafraîchissement et confort d'été, il faut estimer les heures d'inconfort (> 26°C) et/ou le besoin de froid nécessaire pour les jours entre début mai et fin septembre et le jour extrême chaud.

On estime ensuite le coût des travaux poste par poste en € HT, pour le bien ou en valeur ramenée au m² habitable. Puis les ratios de pertinence : Investissement sur l'économie de besoin en € investi / kWh de besoin/an économisé. La valeur des ratios permet de mettre en exergue la pertinence des actions.

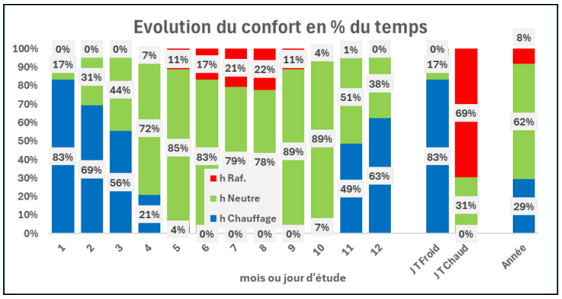
Exemple : Comparatif état initial et futur projeté

Sans renter dans le détail des calculs, l'état initial conduit au diagramme des besoins chauffage/rafraîchissement suivant :
Le besoin de chauffage est de 79 kWh/m².an compte tenu de la récupération des apports gratuits et le besoin de rafraîchissement (confort d'été) de 15 kWh/m².an.



La méthode de calcul permet également d'analyser le comportement du bien avec l'estimation des temps de chauffage, neutre (température ambiante entre 19 et 26°C sans chauffage ou rafraîchissement), besoin de rafraichissement (ambiance > 26°C).

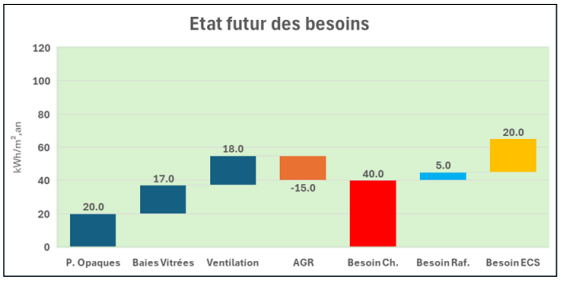
L'estimation est réalisée mois par mois, puis pour les deux jours extrêmes (le plus froid et le plus chaud) puis sur l'année. Plus le bien est neutre, mieux c'est.



On réalise ensuite des travaux, avec isolation d'une partie des murs extérieurs, le changement des baies vitrées et la mise en place d'une ventilation performante.

Les différents postes de déperditions sont réduits, mais compte tenu de l'évolution de l'inertie et du rapport Apport Gratuit / Déperditions, les apports gratuits récupérés sont plus faibles ce qui abouti à un besoin chauffage de 40 kWh/m².an et seulement 5 kWh/m².an de besoin rafraîchissement (meilleure gestion des apports solaires).

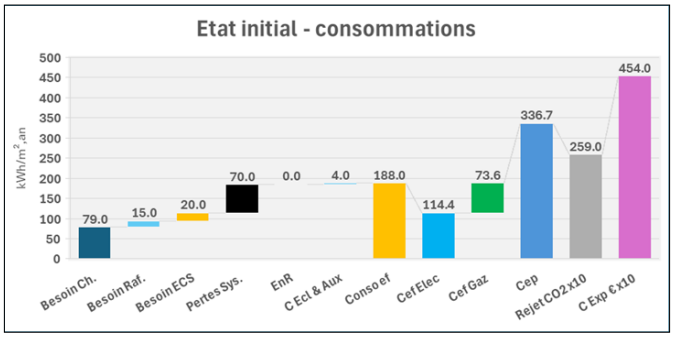
Poste par poste, on peut calculer l'économie d'énergie en besoin Chaud + Froid éventuel, puis en fonction des travaux envisagés, les ratios économies d'énergie par poste en € investi par kWh gagné et la pertinence des solutions.



Réduire les consommations :

Pour les systèmes (chauffage, ECS et rafraîchissement), en fonction des besoins initiaux ou des besoins après rénovation du bâtiment, on peut calculer l'évolution des différentes pertes (gestion, distribution, stockage et génération), en intégrant les apports des EnR.

En fonction des différents travaux envisagés, on aboutit à une consommation d'énergie finale, puis une répartition entre les énergies utilisées, la consommation en énergie finale et en rejet de CO_2 puis en coût d'exploitation.



Il faut toujours partir du besoin pour calculer les pertes ou gains en énergie et aboutir à une consommation.
En effet si le rendement exprime le rapport entre le besoin sur la consommation celui-ci évolue sensiblement en fonction de la charge ou du besoin.

Par exemple pour le cas simple d'une production ECS par ballon électrique dans un appartement :

- Installation d'un ballon NFC de 200 litres maintenu à 60°C = Perte de l'enveloppe de 500 kWh/an
- Le besoin d'énergie aux points de puisage ECS varie de 1000 kWh/an à 3000 kWh/an en fonction du confort souhaité par les usagers.

Besoin ECS kWh/an	1000	1500	2000	2500	3000
Perte ballon kWh/an	500	500	500	500	500
Consommation kWh/an	1500	2000	2500	3000	3500
Rendement stockage %	**66.7 %**	**75 %**	**80 %**	**83.3 %**	**85.7 %**

La perte du ballon reste constante (*sauf en cas de système optimisant le fonctionnement*), en revanche le besoin et la consommation totale évoluent. Ainsi le rendement de stockage du ballon augmente avec la charge.
Prendre en compte un rendement de stockage forfaitaire n'est pas cohérent et réaliste.

Autre exemple, dans la méthode de calcul 3CL du DPE, les réseaux de distribution collective de chauffage et ECS sont affectés de rendements forfaitaires.

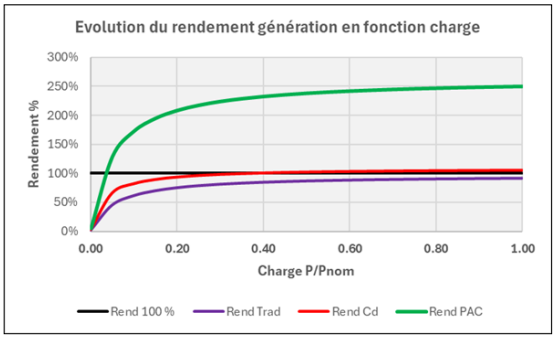
Type de distribution chauffage collectif	Non isolé	Isolé
Réseau collectif EC haute température > 65°C	0.85	0.87
Réseau collectif EC moyenne ou basse température < 65°C	0.87	0.90

Type de distribution ECS collectif : Pièces Sanitaires	Contigües	Non contigües
Réseau collectif ECS non isolé	0.28	0.26
Réseau collectif ECS isolé	0.55	0.52

Avec ces valeurs forfaitaires, impossible de prendre en compte le niveau d'isolation thermique du réseau (classe d'isolant de 1 à 6), le vrai niveau de température, allure de fonctionnement et la configuration du réseau. Pour l'ECS en passant d'un réseau non isolé à isolé, on divise par 2 la consommation d'énergie ECS ?

Il en va de même pour les différents équipements : émission et gestion-régulation du chauffage/rafraichissement, les réseaux de distribution chaud/ECS/froid, les stockages et les générations de chaleur et d'ECS.

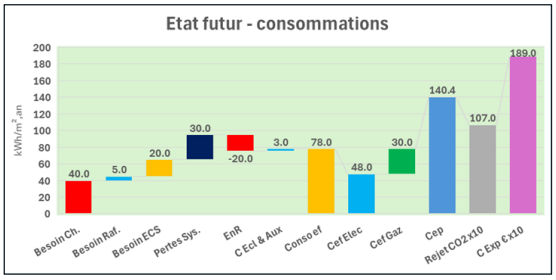
La performance d'un générateur (chaudière, PAC…) dépend de sa typologie, de son temps de fonctionnement, des pertes d'entretien, de son niveau de température et de la charge thermique.



Il est donc essentiel d'adapter la méthode de calcul pour rendre les choses cohérentes, cela pour le DPE, mais également pour les opérations standardisées des CEE.

On peut ensuite estimer le coût des différents travaux par systèmes et par poste en € HT. Puis les ratios de pertinence : Investissement sur l'économie de besoin en € investi / kWh de besoin/an économisé. Ces ratios sont ensuite établis en € par kWhep, kg CO_2 évité, ou € économisé par an.

Pour le changement d'énergie, en passant du gaz à une solution PAC Thermodynamique Electrique ou Hybride cela va bousculer le résultat final en fonction des conversions en énergie primaire et en rejet CO_2.
Pour la France les valeurs du gaz naturel et de l'électricité de 1 et 2.3 pour l'énergie primaire et 227 et 80 g CO_2/kWh sont des valeurs technico-politiques qu'il ne faut pas faire bouger dans l'état, sauf après une étude précise qui doit être menée par l'OPECST ou l'ADEME.



Mes préconisations et recommandations pour un diagnostic et audit efficient

Globalement la filière des diagnostiqueurs, des auditeurs et des accompagnateurs en rénovation énergétique du bâtiment résidentiel doit progresser en savoir-faire et suivre un fil d'Ariane pour gagner en cohérence et en efficience (optimiser les moyens mis en œuvre pour obtenir le meilleur résultat possible).

La méthode de calcul doit évoluer avec des tests de cohérence adaptés, des données précises en évitant les valeurs par défaut et les gardes fous, estimation des différents besoins puis des pertes et apports pour aboutir à la consommation d'énergie et le rejet de CO_2, éliminer les rendements forfaitaires. Les données d'entrée et les saisies doivent rester similaires mais être validées avec l'expertise de l'opérateur ou l'interface logiciel.

Il faut éviter les dérives en positionnant, par exemple, l'état initial d'un bien en F ou G avec des valeurs par défaut ou exagérées, puis par magie avec quelques travaux et en gommant les valeurs par défaut aboutir à une étiquette très favorable ainsi obtenir une aide conséquente. Une méthode de calcul cohérente permettra sûrement d'éviter bien des dérives.

Voici ci-dessous mes différentes recommandations et propositions d'adaptation de la méthode de calcul qui doit pouvoir être corrigée rapidement, avec un peu de volonté.

• Données climatiques sur les 8 zones climatiques H, basées sur 12 jours types mensuels et 2 jours extrêmes (très froid et très chaud) prenant en compte celles de flux solaire, cohérentes et mensuelles, pour bien traiter la problématique du confort d'été.

• Un scénario de confort proche de la vraie vie : température ambiante en saison froide (19°C) et (26°C) saison chaude, hiver/été, du besoin ECS à 40°C de 56 l/jour et occupant, présence des occupants et apports internes forfaitaires…Un éventuel scénario de confort normal et confort élevé pour analyser l'impact du comportement des occupants est également à envisager.

• Une saisie simplifiée des données du bâtiment en fonction de la typologie (surface habitable, forme et coefficient de périmètre, nombre de niveaux, ratio baie vitrée / surface habitable, etc.) Avec des contrôles de cohérence : par exemple une maison individuelle de 100 m² construite de plain-pied doit avoir 100 m² de plancher bas et 100 m² de plafond/plancher haut. Construite sur 2 niveaux identiques, les surfaces sont divisées par 2. Une petite série de tests simples avec des tolérances peut être mis en place.

• Prise en compte de la date de construction (permis de construire) pour intégrer des caractéristiques minimales d'isolation et de ventilation (valeurs garde-fous en fonction de la réglementation en vigueur à la date de construction. Eviter au maximum les valeurs par défaut qui font le jeu des éco-délinquants : on dégrade l'état initial puis l'on valorise l'état projeté.

• Calcul des déperditions sur 3 postes : parois opaques, baies vitrées, renouvellement d'air avec un modèle simplifié de l'équilibre aéraulique du logement ou du bâtiment.

• Calcul sur les 12 jours types mensuels et les 2 jours extrêmes des besoins de chauffage, de rafraîchissement éventuel, d'éclairage puis intégration sur l'année.

• Pour le confort d'été (de début mai à fin septembre et le jour extrême chaud), simulation simplifiée sur 24h et par logement, de la température ambiante obtenue en fonction de la gestion des protections solaires, de l'ouverture des baies vitrées, sans et avec système de rafraîchissement et pour une température de confort en été de 26°C, calcul de la durée et Kh d'inconfort.

• Calcul des consommations d'énergie finale à partir des besoins en additionnant les différentes pertes (gestion, distribution, stockage et génération) et en retranchant les apports d'énergie renouvelable EnR (solaire, source froide de PAC, …). Ne plus utiliser les valeurs forfaitaires de rendement qui évoluent en fonction de la charge.

• Mise en place d'une procédure simplifiée permettant d'intégrer des nouveaux concepts et des solutions émergentes assurant le confort dans les bâtiments.

• Prise en compte simplifiée de l'entretien maintenance, de la vétusté et du commissionnement des équipements techniques.

• Conversion des consommations d'énergie finale en énergie primaire, rejet de CO_2, coût d'exploitation en € TTC en intégrant les redevances d'abonnement, les coûts d'entretien maintenance.

• Calcul des facteurs de pertinence énergétique, environnementale et économique,

• Pour les aides à la rénovation et les CEE, bien décomposer les économies d'énergie réalisées **sur les besoins** avec les travaux réalisés sur le bâtiment (isolation/inertie, ventilation, gestion des apports solaires) et **les consommations d'énergie** finale des systèmes (chauffage ECS rafraichissement en allant du besoin à la génération).

• Harmoniser la méthode de calcul sur les 8 zones climatiques H (H1A à H3) pour le calcul des économies d'énergie, de rejet CO_2, durée de vie et l'estimation des aides à la rénovation Ma Prime Rénov' et les CEE.

• Intégrer l'impact de la réduction du rejet de CO_2 sur X année dans le calcul des aides.

• Conserver dans l'état les échelles énergie primaire et CO_2 du DPE et les étiquettes de A à G pour ne pas bousculer les règles. Envisager le changement des coefficients énergie primaire et rejet CO_2 après une véritable étude et analyse (OPECST, ADEME ou similaire en relation avec la filière).

• Intégrer une tolérance de 5 kWhep/m².an sur le calcul final de l'énergie primaire et de 1 kgCO_2eq/m².an sur le CO_2 pour éviter les effets de bord ou mettre en place une formule d'arrondi.

• Présenter les différents résultats sous la forme de diagramme en cascade.

• Rapport de diagnostic ou audit avec un format condensé de 4 pages A4 avec :
- Une page sur les informations administratives du bien et des intervenants avec les qualifications,
- Une page descriptive du bien selon les 8 étapes de la méthode de calcul,
- Une page de synthèse de l'état existant avec diagramme en cascade, étiquette DPE, confort d'été, remarques sur état actuel du bâti et des équipements,
- Une page de synthèse sur une proposition d'état futur amélioré en décomposant les travaux en 2 voire 3 grandes étapes : amélioration du bâtiment, amélioration des équipements et choix des énergies. Coût et pertinence des travaux, aides possibles.

Tous les éléments techniques (plans, photos, plan masse, argumentaires…) sont regroupés dans une annexe technique au libre choix de l'opérateur.

Avec ce manifeste et mes différents travaux en cours, je souhaite apporter ma vision technique et une pierre à la rénovation énergétique efficiente du bâtiment résidentiel, en optimisant les moyens mis en œuvre pour obtenir le meilleur résultat possible.

Christian CARDONNEL Consultant
ChC@CCConsultant.fr

ThermPresse, l'hebdo du génie climatique, est une lettre économique fondée en 1996 par Rafael Font.
APE 5814Z. ThermPresse Media SARL. 842 029 753 RCS Nanterre. ISSN 1253-2827.
Directeur de la Publication et de la Rédaction : Christian Cardonnel.
Rédacteur en chef : Cyrille Maury - 06 08 17 80 89 - redaction@thermpressemedia.fr
Abonnement : 630 € TTC / an; 44 numéros – abonnement.thermpresse@crm-art.fr - Prix numéro : 15 euros TTC.
Email : thermpresse@thermpressemedia.fr. Adresse : 12, allée de la Connaissance - 77127 Lieusaint.
N° Commission paritaire des publications et agences de presse : 1121 W 94109.
Tous droits réservés. Reproduction interdite pour tous pays, sauf autorisation de l'éditeur.

CFC CENTRE FRANÇAIS D'EXPLOITATION DU DROIT DE COPIE

SCAN ME