# Guide des solutions

pour décarboner les logements collectifs équipés de chaudières gaz individuelles ou collectives

Septembre 2026

Retrouvez les fiches techniques par solution

Association Promotelec | PROMOTELEC SERVICES | EDF | pouget Consultants

# Sommaire


Édito 3

Accélérer la décarbonation des logements collectifs équipés de chaudières gaz individuelles ou collectives 4

A. Contexte et présentation de ce guide 5
B. Un cadre d'analyse commun pour comparer les différentes alternatives aux chaudières gaz individuelles et collectives 6
C. Un large panel de solutions pour remplacer les chaudières gaz selon les spécificités et contraintes des bâtiments et des logements 7
D. Des bénéfices climatiques importants et des leviers techniques pour faciliter la mise en œuvre des solutions de remplacement des chaudières gaz 9
E. Le remplacement de chaudières gaz par des solutions décarbonées permet des bénéfices carbone et énergétiques importants à coûts d'investissement maîtrisés 10
F. Des coûts d'investissement compétitifs pour atteindre des exigences énergétiques et carbone renforcées en combinant systèmes et amélioration du bâti 12
G. Le remplacement de chaudières gaz par des solutions décarbonées permet une forte baisse des couts d'exploitation et du coût global 13

Fiches solutions individuelles 14

1. PAC Air/Eau double ou triple service avec unité extérieure 16
2. PAC Air extrait/Eau double ou triple service sans unité extérieure 19
3. PAC Air/Air avec unité extérieure (Multisplit) 22
4. PAC Air/Air avec unité extérieure (Monosplit) 25
5. PAC Air/Air avec unité extérieure (émetteur gainable) 28
6. PAC Air/Air monosplit avec module de production ECS 31
7. PAC Air/Air monobloc sans unité extérieure 34
8. PAC Air/Eau double service sans unité extérieure 37
9. PAC Air/Air sans unité extérieure avec production ECS 40
10. Radiateurs électriques associés à une production ECS électrique ou thermodynamique 43
11. Chaudière électrique associée à une production ECS électrique ou thermodynamique 46
12. Chauffe-eau Thermodynamique (CET) 49

Fiches solutions collectives 51

13. PAC Air/Eau double service 53
14. PAC Air/Air collective (DRV) + « Kit ECS » ou PAC Air/Eau dédiée ECS 56
15. PAC Air/Eau collective chauffage et CET individuel 60
16. PAC Eau/Eau Géothermique double service 63
17. PAC Air/Eau associée à une chaudière gaz (solution hybride) 67
18. PAC Aérosolaire (ECS) et chauffage gaz 71
19. Réseau de Chaleur Urbain (RCU) 74

Fiches support 76

Les leviers complémentaires à la décarbonation des systèmes de chauffage et d'ECS 78
Transformer un bâtiment équipé de chaudières gaz individuelles vers un système de chauffage collectif 80
Assurer la performance et la pérennité d'une installation hybride : focus sur les enjeux majeurs 83
Enjeux techniques et économiques du raccordement et de fourniture électrique des PAC collectives 86
Garantir la sécurité électrique dans un contexte d'électrification des usages 89

Annexes 90

# ÉDITO

# Accélérer la décarbonation du logement collectif

La décarbonation du logement collectif est aujourd'hui un enjeu majeur de la transition énergétique. Alors que près d'un logement sur deux reste chauffé aux énergies fossiles, le secteur résidentiel doit accélérer sa transformation pour contribuer aux objectifs fixés par la **Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE 3)** et la **Stratégie nationale bas-carbone (SNBC 3)**.

Le **plan national d'électrification** apporte une réponse concrète à cet impératif en favorisant le déploiement de solutions de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire bas carbone. Pourtant, dans le logement collectif, les pratiques évoluent encore trop lentement : lors des rénovations, la très grande majorité des chaudières individuelles gaz sont encore remplacées par des équipements fonctionnant au gaz : ***95 % des chaudières gaz individuelles sont remplacées par… du gaz****.

C'est pour accompagner cet enjeu que Promotelec a publié, en septembre 2025, le guide des solutions de décarbonation des logements collectifs (avec chauffage individuel).

Aujourd'hui, j'ai le plaisir de vous présenter la version 2 du guide qui intègre un large panel de **solutions individuelles et collectives** disponibles pour remplacer les chaudières gaz en fonction des spécificités et contraintes des bâtiments et des logements.

L'étude réalisée par **Pouget Consultants avec EDF et Promotelec** a permis d'étudier des solutions thermodynamiques mais aussi le réseau de chaleur et les solutions de chauffage électrique performant. Le remplacement de chaudières gaz par ces solutions décarbonées permet une forte baisse du coût global et un saut de plusieurs DPE. Ces solutions sont également compétitives pour atteindre des exigences énergétiques et carbone renforcées telles que l'étiquette B du DPE.

Notre ambition est d'apporter aux maîtres d'ouvrage et bureaux d'études une vision claire et objective des **solutions disponibles pour remplacer les chaudières gaz** dans les logements collectifs.

À travers ce guide, Promotelec réaffirme son **engagement en faveur d'un bâtiment plus performant et plus décarboné**. Grâce à ses référentiels de certification reconnus, Promotelec apporte les garanties nécessaires pour sécuriser les projets et faciliter le déploiement des politiques publiques d'électrification.

Les solutions existent, l'enjeu est désormais de les faire connaître et de faciliter leur déploiement à grande échelle.

***Florence Delettre***
***Directrice générale de Promotelec***

**Sur un ensemble de rénovations certifiées par Promotelec Services représentant 2 268 logements.*

# Accélérer la décarbonation des logements collectifs équipés de chaudières gaz individuelles ou collectives

Pages 5 à 13

# A. CONTEXTE ET PRÉSENTATION DE CE GUIDE

## LE REMPLACEMENT DES ÉNERGIES FOSSILES PAR DES SOLUTIONS BAS CARBONE : UNE NÉCESSITÉ POUR LE SECTEUR DU LOGEMENT

**La décarbonation totale du secteur du logement, c'est-à-dire une sortie complète des énergies fossiles (fioul, GPL et gaz non renouvelable) est indispensable pour atteindre la neutralité carbone** à horizon 2050 conformément à la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC). C'est également un levier majeur pour renforcer la souveraineté, protéger le pouvoir d'achat des ménages et la compétitivité des entreprises.

Pour atteindre cet objectif, **le déploiement à grande échelle de solutions de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire bas carbone est indispensable.** L'électrification des usages, notamment à travers le recours aux pompes à chaleur (PAC), occupe une place centrale dans cette stratégie, comme le rappelle le plan gouvernemental « **Électrifions la France** ». D'autres solutions, telles que les réseaux de chaleur urbains (RCU) contribuent également à cette transition.

L'enjeu est d'autant plus important que le parc résidentiel français reste fortement dépendant des énergies fossiles (encore utilisées dans 47 % des logements selon le Service des données et études statistiques (SDES)). Les décisions actuelles ont des conséquences durables, les systèmes installés aujourd'hui seront toujours là en 2040. Chaque remplacement d'équipement constitue une opportunité déterminante pour réaliser la transition.

**Au sein de ce parc, les logements collectifs équipés de chaudières gaz constituent un enjeu clé**. En effet, les solutions bas carbone n'y sont encore que trop rarement mises en œuvre, et ce, même dans les bâtiments labellisés à des niveaux de rénovation performants. Ainsi, sur un ensemble de rénovations certifiées représentant 2 268 logements, Promotelec constate que 95 % des chaudières gaz individuelles sont remplacées par une chaudière fonctionnant également au gaz.

## OUTILLER LES ACTEURS POUR LE DÉPLOIEMENT DES SOLUTIONS BAS CARBONE EN LOGEMENT COLLECTIF

Face à ce constat, les copropriétés, bailleurs sociaux, gestionnaires de patrimoine et professionnels du bâtiment ont besoin de repères clairs pour identifier les solutions les plus adaptées à leurs contraintes techniques, économiques et opérationnelles. **Ce guide a pour objectif de présenter les principales alternatives au gaz en logement collectif** (cf. liste des fiches ci-dessous), d'en expliciter les conditions de mise en œuvre, les performances et les bénéfices, afin d'accompagner les acteurs.

**SOLUTIONS INDIVIDUELLES**

- **Fiche 1** : PAC Air/Eau double ou triple service avec unité extérieure
- **Fiche 2** : PAC Air extrait/Eau double ou triple service sans unité extérieure
- **Fiche 3** : PAC Air/Air avec unité extérieure (Multisplit)
- **Fiche 4** : PAC Air/Air avec unité extérieure (Monosplit)
- **Fiche 5** : PAC Air/Air avec unité extérieure (émetteur gainable)
- **Fiche 6** : PAC Air/Air monosplit avec module de production ECS
- **Fiche 7** : PAC Air/Air monobloc sans unité extérieure
- **Fiche 8 :** PAC Air/Eau double service sans unité extérieure
- **Fiche 9 :** PAC Air/Air sans unité extérieure avec production ECS
- **Fiche 10 :** Radiateurs électriques associés à une production ECS électrique ou thermodynamique
- **Fiche 11 :** Chaudière électrique associée à une production ECS électrique ou thermodynamique
- **Fiche 12** : Chauffe-eau Thermodynamique (CET)

**SOLUTIONS COLLECTIVES**

- **Fiche 13** : PAC Air/Eau double service
- **Fiche 14** : PAC Air/Air collective (DRV) et « Kit ECS » ou PAC Air/Eau dédiée ECS
- **Fiche 15** : PAC Air/Eau collective chauffage et CET individuel
- **Fiche 16** : PAC Eau/Eau Géothermique double service
- **Fiche 17** : PAC Air/Eau associée à une chaudière gaz (solution hybride)
- **Fiche 18** : PAC Aérosolaire (ECS) et chauffage gaz
- **Fiche 19** : Réseau de Chaleur Urbain (RCU)

Au-delà des fiches dédiées à chaque solution technique, ce guide propose également plusieurs fiches thématiques apportant des éclairages complémentaires sur les aspects techniques, économiques et opérationnels indispensables au déploiement des solutions bas carbone en logement collectif :

- Les leviers complémentaires à la décarbonation des systèmes de chauffage et d'ECS (pilotage, bâti et certification) ;
- Transformer un bâtiment équipé de chaudières gaz individuelles vers un système de chauffage collectif ;
- Assurer la performance et la pérennité d'une installation hybride : focus sur les enjeux majeurs ;
- Enjeux techniques et économiques du raccordement et de fourniture électrique des PAC collectives ;
- Garantir la sécurité électrique dans un contexte d'électrification des usages.

# B. UN CADRE D'ANALYSE COMMUN POUR COMPARER LES DIFFÉRENTES ALTERNATIVES AUX CHAUDIÈRES GAZ INDIVIDUELLES ET COLLECTIVES

**Ce guide comprend une fiche "système" pour chacune des principales alternatives au gaz en logement collectif. L'objectif est d'en expliciter les conditions de mise en œuvre, les performances et les bénéfices, afin d'accompagner les acteurs.**

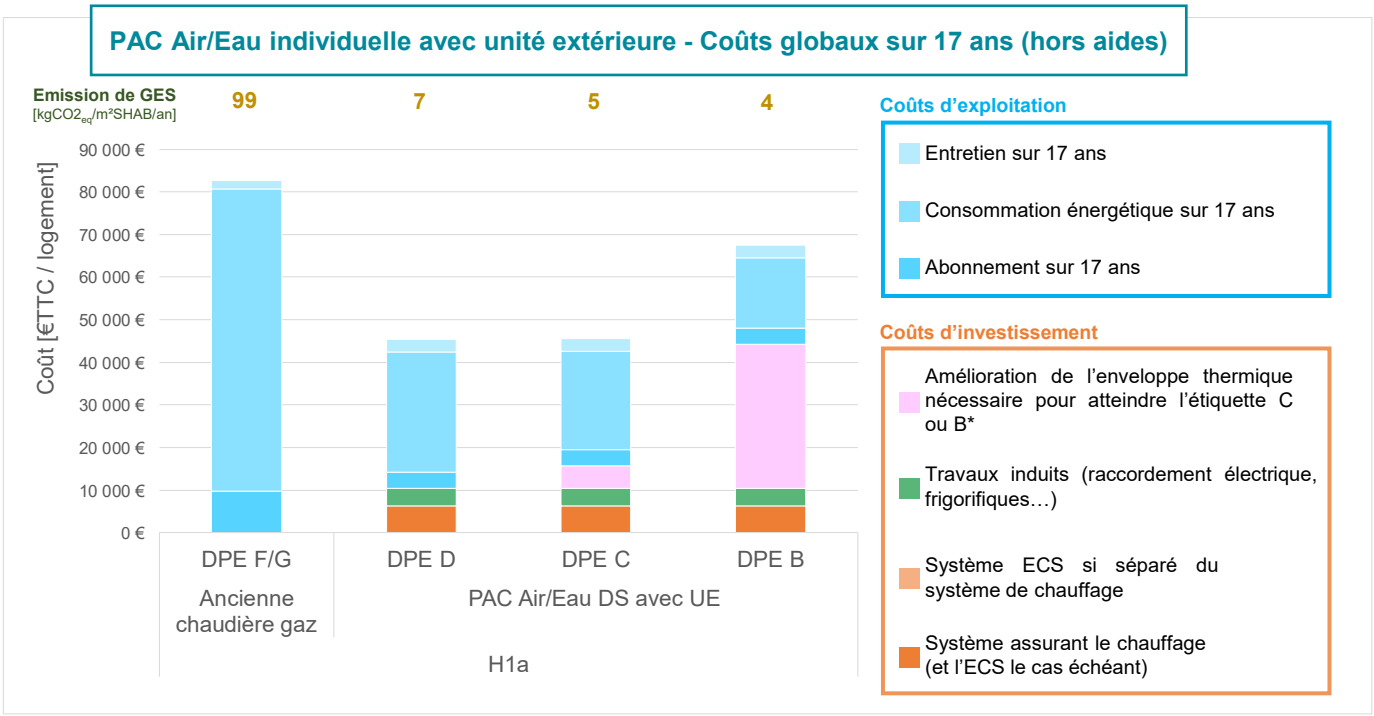
Comme l'illustre la figure ci-dessous qui concerne la PAC double service individuelle avec unité extérieure, chaque fiche présente l'impact du remplacement d'une chaudière gaz par une solution bas carbone sur le coût global du système (investissement et exploitation) ainsi que sur la performance énergétique du bâtiment (étiquette DPE). Les coûts globaux pour atteindre les étiquettes DPE de niveaux B et C sont également déterminés. S'ajoutent alors aux coûts liés aux systèmes, les coûts liés aux améliorations thermiques de l'enveloppe nécessaires pour atteindre ces niveaux d'exigence.

Les coûts globaux présentés dans ce guide intègrent à la fois les coûts d'investissement (équipements énergétiques et travaux induits nécessaires à leur mise en œuvre) et les charges d'exploitation (abonnement, consommations d'énergie et entretien des installations) sur une durée de référence de 17 ans pour les solutions individuelles et de 22 ans pour les solutions collectives. L'ensemble des solutions a été simulé à l'aide de la méthode de calcul DPE (3CL-DPE) sur deux bâtiments de référence : l'un représentatif d'un immeuble dans lequel des solutions individuelles seraient privilégiées, l'autre représentatif d'un immeuble davantage adapté à l'intégration de systèmes collectifs. Cette approche a permis de déterminer les principaux paramètres techniques nécessaires au dimensionnement des installations et donc à leur chiffrage, ainsi que l'impact sur les consommations énergétiques et les coûts d'exploitation. Les principales hypothèses sont détaillées en annexe.

Cette démarche fournit un cadre d'analyse cohérent pour comparer les différentes alternatives au gaz. Les résultats présentés constituent toutefois des ordres de grandeur qui doivent être appréciés au regard des caractéristiques propres à chaque opération (configuration du bâtiment, niveau d'isolation initial, conditions d'exploitation...). Les évaluations énergétiques et économiques reposent notamment sur des bâtiments de référence fortement consommateurs d'énergie et faiblement isolés à l'état initial. Il s'agit volontairement de cas défavorables, représentatifs des situations les plus exigeantes. Pour les bâtiments disposant d'une meilleure isolation initiale, le remplacement d'une chaudière gaz par une solution bas carbone impliquera des performances énergétiques et économiques plus favorables que celles présentées ici. De même, l'atteinte d'un niveau de performance élevé (e.g. étiquette B du DPE), nécessitera des travaux sur le bâti plus limités, voire parfois aucun.

**Les résultats de ce guide doivent donc être interprétés comme des ordres de grandeur issus d'un scénario particulièrement contraignant et non comme une situation moyenne du parc existant.**

**Enfin, les évaluations énergétiques et économiques ne tiennent pas compte de contraintes physiques pouvant limiter l'intégration des équipements** dans certains bâtiments telles que la disponibilité d'espaces extérieurs suffisants pour l'installation de PAC. Lorsque des contraintes techniques apparaissent sur le terrain, plusieurs leviers peuvent être mobilisés pour faciliter la mise en œuvre de solutions bas carbone (cf. ci-après : "Des leviers pour faciliter le recours aux solutions de référence que sont les systèmes thermodynamiques et les réseaux de chaleur urbains"). Les contraintes acoustiques et de raccordement électrique ont en revanche été prise en compte et leur impact économique est intégré dans les travaux induits.




** Un état initial avec un DPE mieux positionné aurait engendré des coûts de réhabilitation moins importants.*

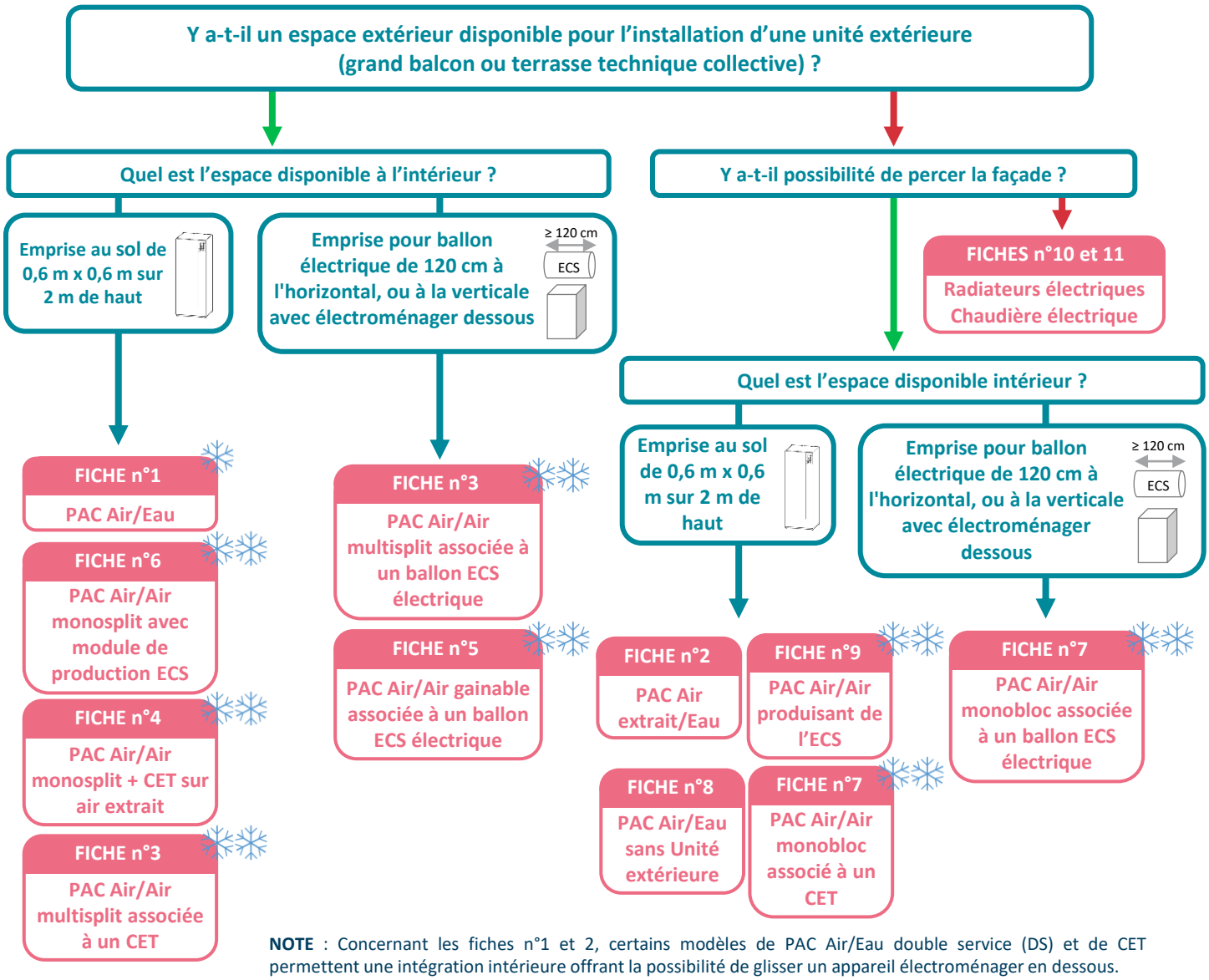
# C. UN LARGE PANEL DE SOLUTIONS POUR REMPLACER LES CHAUDIÈRES GAZ SELON LES SPÉCIFICITÉS ET CONTRAINTES DES BÂTIMENTS ET DES LOGEMENTS

Chaque fiche de ce guide détaille les spécificités et contraintes des bâtiments pour lesquelles la solution est adaptée, en portant une attention particulière à son intégration, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du bâti.

La configuration du chauffage existant, individuel ou collectif, est un premier facteur. L'accès à une source de chaleur extérieure est également déterminant pour les solutions thermodynamiques et peut aller d'un simple percement en façade à la disponibilité d'un espace plus conséquent, comme une terrasse ou une cour. La présence d'un réseau de chaleur à proximité peut aussi orienter les choix, tout comme la capacité à intégrer les équipements à l'intérieur du bâtiment, en fonction des contraintes d'espace et d'usage. Enfin, le choix entre des solutions sur eau ou sur air doit être considéré, ces dernières facilitant notamment la fonction de rafraîchissement.

## LES SOLUTIONS DISPONIBLES POUR LES BÂTIMENTS ÉQUIPÉS DE CHAUDIÈRES INDIVIDUELLES

Pour les bâtiments initialement équipés de chaudières individuelles, l'arbre décisionnel ci-dessous permet d'orienter les acteurs vers les solutions électriques et thermodynamiques les plus pertinentes. Il est également envisageable de collectiviser la production de chauffage, d'ECS ou des deux (cf. **fiche « Transformer un bâtiment équipé de chaudières gaz individuelles vers un système de chauffage collectif »** et les **fiches des solutions collectives**).




**NOTE** : Concernant les fiches n°1 et 2, certains modèles de PAC Air/Eau double service (DS) et de CET permettent une intégration intérieure offrant la possibilité de glisser un appareil électroménager en dessous.

**LÉGENDE** → Chemin à suivre si réponse **« OUI »** → Chemin à suivre si réponse **« NON »** Appareil électroménager

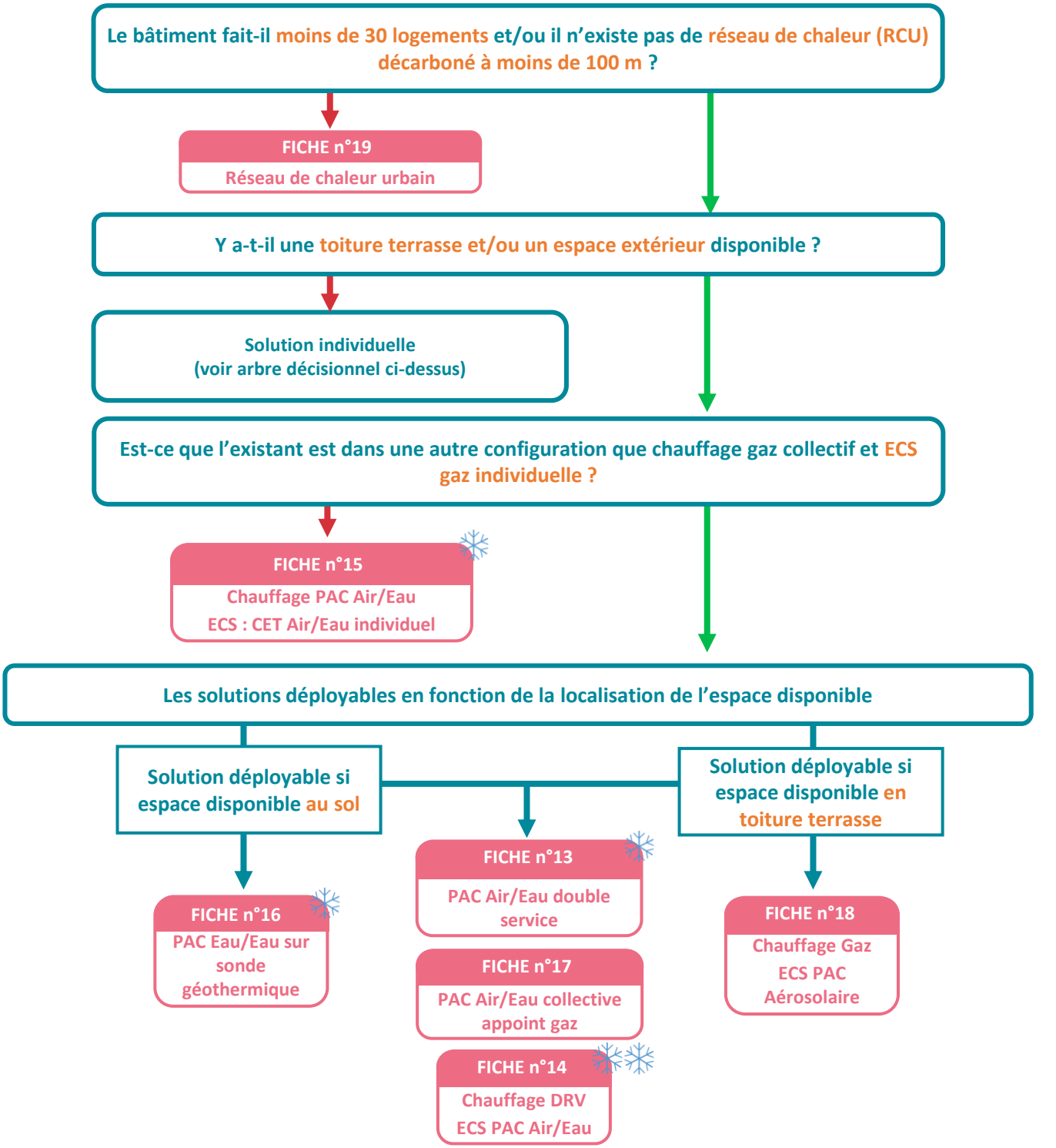
❄ La solution est capable d'embarquer du refroidissement mais cela nécessite des travaux conséquents.

❄❄ La solution est capable d'embarquer du refroidissement facilement.

# C. UN LARGE PANEL DE SOLUTIONS POUR REMPLACER LES CHAUDIÈRES GAZ SELON LES SPÉCIFICITÉS ET CONTRAINTES DES BÂTIMENTS ET DES LOGEMENTS

## LES SOLUTIONS DISPONIBLES POUR LES BÂTIMENTS ÉQUIPÉS DE CHAUDIÈRES COLLECTIVES

Pour les bâtiments initialement équipés de chaudières collectives, l'arbre décisionnel ci-dessous permet d'orienter les acteurs vers les solutions de décarbonation (électriques, thermodynamiques ou réseaux de chaleur) les plus pertinentes en fonction de la configuration du logement et du bâtiment à rénover.




**LÉGENDE**

- Chemin à suivre si réponse **« OUI »**
- Chemin à suivre si réponse **« NON »**
- La solution est capable d'embarquer du refroidissement mais cela nécessite des travaux conséquents.
- La solution est capable d'embarquer du refroidissement facilement.

# D. DES BÉNÉFICES CLIMATIQUES IMPORTANTS ET DES LEVIERS TECHNIQUES POUR FACILITER LA MISE EN ŒUVRE DES SOLUTIONS DE REMPLACEMENT DES CHAUDIÈRES GAZ

## DES ÉMISSIONS DE $CO_2$ FORTEMENT RÉDUITES

Les solutions de chauffage se distinguent fortement par leur niveau d'émissions de $CO_2$.

**Le remplacement d'une ancienne chaudière gaz par une PAC permet d'obtenir des réductions d'émissions de gaz à effet de serre très importantes, généralement de l'ordre de 10 à 15 fois moins par rapport à la situation de référence.** Ces performances s'expliquent par le faible contenu carbone de l'électricité en France ainsi que par le rendement élevé des PAC. Les solutions hybrides, associant PAC et appoint gaz, permettent également des réductions significatives de gaz à effet de serre, mais dans des proportions beaucoup moins importantes que les solutions PAC (réductions généralement comprises entre un facteur 2 et 6).

Dans le cas des réseaux de chaleur, les performances en matière d'émissions dépendent directement du mix de production (part d'énergies renouvelables et de récupération notamment), ce qui peut conduire à des niveaux de réduction d'émission et d'impact sur l'étiquette DPE très variables selon les territoires. Dans le cadre de la présente étude, la valeur moyenne nationale d'émissions de GES des RCU a été retenue. Ainsi, suivant le mix énergétique local alimentant le RCU, les résultats en termes de classement DPE pourront être différents de ceux affichés dans ce guide. Par ailleurs, les facteurs d'émission des RCU font l'objet de mises à jour régulières pour tenir compte des progrès de décarbonation réalisés.

Ces ordres de grandeur sont issus de calculs réalisés selon la méthode du DPE, garantissant une base homogène de comparaison entre les différentes solutions. **Chaque "fiche système" du guide précise les niveaux d'émissions associés au système étudié, afin d'apporter une vision plus fine et adaptée aux différentes configurations.**

## DES LEVIERS POUR FACILITER LE RECOURS AUX SOLUTIONS DE RÉFÉRENCE QUE SONT LES SYSTÈMES THERMODYNAMIQUES ET LES RÉSEAUX DE CHALEUR URBAINS

**Pour les bâtiments équipés d'une chaudière gaz, l'objectif prioritaire est l'installation d'une solution PAC électrique ou le raccordement à un RCU lorsque celui-ci est disponible**. **Contrairement à certaines idées reçues, de nombreuses configurations de bâtiments permettent l'intégration de solutions thermodynamiques en rénovation.** Lorsque des contraintes techniques apparaissent, plusieurs leviers peuvent être mobilisés pour faciliter leur mise en œuvre :

- **L'amélioration du bâti est un levier qui peut faciliter l'intégration des PAC**. En effet, le renforcement de l'enveloppe du bâtiment réduit les besoins de chauffage et, par conséquent, la puissance des PAC à installer. Des équipements moins puissants sont généralement plus compacts, ce qui facilite leur implantation dans des bâtiments existants où l'espace disponible est souvent contraint. Cette réduction de taille simplifie également les travaux d'intégration (implantation des unités, raccordement électrique, contraintes structurelles, etc.) et peut contribuer à diminuer les coûts associés. Par ailleurs, des machines moins puissantes génèrent généralement moins de nuisances sonores, ce qui limite les besoins en traitement acoustique.

- **L'association de systèmes joule et de systèmes thermodynamiques est une alternative pertinente dans certaines situations.** Certaines solutions individuelles étudiées dans ce guide associent pompes à chaleur (PAC) et équipements à effet Joule (radiateurs électriques dans les chambres et/ou ballon d'eau chaude électrique). Ces configurations nécessitent un bâti de qualité suffisante pour compenser les performances énergétiques plus limitées de ces systèmes électriques par rapport aux solutions thermodynamiques. En revanche, ces configurations peuvent présenter un intérêt dans certains contextes. Elles permettent de s'adapter à des contraintes d'intégration qui empêchent parfois le recours à des solutions totalement thermodynamiques (intégration architecturale, enjeu acoustique, espace disponible à l'intérieur du logement, …). Elles peuvent donc constituer des alternatives décarbonées pertinentes au remplacement des chaudières gaz individuelles.

- **Même après rénovation du bâti, certains bâtiments conservent des puissances de chauffage trop élevées** au regard des contraintes d'intégration d'une PAC électrique (puissance électrique disponible, emprise technique, acoustique, adaptation des émetteurs, etc.). **Dans ce cas, le recours à une solution hybride associant PAC et appoint gaz peut constituer une alternative de transition** pertinente car elle permet notamment de limiter la puissance de la PAC ainsi que les travaux induits associés. En revanche, cette configuration implique le maintien d'un appoint gaz, et donc des émissions résiduelles de gaz à effet de serre ainsi qu'une consommation persistante d'énergie fossile. Le guide comprend des fiches présentant les bonnes pratiques à mettre en œuvre (mode de fonctionnement simultané notamment) afin d'assurer un fort taux de décarbonation dans des conditions technico-économiques acceptables.

# E. LE REMPLACEMENT DE CHAUDIÈRES GAZ PAR DES SOLUTIONS DÉCARBONÉES PERMET DES BÉNÉFICES CARBONE ET ÉNERGÉTIQUES IMPORTANTS À COÛTS D'INVESTISSEMENT MAÎTRISÉS

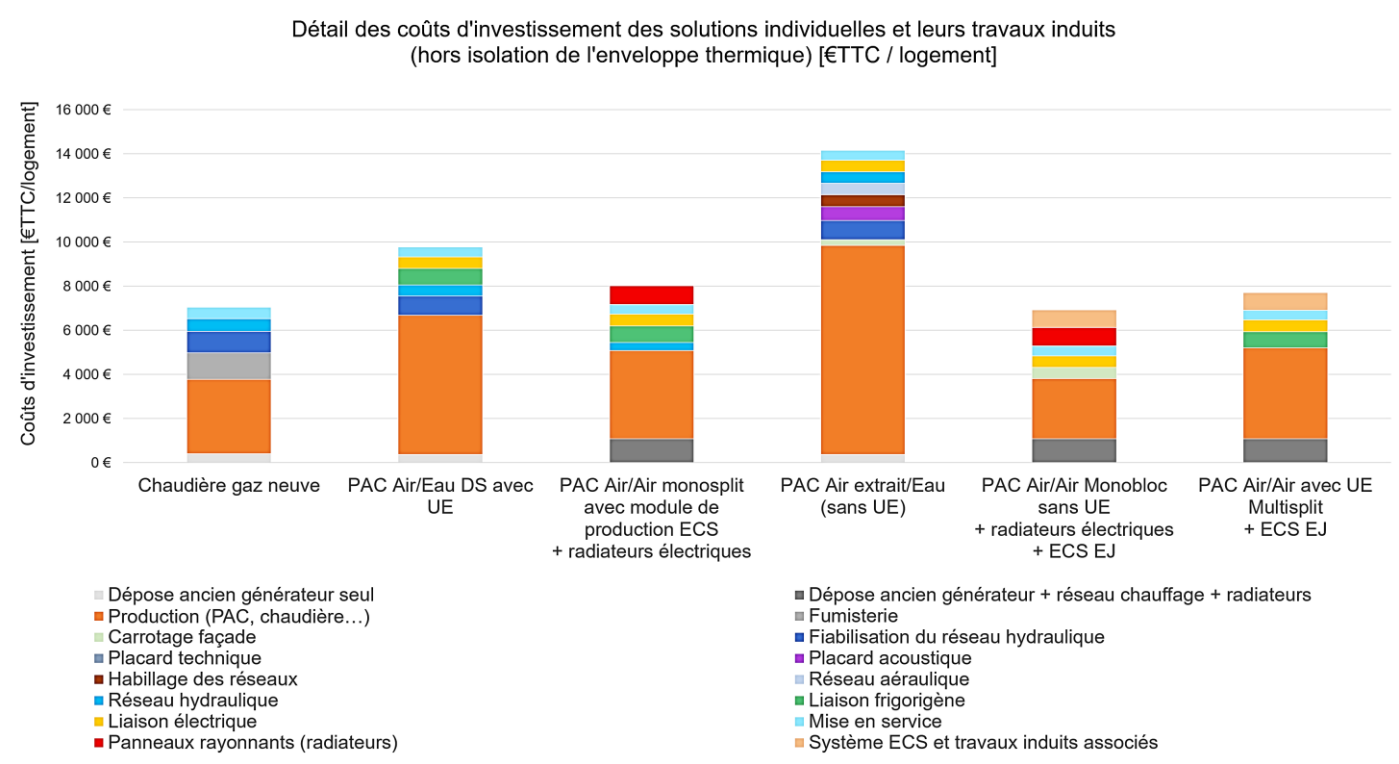
## LE REMPLACEMENT DU GAZ PAR DES SOLUTIONS BAS CARBONE NÉCESSITE D'ANTICIPER LES TRAVAUX INDUITS ASSOCIÉS

Au-delà du remplacement du système de production de chaleur lui-même, l'installation de solutions thermodynamiques ou le raccordement à un RCU implique la réalisation de travaux complémentaires nécessaires à leur bonne intégration dans le bâtiment. Ceux-ci peuvent notamment concerner l'accès à la source de chaleur extérieure, le raccordement électrique, le traitement acoustique, la dépose des équipements existants dans le cas de solutions à vecteur air, ou encore l'adaptation et la fiabilisation du réseau hydraulique. Il est à noter que pour les solutions individuelles, l'éventuel impact technico-économique sur la colonne montante en cas de déploiement simultané dans plusieurs logements n'a pas été pris en compte dans la présente étude. Dans ce cadre, les coûts de « raccordement électrique » pour les systèmes individuels correspondent uniquement au tirage d'une nouvelle liaison électrique entre l'équipement et le tableau électrique du logement et à l'ajout d'un disjoncteur dédié. L'ensemble des travaux pris en compte pour chaque solution est détaillé en annexe.

## UNE ANALYSE EXHAUSTIVE MONTRE DES COÛTS D'INVESTISSEMENT MAÎTRISÉS

Les coûts d'investissement présentés dans ce guide ont été évalués de manière exhaustive en intégrant l'ensemble des travaux induits nécessaires à la mise en œuvre des différentes solutions. Ils sont détaillés dans chacune des fiches techniques et en annexes.

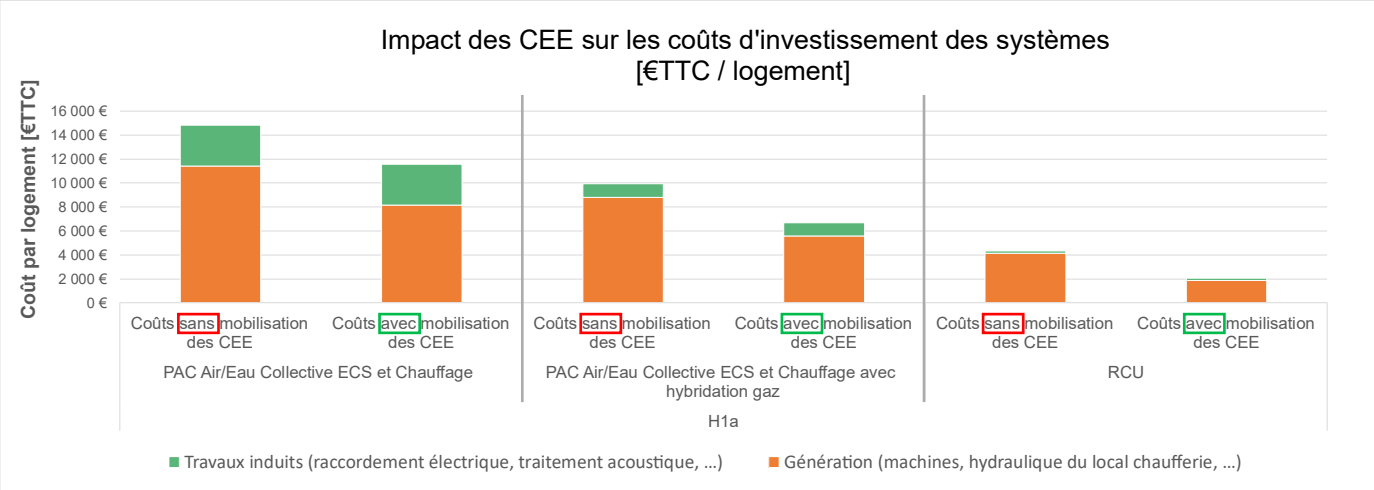
À titre d'illustration, la figure ci-dessous présente la répartition des coûts d'investissement pour plusieurs solutions individuelles. Si les travaux induits représentent entre 20 % à 60 % de l'investissement total et doivent donc être systématiquement intégrés à l'évaluation économique des projets, ils ne constituent pas pour autant un obstacle rédhibitoire. En effet, les solutions bas carbone affichent des niveaux d'investissement globalement comparables à ceux d'une chaudière gaz neuve (à l'exception des PAC sur air extrait dont l'offre actuelle demeure positionnée sur un segment premium).



# E. LE REMPLACEMENT DE CHAUDIÈRES GAZ PAR DES SOLUTIONS DÉCARBONÉES PERMET DES BÉNÉFICES CARBONE ET ÉNERGÉTIQUES IMPORTANTS À COÛTS D'INVESTISSEMENT MAÎTRISÉS

## POUR CERTAINES SOLUTIONS, DES DISPOSITIFS D'AIDES PERMETTENT ACTUELLEMENT UNE FORTE RÉDUCTION DU RESTE À CHARGE

Plusieurs fiches CEE* ont été récemment publiées pour favoriser le développement des solutions bas carbone collectives (PAC collective et RCU). Le graphique ci-dessous montre l'impact de la mobilisation des CEE pour 3 systèmes différents (PAC Air/Eau seule, PAC Air/eau hybridée avec chaudière gaz et RCU). Sous réserve de respecter certaines exigences**, ces aides permettent donc de réduire de 25 à 50 % le coût d'investissement des systèmes, travaux induits inclus. Elles constituent ainsi un levier financier majeur pour alléger le reste à charge des maîtres d'ouvrage. A noter que les coûts d'investissement présentés dans les fiches ne tiennent pas compte de ces aides.




*BAR-TH-179 pour PAC collective et BAR-TH-137 pour RCU **exemple en PAC air/eau collective : fabrication sur le territoire EU, variation du montant des aides en fonction de la puissance de PAC installée comparé à la puissance totale de la chaufferie, ...

## LES SOLUTIONS BAS CARBONE AMÉLIORENT SIGNIFICATIVEMENT LE DPE DES LOGEMENTS

Comme l'illustre le tableau ci-dessous, alors que les bâtiments de référence étudiés sont initialement classés à la frontière des classes F et G, le remplacement des chaudières gaz par des solutions bas carbone permet un gain d'étiquette DPE. Les PAC permettent généralement d'atteindre l'étiquette C grâce à leur haute efficacité énergétique et à leurs faibles émissions de GES.

| TYPE DE SYSTEME | FICHE N° | SOLUTION REMPLAÇANT LA CHAUDIÈRE GAZ | ÉTIQUETTE DPE | |
|---|---|---|---|---|
| | | | INITIAL | APRÈS TRAVAUX |
| INDIVIDUEL | 1 | PAC Air/Eau individuelle Double service | G / F | D / C |
| | 3 et 5 | PAC Air/Air individuelle multisplit ou gainable + ECS thermodynamique (CET) | G / F | C |
| COLLECTIF | 13 | PAC Air/Eau collective | G / F | C |
| | 14 | PAC Air/Air collective (DRV) + ECS thermodynamique | G / F | C |
| | 19 | RCU | G / F | E |

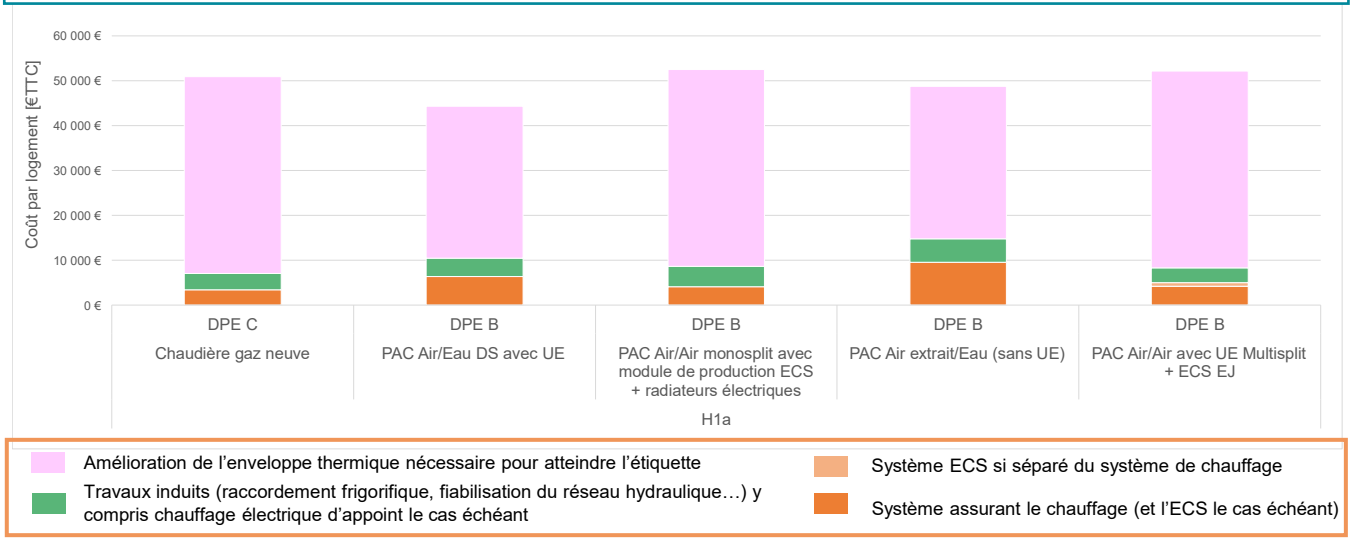
# F. DES COÛTS D'INVESTISSEMENT COMPÉTITIFS POUR ATTEINDRE DES EXIGENCES ÉNERGÉTIQUES ET CARBONE RENFORCÉES EN COMBINANT SYSTÈMES ET AMÉLIORATION DU BÂTI

## LES SOLUTIONS DÉCARBONÉES PRÉSENTENT DES COÛTS D'INVESTISSEMENT COMPÉTITIFS POUR ATTEINDRE L'ETIQUETTE B DU DPE

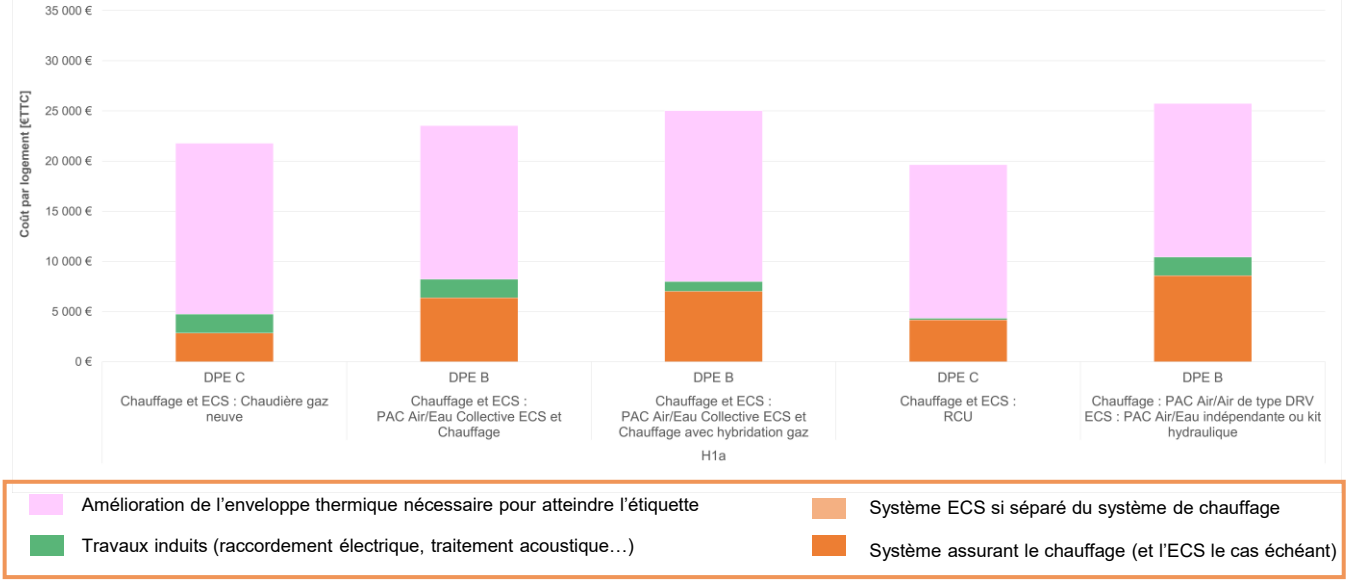
Le remplacement d'une chaudière gaz par un chaudière neuve à condensation ne permet pas d'atteindre l'étiquette B, même dans le cadre d'une rénovation complète du bâti (murs, planchers hauts et bas, menuiseries et ventilation).

A l'inverse, comme l'illustrent les graphiques ci-dessous pour certaines solutions individuelles et collectives, **les solutions thermodynamiques permettent d'atteindre une étiquette B avec un niveau d'investissement global comparable, voire inférieur, à celui d'une solution gaz visant une étiquette C.** Dans le détail, les coûts d'investissement des équipements et des travaux induits sont équivalents, voire plus élevés pour les solutions thermodynamiques. En revanche, les coûts liés à la rénovation de l'enveloppe sont plus faibles, voire nettement plus faibles pour certaines solutions. Cela s'explique par les très bonnes performances énergétiques et carbone des systèmes thermodynamiques qui réduisent le besoin de travaux complémentaires sur le bâti pour atteindre un haut niveau de performance du bâtiment.

Coûts d'investissement de quelques **solutions individuelles** avec intégration du coût d'une rénovation d'enveloppe thermique minimale nécessaire à l'atteinte de l'étiquette B ou, à défaut, de l'étiquette C




Coûts d'investissement de quelques **solutions collectives** avec intégration du coût d'une rénovation d'enveloppe thermique minimale nécessaire à l'atteinte de l'étiquette B ou, à défaut, de l'étiquette C

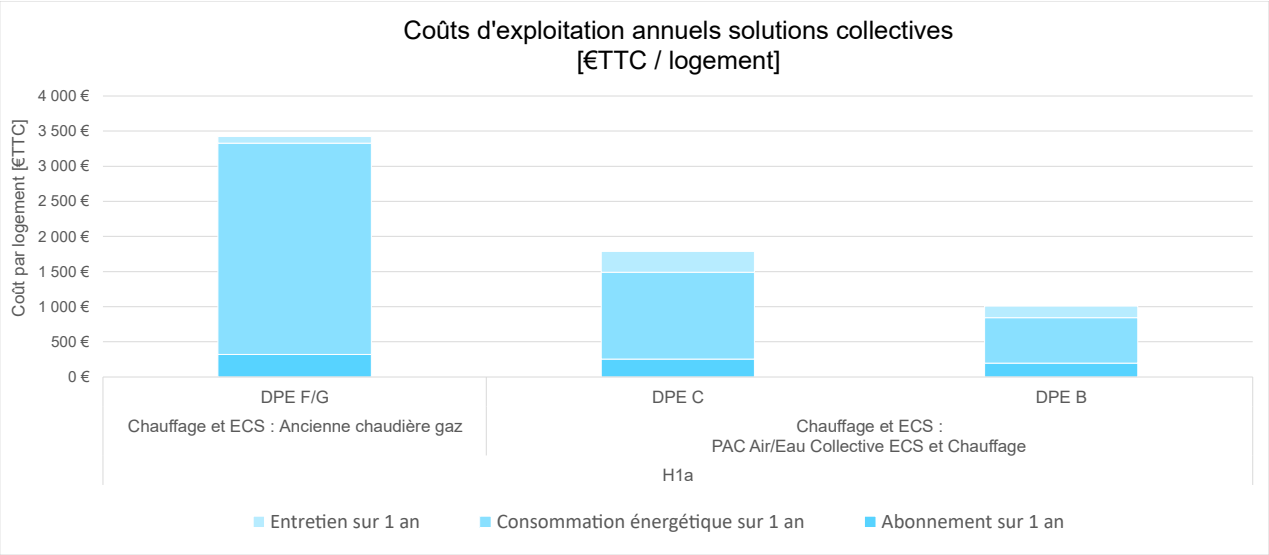


# G. LE REMPLACEMENT DE CHAUDIÈRES GAZ PAR DES SOLUTIONS DÉCARBONÉES PERMET UNE FORTE BAISSE DES COÛTS D'EXPLOITATION ET DU COÛT GLOBAL

## LES COÛTS D'EXPLOITATION SONT FORTEMENT RÉDUITS

Les systèmes électriques et thermodynamiques entraînent une forte diminution des dépenses d'exploitation. À titre d'illustration et comme le montre le graphique ci-dessous, **l'installation d'une PAC Air/Eau individuelle permet une baisse des coûts d'exploitation de l'ordre de 50 % par rapport à la situation initiale et même de 70 % si elle est associée à une rénovation du bâti permettant d'atteindre l'étiquette B du DPE.** Cette réduction s'explique à la fois par la haute efficacité de la PAC, par des besoins énergétiques plus faibles dans le cas d'une rénovation du bâti et dans une moindre mesure par la suppression de l'abonnement au gaz.

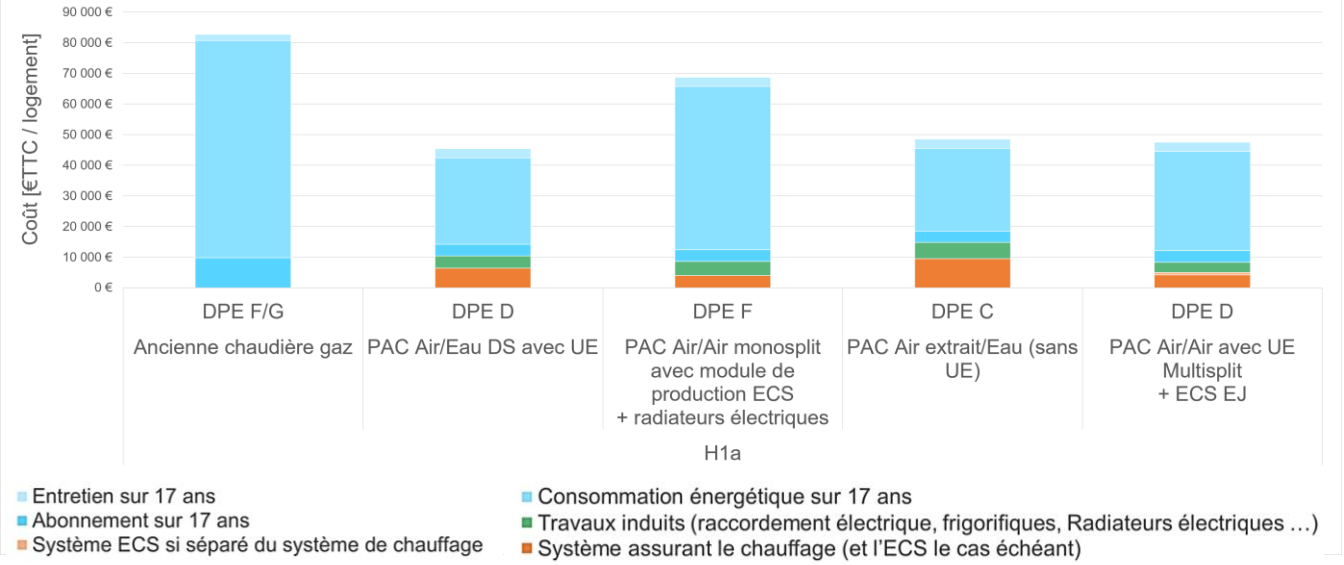
Les factures énergétiques présentées sont issues des consommations conventionnelles calculées dans le cadre du DPE. Elles constituent des estimations comparables entre solutions mais diffèrent des dépenses réelles des ménages, qui dépendent notamment des comportements d'usage, des conditions climatiques et des conditions réelles d'exploitation du bâtiment.




## LES SOLUTIONS BAS CARBONE AMÉLIORENT DONC SIMULTANÉMENT COÛT GLOBAL ET DPE

À titre d'illustration, le graphique ci-dessous en propose une lecture synthétique pour plusieurs solutions représentatives en chauffage individuel. Comme expliqué précédemment, les systèmes thermodynamiques permettent une amélioration du DPE. Malgré l'investissement initial lié au remplacement de l'ancien système par un système bas carbone, le coût global est fortement réduit comparé à la conservation de la chaudière existante : d'environ 40 % pour les solutions thermodynamiques et 30 % pour les RCU (voir fiche dédiée). Les gains sont plus limités pour les solutions intégrant des radiateurs électriques du fait de leur moins bonne efficacité.

Coûts globaux de quelques **solutions individuelles** sans rénovation d'enveloppe thermique



# Fiches solutions individuelles

Pages 15 à 50

# 1 PAC Air/Eau double ou triple service avec unité extérieure

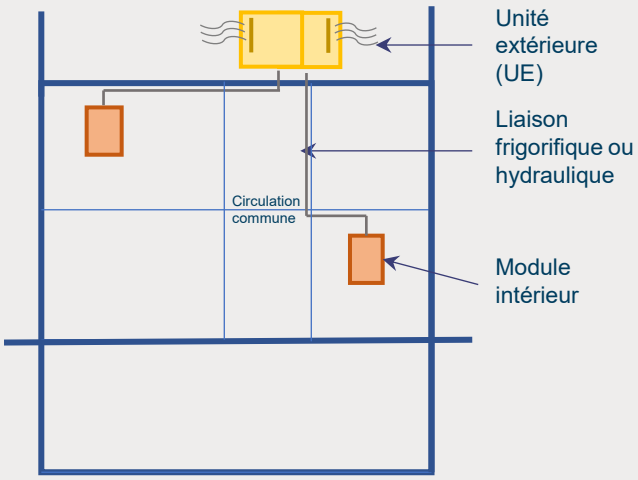
Pages 16 à 17

# 1 PAC Air/Eau double ou triple service avec unité extérieure

## DESCRIPTIF GÉNÉRAL

Une PAC Air/Eau prélève des calories sur l'air extérieur grâce à une unité extérieure constituée notamment d'un ventilateur et d'un échangeur. Toutes les PAC ont la capacité de produire de la chaleur et une grande partie sont réversibles et produisent également du froid.

L'unité extérieure (UE) est reliée à un module intérieur via une liaison hydraulique (PAC monobloc) ou une liaison frigorifique (PAC bibloc). Ce module est disposé dans le logement, il assure la distribution du chauffage et contient un ballon ECS.




## DOMAINE D'APPLICATION

- Espace extérieur (ex : toiture terrasse collective) pour unité extérieure
- Espace intérieur suffisant pour accueillir le module intérieur
- Bon niveau d'isolation du bâti pour limiter la taille et le coût de la PAC
- Privilégier à partir du T3 ou de 50 m².

## POINTS FORTS

- Production chauffage et ECS (et rafraîchissement si présence de ventilo-convecteur ou plancher chauffant)
- Permet de réutiliser les anciens émetteurs (radiateurs, plancher chauffant basse température…)
- Encombrement du module intérieur réduit pour certains modèles
- Nuisances acoustiques intérieures très faibles

## POINTS D'ATTENTION

- Intégration architecturale et acoustique de l'unité extérieure à considérer
- La liaison frigorifique ou hydraulique doit être visitable et circule donc souvent dans les parties communes
- Les gammes de puissances proposées par les industriels ne sont pas toujours adaptées aux plus petites surfaces

## CAPACITÉS ET PERFORMANCES

Puissance nominale disponible selon modèles : de 3 à 10 kW

SCOP certifié (Norme EN14825) de 3,2 à 3,5

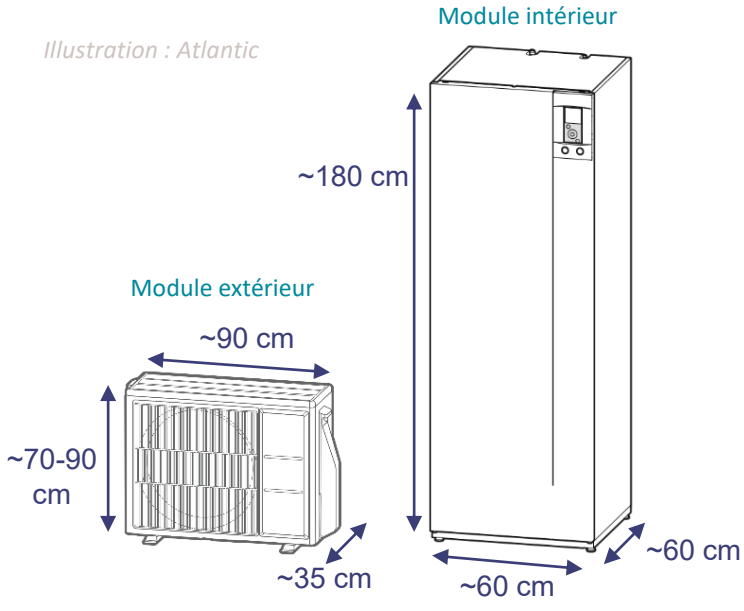
Puissance acoustique :

- Module intérieur ≃ 40 dB(A)
- Unité extérieure ≃ 57-62 dB(A) en fonction de la puissance

## IMPLANTATION DES ÉQUIPEMENTS

### Dimensions

*Illustration : Atlantic*




### Intégration

Présence d'une unité extérieure nécessitant un espace extérieur type balcon ou toiture terrasse technique collective si logement proche du plancher haut. La distance D séparant l'UE du module intérieur ainsi que le dénivelé d acceptable entre ces 2 éléments sont limités et dépendent de chaque machine mais généralement $D_{max}$ = 30 m et $d_{max}$ = 15-20 m.

Les liaisons hydrauliques ou frigorifiques reliant l'UE au logement doivent être visitables. Ceci implique souvent un positionnement dans les parties communes dont les modalités d'intégration et de camouflage doivent être validées auprès de la copropriété.

Le module intérieur occupe environ 0,4 m² au sol mais certains modèles sont suspendus et permettent de glisser un appareil électroménager de 90 cm (machine à laver par exemple) en dessous.

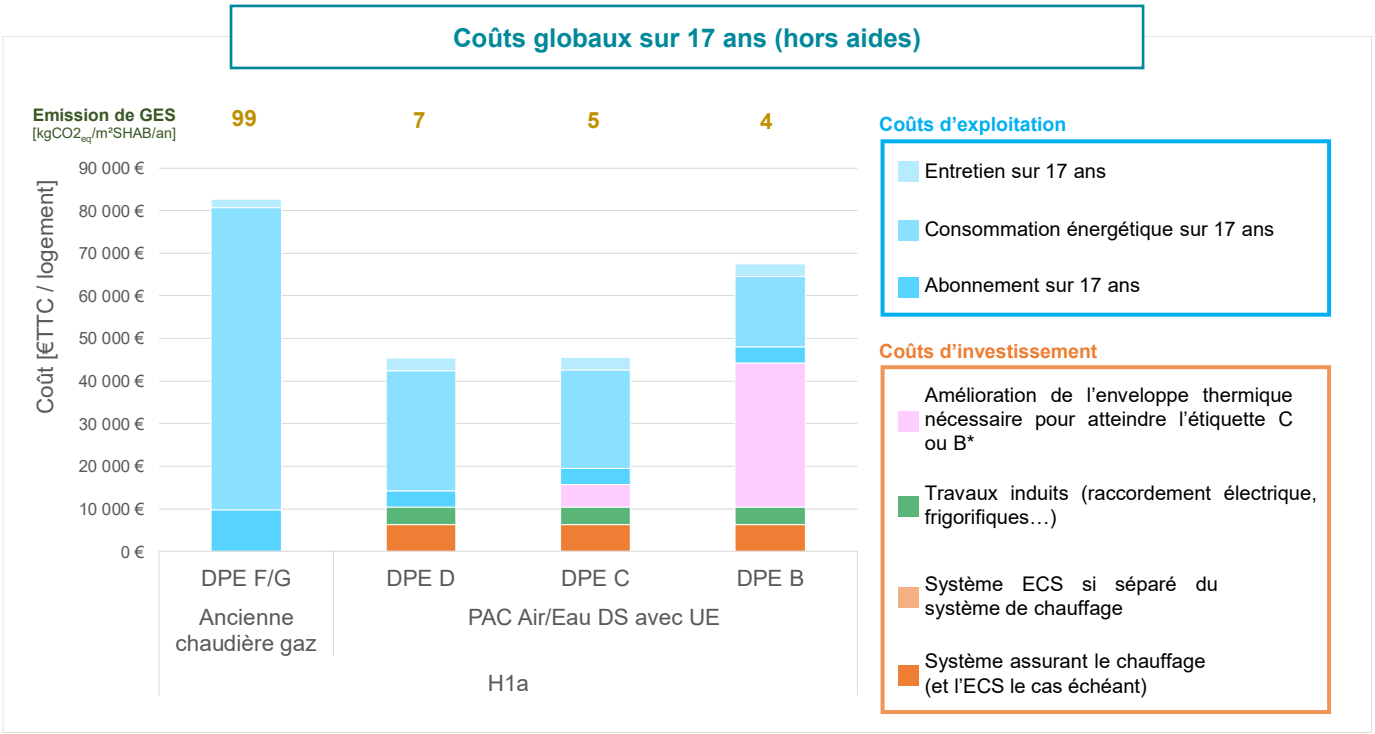
Certains modèles ne sont pas compatibles avec un réseau de radiateur monotube.

# 1 | PAC Air/Eau double ou triple service avec unité extérieure

## BONNES PRATIQUES

- Sélectionner un matériel avec performances certifiées. Privilégier les fluides frigorigènes à faible impact type R290.
- L'UE ne doit pas être trop confinée afin de ne pas aspirer l'air qu'elle rejette (recyclage d'air) ce qui engendrerait une baisse de performance. Attention, certains dispositifs de camouflage ne respectent pas le fonctionnement de la PAC.
- Considérer l'impact acoustique de l'UE : mobiliser un acousticien pour valider son positionnement, éviter la transmission des vibrations en positionnant l'UE sur des plots anti vibratiles et en la désolidarisant des canalisations (ex : raccord flexible).
- Pose en toiture terrasse technique collective à privilégier. Attention dénivelé max toléré souvent limité à 15 m.
- De l'eau de condensation peut apparaitre sous l'UE, privilégier un support drainant.
- Considérer les règles d'urbanisme locales, une déclaration préalable est notamment à réaliser. Un accord de la copropriété pour valider la position de l'unité extérieure et la disposition des réseaux dans les parties communes est à obtenir.
- Réaliser un calcul des déperditions du logement pour permettre un dimensionnement qualitatif de la PAC.
- Adapter la puissance de l'abonnement électrique si besoin. En cas d'installation de PAC individuelle dans plusieurs logements de l'immeuble, contacter le gestionnaire du réseau pour anticiper l'impact technico-économique sur la colonne montante.
- Entretien règlementairement obligatoire tous les 2 ans pour les systèmes thermodynamiques d'une puissance nominale > 4 kW. Cependant, quelle que soit la puissance, privilégier un suivi régulier par un professionnel. Nettoyage de l 'unité extérieure minimum 1 fois/an.
- Si l'UE est en toiture terrasse, anticiper la réfection future de la toiture et veillez à la qualité des percements de l'étanchéité.
- Prévoir la fiabilisation du réseau hydraulique existant avec désembouage des émetteurs et pose de robinets thermostatiques. Etant donné la sensibilité des PAC aux pollutions d'eau et notamment aux boues, cette étape est indispensable pour une installation pérenne.
- La machine est capable d'assurer une fonction de rafraichissement mais cela implique des travaux supplémentaires non pris en compte dans la présente fiche avec notamment le changement d'émetteurs pour des ventilo-convecteurs.
- Se renseigner sur les dispositifs d'aide au financement.

## COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION




* Un état initial avec un DPE mieux positionné (enveloppe thermique plus performante) aurait engendré des coûts de réhabilitation moins importants.

Le gain d'étiquette engendrera une plus-value de la valeur du bien immobilier de l'ordre de 17 % si l'étiquette C est atteinte et de 23 % si l'étiquette B est atteinte (source : www.notaires.fr).

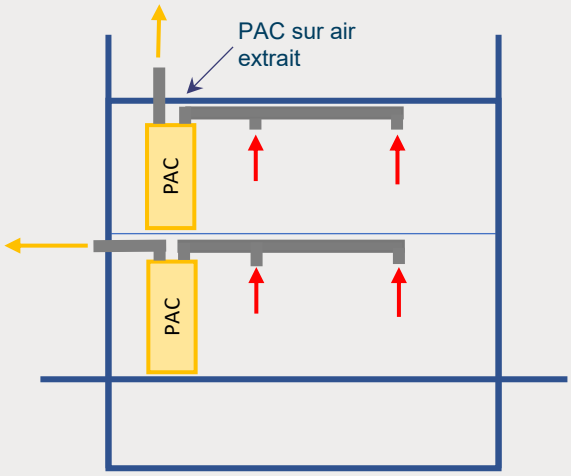
# 2 PAC Air extrait/Eau double ou triple service sans unité extérieure

Pages 19 à 20

# 2 PAC Air extrait/Eau double ou triple service sans unité extérieure

## DESCRIPTIF GÉNÉRAL

Il s'agit d'une PAC sur ventilation simple flux autoréglable. Comme pour une VMC simple flux traditionnelle, l'air neuf entre au niveau des menuiseries et l'air vicié est extrait dans les pièces humides (salle de bains, toilettes et cuisine) puis acheminé jusqu'à la PAC. La PAC prélève des calories sur cet air extrait chaud. Le chauffage est réalisé via un réseau de chauffage hydraulique (radiateur, plancher chauffant, ventilo-convecteur).
La PAC a la capacité d'assurer le chauffage, le froid et la production d'ECS.




## DOMAINE D'APPLICATION

- Possibilité de percer la façade
- Espace intérieur suffisant pour accueillir la PAC
- À privilégier à partir du T3. Les performances de la machine découlant directement de la surface des pièces humides, les plus petites typologies ne permettent pas des débits d'extraction suffisants.
- Bon niveau d'isolation du bâti indispensable.

## POINTS FORTS

- Absence d'unité extérieure et sorties possibles en toiture ou en façade. Intégration architecturale et enjeux acoustiques extérieurs facilités.
- Production ECS et chauffage.
- Permet de réutiliser les anciens émetteurs (radiateurs, plancher chauffant basse température…).
- Pas de liaison fluide frigorigène donc intervention limitée du frigoriste.

## POINTS D'ATTENTION

- Nécessité d'intégrer la PAC dans un placard pour des enjeux acoustiques
- Performances de la PAC dépendantes de la qualité de mise en œuvre du réseau VMC et de son entretien
- Ne peut être mis en œuvre que dans une logique de réhabilitation énergétique globale (non adaptée aux logements très déperditifs)
- Implique une VMC autoréglable pour assurer des débits suffisants au bon fonctionnement de la PAC.

## CAPACITÉS ET PERFORMANCES

Puissance nominale disponible selon modèles : de 4 et 7 kW

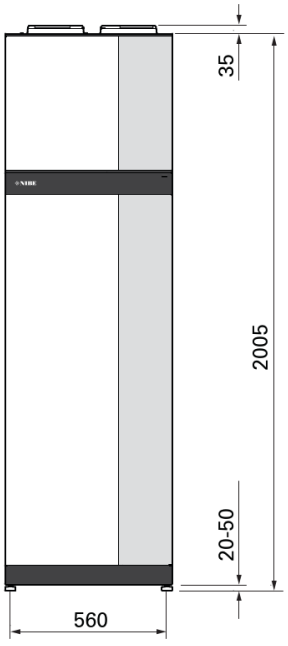
SCOP certifié (Norme EN14825) de 3,67 et 3,7

Capacité du ballon ECS : 180 L

Puissance acoustique intérieure :
- 4 kW : 38 dB(A)
- 7 kW : 40 dB(A)

## IMPLANTATION DES ÉQUIPEMENTS

### Dimensions



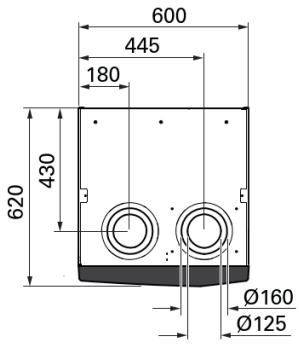




*Illustration : NIBE*

### Intégration

Espace minimum de 300 mm au-dessus de la machine à prévoir pour le raccordement des gaines VMC. La PAC peut être installée en 2 parties si la hauteur sous plafond est insuffisante. La maintenance implique la nécessité d'un dégagement de 80 cm devant la machine. La machine occupe environ 0,4 m² au sol et doit être intégrée a minima dans un placard technique voire acoustique si elle ne peut pas être éloignée des pièces de nuit.

Un jeu de 10 mm sur les côtés latéraux et à l'arrière de la machine doit être conservé afin d'éviter la transmission des vibrations aux cloisons adjacentes.

Le rejet de l'air est prévu en façade ou en toiture par un percement de Ø125 ou Ø160 mm selon le débit extrait.

Un bac à condensats est à raccorder sur évacuation EU (siphon horizontal Ø32 mm).

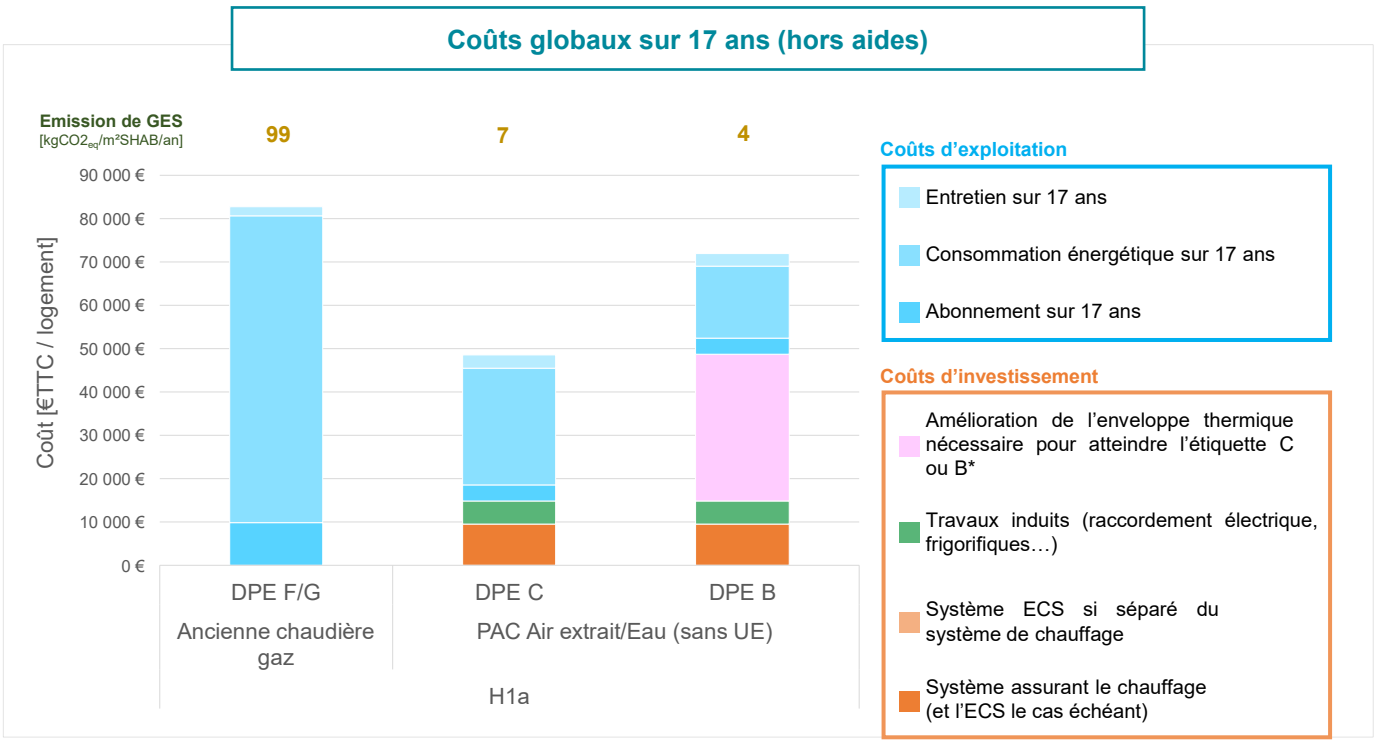
La VMC autoréglable est incluse dans la machine et doit être raccordée aux extractions des pièces humides (voir débits minimaux à extraire). Ce raccordement peut nécessiter des soffites.

# 2 | PAC Air extrait/Eau double service sans unité extérieure

## BONNES PRATIQUES

- La machine devra autant que possible être éloignée des pièces de nuit. Dans le cas contraire, prévoir un placard acoustique. Les tuyaux ne devront pas être fixés à une cloison interne donnant sur une chambre pour éviter la transmission des vibrations.
- La qualité de la mise en œuvre de la VMC est déterminante sur la performance de l'appareil (bons débits de ventilation, gaines non écrasées, détalonnage des portes…) et devra donc être particulièrement soignée.
- Vérifier en amont si le nombre et les surfaces des pièces humides permettent des débits de ventilation suffisants pour que la PAC subvienne aux besoins du logement.
- Pour les sorties en façade, privilégier les grilles équipées de goutte d'eau pour éviter les coulures en façade. Pour les sorties en toiture, choisir un système adapté et proscrire les chatières, champignon VMC et tuile à douille. Dans tous les cas, le rejet devra être isolé (R>0.6) et son linéaire n'excèdera pas 20 ml et 6 coudes.
- Les éventuelles anciennes bouches d'extraction de VMC devront être correctement obturées.
- Si le réseau VMC est choisi en acier galvanisé, une mise à la terre est obligatoire.
- Entretien règlementairement obligatoire tous les 2 ans pour les systèmes thermodynamiques d'une puissance nominale > 4 kW. Cependant, quelle que soit la puissance, privilégier un suivi régulier par un professionnel.
- Prévoir la fiabilisation du réseau hydraulique existant avec désembouage des émetteurs et pose de robinets thermostatiques. Etant donné la sensibilité des PAC aux pollutions d'eau et notamment aux boues, cette étape est indispensable pour une installation pérenne.
- Réaliser un calcul des déperditions du logement pour permettre un dimensionnement qualitatif de la PAC. Adapter la loi d'eau de la PAC pour limiter la température de production en considérant les déperditions et le radiateur de chaque pièce.
- Vérifier que les entrées d'air existantes sur les menuiseries soient compatibles avec la VMC autoréglable embarquée par la PAC. Les remplacer si nécessaire.
- La machine est capable d'assurer une fonction de rafraichissement mais cela implique des travaux supplémentaires non pris en compte dans la présente fiche avec notamment le changement d'émetteurs pour des ventilo-convecteurs.
- Se renseigner sur les dispositifs d'aide au financement.

## COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION




* Un état initial avec un DPE mieux positionné (enveloppe thermique plus performante) aurait engendré des coûts de réhabilitation moins importants.

Le gain d'étiquette engendrera une plus-value de la valeur du bien immobilier de l'ordre de 17 % si l'étiquette C est atteinte et de 23 % si l'étiquette B est atteinte (source : www.notaires.fr).

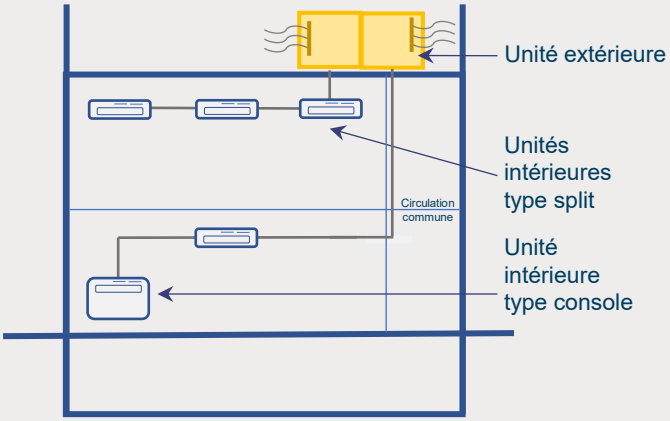
# 3 PAC Air/Air avec unité extérieure (Multisplit)

Pages 22 à 23

# 3 PAC Air/Air avec unité extérieure (Multisplit)

## DESCRIPTIF GÉNÉRAL

Cette solution capte des calories sur l'air extérieur et alimente via un réseau frigorifique jusqu'à 5 unités intérieures (split ou console). La plupart des PAC Air/Air sont réversibles et sont capables de produire du froid.
L'ECS est produite indépendamment de ce système.




## DOMAINE D'APPLICATION

- Espace extérieur (ex : toiture terrasse collective) pour unité extérieure
- Espace intérieur suffisant pour accueillir un ballon d'eau chaude électrique ou thermodynamique
- Adapté aux logements T2 et plus.
- Bonne performance énergétique de l'enveloppe conseillée

## POINTS FORTS

- Production de chauffage et de froid
- Encombrement intérieur limité aux unités intérieures (split ou console)
- Pas de raccordement hydraulique, simple liaison frigorifique entre l'unité extérieure et les unités intérieures.

## POINTS D'ATTENTION

- Intégration architecturale et acoustique de l'unité extérieure à considérer.
- Ne traite pas l'ECS, nécessite l'ajout d'un ballon d'eau chaude électrique ou thermodynamique.

## CAPACITÉS ET PERFORMANCES

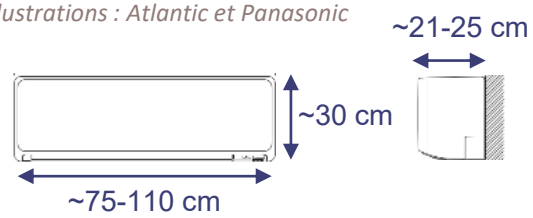
Puissance nominale disponible selon modèles : de 4 à 10 kW
SCOP certifié (Norme EN14825) de 4,2 à 4,7
SEER certifié (Norme EN14825) de 7,1 à 8,5

Puissance acoustique :
- Unité intérieure ≃ 55 dB
- Unité extérieure ≃ 60 -70 dB en fonction de la puissance

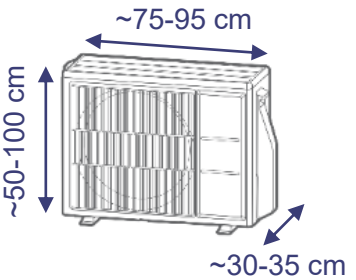
## IMPLANTATION DES ÉQUIPEMENTS

### Dimensions

*Illustrations : Atlantic et Panasonic*




Unité intérieure type « split »




Unité extérieure

Unité intérieure type « console »

### Intégration

La présence d'une unité extérieure nécessite un espace extérieur comme un balcon ou, si le logement proche du plancher haut, en toiture terrasse technique collective. La distance D séparant l'UE du module intérieur ainsi que le dénivelé d acceptable entre ces 2 éléments sont limités et dépendent de chaque machine mais généralement $D_{max}$ = 20-25 m et $d_{max}$ = 10-15 m.

Les liaisons frigorifiques reliant l'UE au logement doivent être visitables. Ceci implique souvent un positionnement dans les parties communes dont les modalités d'intégration et de camouflage doivent être validées auprès de la copropriété.

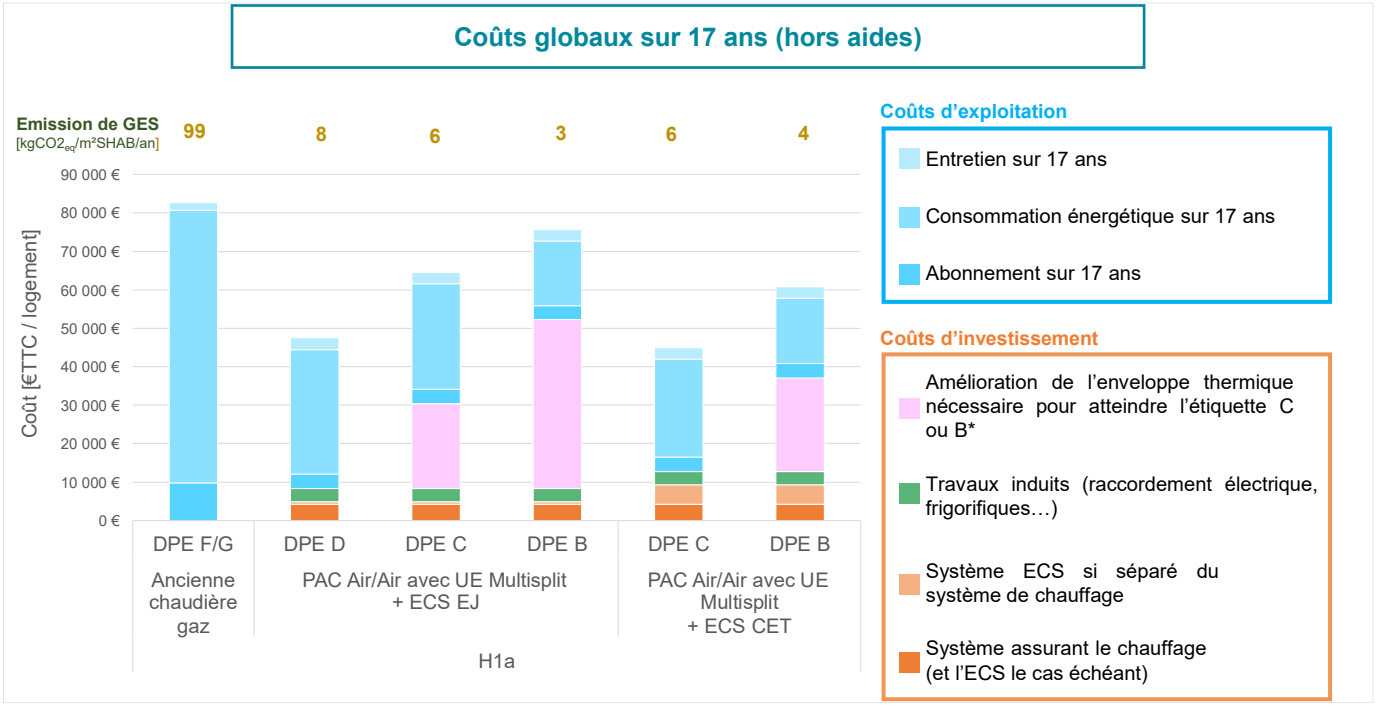
En plus des traditionnels « split », il existe d'autres types d'unités intérieures permettant de multiplier les configurations d'intégration possibles (exemple : consoles en lieu et place des anciens radiateurs hydrauliques).

# 3 | PAC Air/Air avec unité extérieure (Multisplit)

## BONNES PRATIQUES

- Sélectionner un matériel avec performances certifiées. Privilégier les fluides frigorigènes à faible impact type R290.
- L'UE ne doit pas être trop confinée afin de ne pas aspirer l'air qu'elle rejette (recyclage d'air), ce qui engendrerait une baisse de performance. Attention, certains dispositifs de camouflage entrainent ce recyclage et grèvent les performances des PAC.
- Considérer l'impact acoustique de l'UE : mobiliser un acousticien pour valider son positionnement, éviter la transmission des vibrations en positionnant l'UE sur des plots antivibratiles et en la désolidarisant des canalisations (ex : raccord flexible).
- Pose en toiture terrasse technique collective à privilégier. Attention au dénivelé max toléré.
- De l'eau de condensation peut apparaitre sous l'UE, privilégier un support drainant.
- Considérer les règles d'urbanisme locales, une déclaration préalable est notamment à réaliser. Un accord de la copropriété pour valider la position de l'unité extérieure et la disposition des réseaux dans les parties communes est à obtenir.
- Adapter la puissance de l'abonnement électrique si besoin. En cas d'installation du système dans plusieurs logements de l'immeuble, contacter le gestionnaire du réseau pour anticiper l'impact technico-économique sur la colonne montante.
- Si l'UE est en toiture terrasse, anticiper la réfection future de la toiture et veiller à la qualité des percements de l'étanchéité.
- Nettoyage des filtres des unités intérieures jusqu'à 1 fois/mois en hiver par retrait du capot avant et brossage des filtres avec une brosse à poils souples.
- Entretien règlementairement obligatoire tous les 2 ans pour les systèmes thermodynamiques d'une puissance nominale > 4 kW. Cependant, quelle que soit la puissance, privilégier un suivi régulier par un professionnel. Nettoyage de l 'UE minimum 1 fois/an.
- Prévoir en plus de la dépose de l'ancien générateur (chaudière gaz) la dépose du réseau hydraulique de chauffage, émetteurs compris.
- Prévoir l'éventuelle pose d'un ballon ECS à effet joule ou d'un CET pour assurer la production d'ECS.
- Se renseigner sur les dispositifs d'aide au financement.

## COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION




* Un état initial avec un DPE mieux positionné (enveloppe thermique plus performante) aurait engendré des coûts de réhabilitation moins importants.

Pour plus d'informations concernant les contraintes d'intégration et les coûts d'investissement d'un CET, se référer à la fiche n°12.

Le gain d'étiquette engendrera une plus-value de la valeur du bien immobilier de l'ordre de 17 % si l'étiquette C est atteinte et de 23 % si l'étiquette B est atteinte (source : www.notaires.fr).

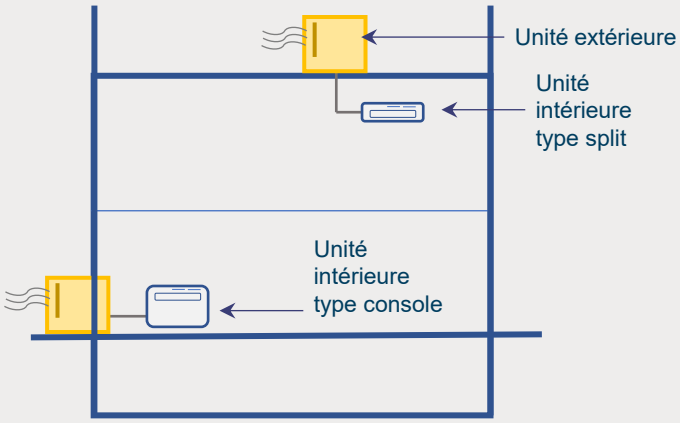
# 4 PAC Air/Air avec unité extérieure (Monosplit)

Pages 25 à 26

# 4 PAC Air/Air avec unité extérieure (Monosplit)

## DESCRIPTIF GÉNÉRAL

Cette solution capte des calories sur l'air extérieur et alimente via un réseau frigorifique une unité intérieure (split ou console). La plupart des PAC Air/Air sont réversibles et capables de produire du froid.
L'ECS est produite indépendamment de ce système. Les autres pièces sont chauffées par des radiateurs électriques effet joule.




## DOMAINE D'APPLICATION

- Espace extérieur (ex : toiture terrasse collective) pour unité extérieure
- Espace intérieur suffisant pour accueillir un ballon d'eau chaude électrique ou thermodynamique
- Adapté aux logements T2 et plus.
- Bonne performance énergétique de l'enveloppe

## POINTS FORTS

- Production de chauffage et de froid
- Encombrement intérieur limité au split ou à la console
- Pas de raccordement hydraulique, simple liaison frigorifique entre l'UE et l'unité intérieure (split)

## POINTS D'ATTENTION

- Intégration architecturale et acoustique de l'unité extérieure à considérer
- Ne traite pas l'ECS, nécessite l'ajout d'un ballon d'eau chaude électrique ou thermodynamique.

## CAPACITÉS ET PERFORMANCES

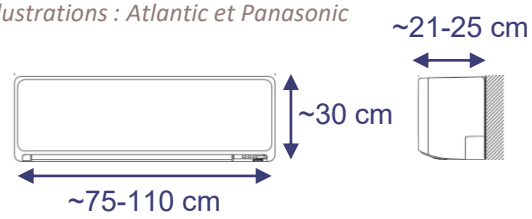
Puissance nominale disponible selon modèles : de 2 à 8 kW
SCOP certifié (Norme EN14825) de 4,1 à 4,6
SEER certifié (Norme EN14825) de 6,2 à 8,1

Puissance acoustique :
- Unité intérieure ≃ 54-63 dB
- Unité extérieure ≃ 62-68 dB

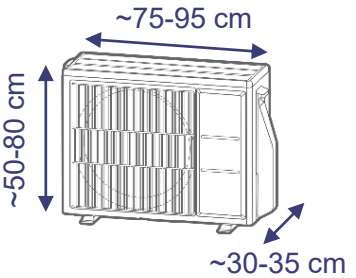
## IMPLANTATION DES ÉQUIPEMENTS

### Dimensions

*Illustrations : Atlantic et Panasonic*




Unité intérieure type « split »




Unité extérieure

Unité intérieure type « console »

### Intégration

La présence d'une unité extérieure nécessite un espace extérieur comme un balcon ou une toiture terrasse technique, si le logement est proche du plancher haut. La distance D séparant l'UE du module intérieur ainsi que le dénivelé d acceptable entre ces 2 éléments sont limités et dépendent de chaque machine mais généralement $D_{max}$ = 20-30 m et $d_{max}$ = 10-20 m.

Si l'évacuation des condensats n'est pas possible à l'extérieur (en balcon ou en façade), une gestion des condensats côté intérieur est à prévoir (récupération et acheminement vers un exutoire adapté avec potentielle pompe de relevage le cas échéant).

Les liaisons frigorifiques reliant l'UE au logement doivent être visitables. Ceci implique souvent un positionnement dans les parties communes dont les modalités d'intégration et de camouflage doivent être validées au près de la copropriété.

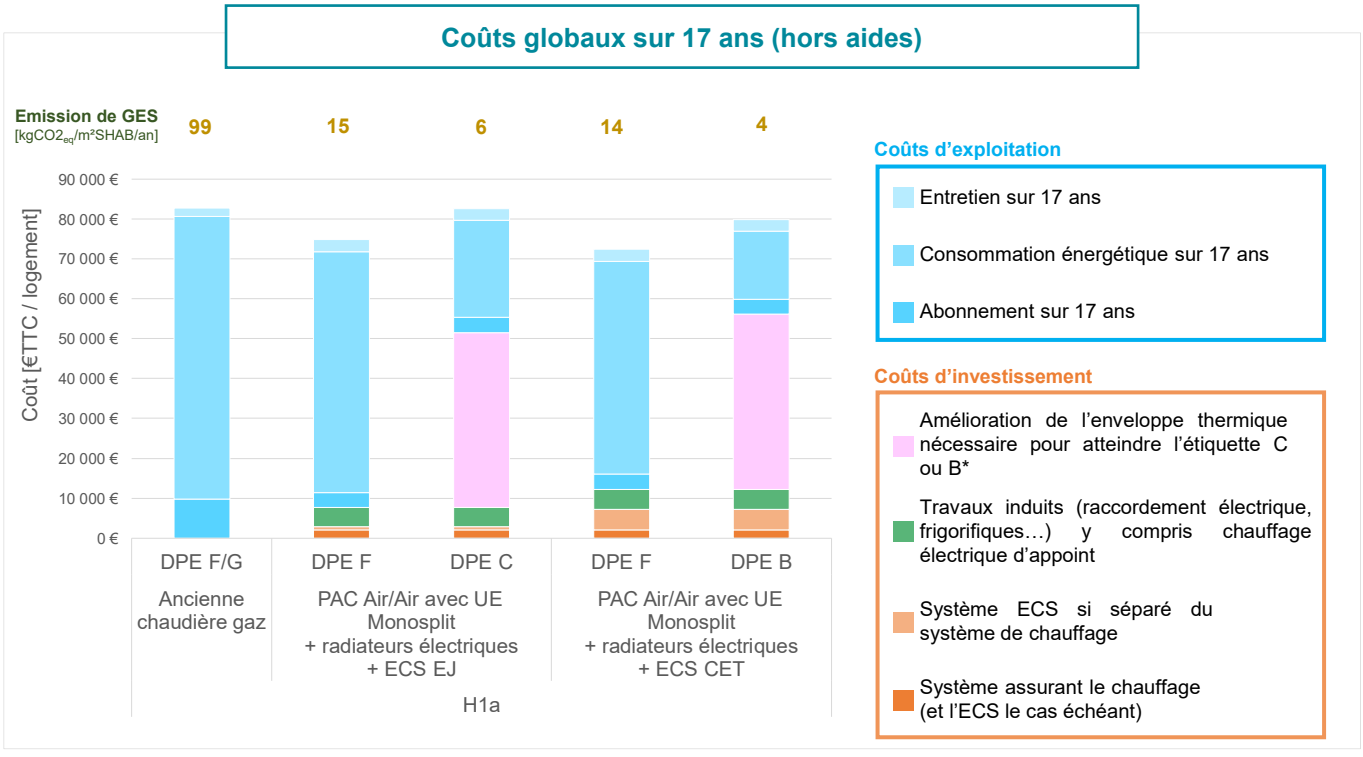
En plus des traditionnels « split », il existe d'autres types d'unités intérieures permettant de multiplier les configurations d'intégration possibles (exemple : consoles en lieu et place des anciens radiateurs hydrauliques).

# 4 | PAC Air/Air avec unité extérieure (Monosplit)

## BONNES PRATIQUES

- Sélectionner un matériel avec performances certifiées. Privilégier les fluides frigorigènes à faible impact type R290.
- L'UE ne doit pas être trop confinée afin de ne pas aspirer l'air qu'elle rejette (recyclage d'air), ce qui engendrerait une baisse de performance. Attention, certains dispositifs de camouflage entrainent ce recyclage et grèvent les performances des PAC.
- Considérer l'impact acoustique de l'UE : mobiliser un acousticien pour valider son positionnement, éviter la transmission des vibrations en positionnant l'UE sur des plots antivibratiles et en la désolidarisant des canalisations (ex : raccord flexible).
- Pose en toiture terrasse technique collective à privilégier. Attention au dénivelé max toléré.
- De l'eau de condensation peut apparaitre sous l'UE, privilégier un support drainant.
- Considérer les règles d'urbanisme locales, une déclaration préalable est notamment à réaliser. Un accord de la copropriété pour valider la position de l'unité extérieure et la disposition des réseaux dans les parties communes est à obtenir.
- Adapter la puissance de l'abonnement électrique si besoin. En cas d'installation du système dans plusieurs logements de l'immeuble, contacter le gestionnaire du réseau pour anticiper l'impact technico-économique sur la colonne montante.
- Si l'UE est en toiture terrasse, anticiper la réfection future de la toiture et veiller à la qualité des percements de l'étanchéité.
- Nettoyage des filtres de l'unité intérieure jusqu'à 1 fois/mois en hiver par retrait du capot avant et brossage des filtres avec une brosse à poils souples.
- Entretien règlementairement obligatoire tous les 2 ans pour les systèmes thermodynamiques d'une puissance nominale > 4 kW. Cependant, quelle que soit la puissance, privilégier un suivi régulier par un professionnel. Nettoyage de l 'UE minimum 1 fois/an.
- Prévoir en plus de la dépose de l'ancien générateur (chaudière gaz) la dépose du réseau hydraulique de chauffage, émetteurs compris.
- Prévoir l'éventuelle pose d'un ballon ECS à effet joule ou d'un CET pour assurer la production d'ECS.
- Se renseigner sur les dispositifs d'aide au financement.

## COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION




* Un état initial avec un DPE mieux positionné (enveloppe thermique plus performante) aurait engendré des coûts de réhabilitation moins importants.

Pour plus d'informations concernant les contraintes d'intégration et les coûts d'investissement d'un CET, se référer à la fiche n°12.

Le gain d'étiquette engendrera une plus-value de la valeur du bien immobilier de l'ordre de 17 % si l'étiquette C est atteinte et de 23 % si l'étiquette B est atteinte (source : www.notaires.fr)

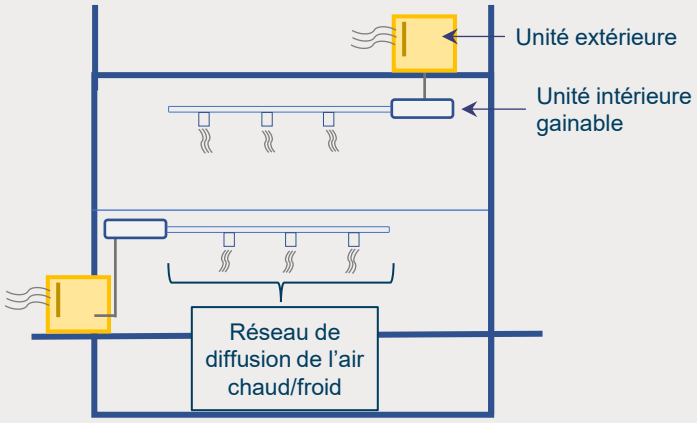
# 5 PAC Air/Air avec unité extérieure (émetteur gainable)

Pages 28 à 29

# 5 PAC Air/Air avec unité extérieure (émetteur gainable)

## DESCRIPTIF GÉNÉRAL

Cette solution capte des calories sur l'air extérieur et alimente via un réseau frigorifique une unité intérieure de type caisson gainable. Cette unité intérieure gainable prélève de l'air dans le logement pour le chauffer et le distribuer dans l'ensemble des pièces via un réseau de gaines de soufflage. La température peut être pilotée pièce par pièce ou à l'échelle du logement. La plupart des PAC Air/Air sont réversibles et sont capables de produire du froid.
L'ECS est produite indépendamment de ce système.




## DOMAINE D'APPLICATION

- Espace extérieur (ex : toiture terrasse collective) pour unité extérieure
- Espace intérieur suffisant pour accueillir un ballon d'eau chaude électrique ou thermodynamique
- Adapté aux logements T2 et plus qui ont une circulation desservant les différentes pièces
- Bonne performance énergétique de l'enveloppe

## POINTS FORTS

- Production de chauffage et de froid
- Encombrement intérieur limité au faux plafond dans la circulation
- Pas de raccordement hydraulique, simple liaison frigorifique entre l'UE et le caisson gainable

## POINTS D'ATTENTION

- Intégration architecturale et acoustique de l'unité extérieure à considérer
- Ne traite pas l'ECS, nécessite l'ajout d'un ballon d'eau chaude électrique ou thermodynamique.

## CAPACITÉS ET PERFORMANCES

Puissance nominale disponible selon modèles : de 4 à 10 kW

SCOP certifié (Norme EN14825) de 4,1 à 4,2

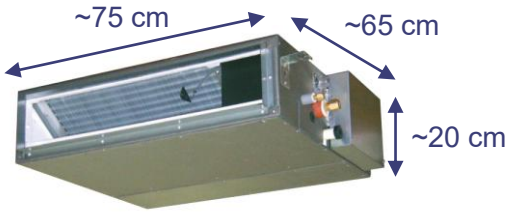
SEER certifié (Norme EN14825) de 5,6 à 5,9

Puissance acoustique :
- Unité intérieure ≃ 51-57 dB
- Unité extérieure ≃ 60 -70 dB en fonction de la puissance

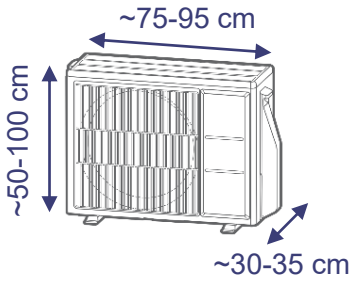
## IMPLANTATION DES ÉQUIPEMENTS

### Dimensions

*Illustrations : Atlantic et Panasonic*




Unité intérieure gainable




Unité extérieure

### Intégration

La présence d'une unité extérieure nécessite un espace extérieur comme un balcon ou une toiture terrasse technique, si le logement est proche du plancher haut. La distance D séparant l'UE du caisson gainable intérieur ainsi que le dénivelé d acceptable entre ces 2 éléments sont limités et dépendent de chaque machine mais généralement $D_{max}$ = 20-30 m et $d_{max}$ = 15-20 m.

Le caisson gainable et le réseau de gaines isolées associé doivent être intégrés dans un faux plafond « étanche » constitué de plaques de plâtres et de bande à joints d'une hauteur comprise entre 25 et 30 cm. Pour des raisons acoustiques, l'implantation du caisson sera privilégiée dans la buanderie, le cellier et les WC ou à défaut dans l'entrée ou la salle de bains. Une trappe devra être ménagée dans le faux plafond afin de rendre l'accès possible aux 4 côtés du caisson pour les opérations de maintenance.

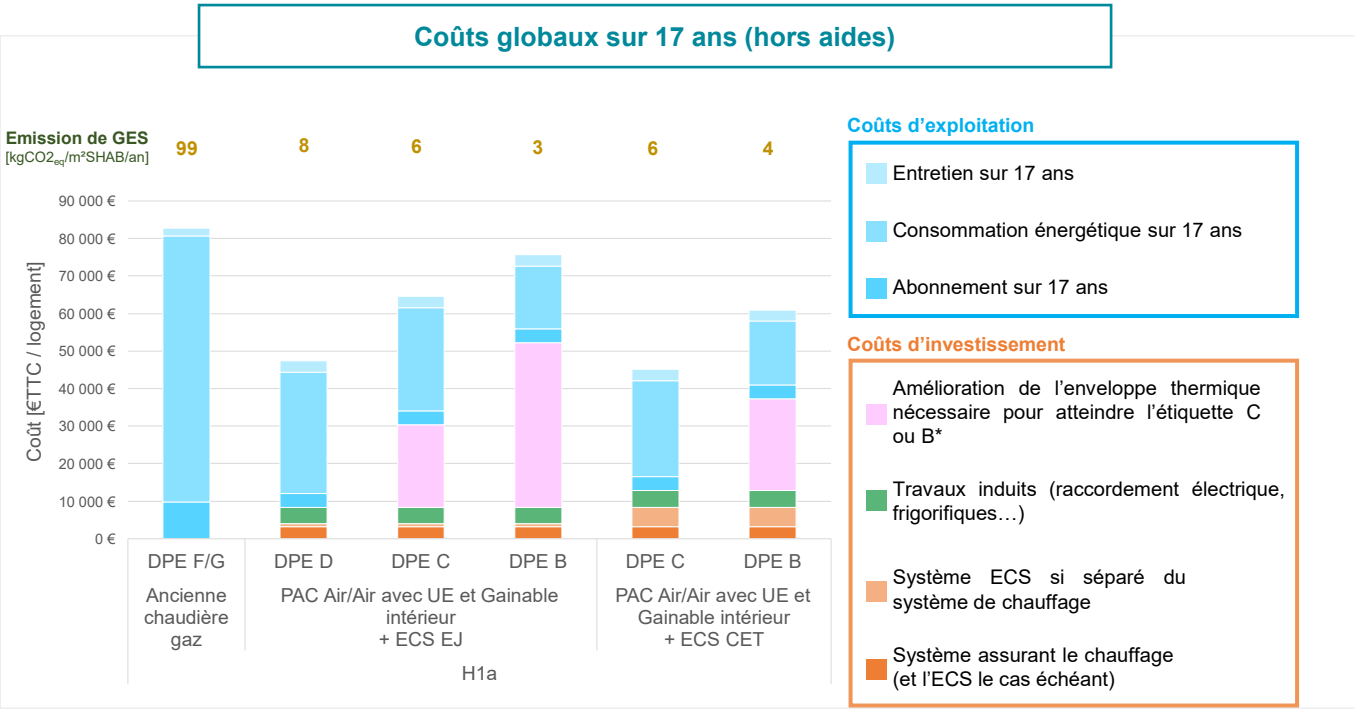
Les liaisons frigorifiques reliant l'UE au logement doivent être visitables. Ceci implique souvent un positionnement dans les parties communes dont les modalités d'intégration et de camouflage doivent être validées auprès de la copropriété.

# 5 | PAC Air/Air avec unité extérieure (émetteur gainable)

## BONNES PRATIQUES

- Sélectionner un matériel avec performances certifiées. Privilégier les fluides frigorigènes à faible impact type R290.
- L'UE ne doit pas être trop confinée afin de ne pas aspirer l'air qu'elle rejette (recyclage d'air), ce qui engendrerait une baisse de performance. Attention, certains dispositifs de camouflage entrainent ce recyclage et grèvent les performances des PAC.
- Considérer l'impact acoustique de l'UE : mobiliser un acousticien pour valider son positionnement, éviter la transmission des vibrations en positionnant l'UE sur des plots antivibratiles et en la désolidarisant des canalisations (ex : raccord flexible).
- Pose en toiture terrasse technique collective à privilégier. Attention au dénivelé max toléré.
- De l'eau de condensation peut apparaitre sous l'UE, privilégier un support drainant.
- Considérer les règles d'urbanisme locales, une déclaration préalable est notamment à réaliser. Un accord de la copropriété pour valider la position de l'unité extérieure et la disposition des réseaux dans les parties communes est à obtenir.
- Adapter la puissance de l'abonnement électrique si besoin. En cas d'installation du système dans plusieurs logements de l'immeuble, contacter le gestionnaire du réseau pour anticiper l'impact technico-économique sur la colonne montante.
- Si l'UE est en toiture terrasse, anticiper la réfection future de la toiture et veiller à la qualité des percements de l'étanchéité.
- De manière générale, le système dans son ensemble doit être entretenu 1 fois par an (nettoyage des diffuseurs et du bac à condensat, vérification du bon fonctionnement des éventuels volets motorisés…).
- Entretien règlementairement obligatoire tous les 2 ans pour les systèmes thermodynamiques d'une puissance nominale > 4 kW. Cependant, quelle que soit la puissance, privilégier un suivi régulier par un professionnel. Entretien général du système minimum 1 fois/an. Nettoyage de l'UE, nettoyage des diffuseurs et du bac à condensat, vérification du bon fonctionnement des éventuels volets motorisés…
- Prévoir en plus de la dépose de l'ancien générateur (chaudière gaz) la dépose du réseau hydraulique de chauffage, émetteurs compris.
- Prévoir l'éventuelle pose d'un ballon ECS à effet joule ou d'un CET pour assurer la production d'ECS.
- Faire cheminer les gaines de manière à ce que la longueur de chacune soit identique afin d'assurer un auto-équilibrage aéraulique de l'installation. Pour éviter un inconfort acoustique, la longueur de gaine minimale est de 3 m (faire serpenter les gaines en conséquence).
- Les gaines ne devront pas être croisées entre elles afin d'éviter tout phénomène d'écrasement.

## COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION




* Un état initial avec un DPE mieux positionné (enveloppe thermique plus performante) aurait engendré des coûts de réhabilitation moins importants.

Pour plus d'informations concernant les contraintes d'intégration et les coûts d'investissement d'un CET, se référer à la fiche n°12.

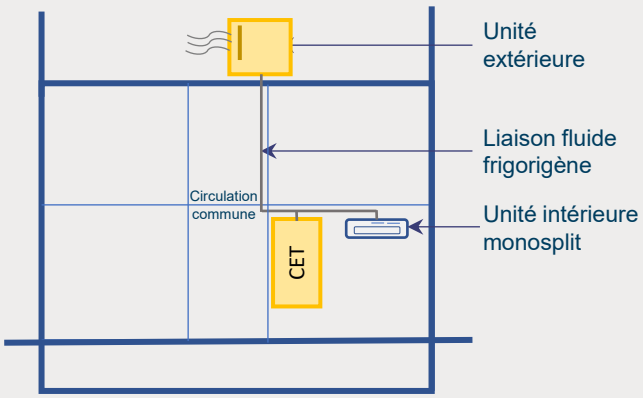
Le gain d'étiquette engendrera une plus-value de la valeur du bien immobilier de l'ordre de 17 % si l'étiquette C est atteinte et de 23 % si l'étiquette B est atteinte (source : www.notaires.fr).

# 6 PAC Air/Air monosplit avec module de production ECS

# 6 PAC Air/Air monosplit avec module de production ECS

## DESCRIPTIF GÉNÉRAL

Cette solution capte des calories sur l'air extérieur et alimente, via une liaison fluide frigorigène, à la fois une unité intérieure de type « split » pour chauffer/refroidir une pièce (salon par exemple) et un module pour produire de l'ECS.
Les autres pièces sont chauffées par des radiateurs électriques effet joule.




## DOMAINE D'APPLICATION

- Espace extérieur (ex : toiture terrasse collective) pour unité extérieure
- Espace intérieur suffisant pour accueillir le module ECS intérieur
- Bon niveau d'isolation du bâti pour limiter l'intervention du chauffage électrique dans les chambres.

## POINTS FORTS

- Solution triple service : Production de chauffage, d'ECS et de froid
- Module intérieur ECS de faible hauteur pouvant être fixé au mur au-dessus d'un équipement électroménager (vérifier la capacité de portage du mur)
- Pas de nuisance acoustique du module intérieure ECS

## POINTS D'ATTENTION

- Intégration architecturale et acoustique de l'unité extérieure à considérer
- La liaison frigorifique doit être visitable et circule donc souvent dans les parties communes

## CAPACITÉS ET PERFORMANCES

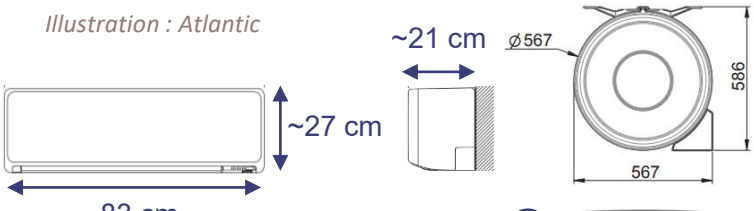
Puissance nominale disponible selon modèles : de 2,5 à 4 kW
SCOP certifié (Norme EN14825) de 4,6 à 4,7
SEER certifié (Norme EN14825) de 7,3 à 7,4
Capacité ballon ECS : 150 ou 200 L

Puissance acoustique :
- Unité intérieure ≃ 54-58 dB(A)
- Unité extérieure ≃ 58-62 dB(A) en fonction de la puissance

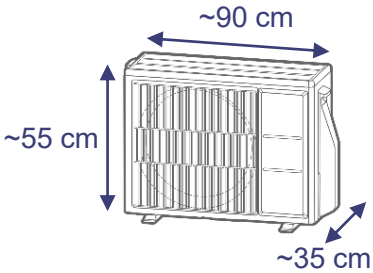
## IMPLANTATION DES ÉQUIPEMENTS

### Dimensions

*Illustration : Atlantic*




Unité intérieure type « split »




Unité extérieure

CET

### Intégration

Présence d'une unité extérieure nécessitant un espace extérieur type balcon ou toiture terrasse technique collective si logement proche du plancher haut. Si pose en toiture, la distance max entre UE et UI est de 15 m.

Le CET occupe environ un espace de 60x60 cm au sol. Si le mur est porteur et permet une pose murale sans trépied, la faible hauteur du module ECS permet de glisser un appareil électroménager de 90 cm (machine à laver par exemple) en dessous.

En raison de la quantité de fluide R32 employée, le CET doit se trouver soit dans un local avec VMC soit dans un local > 6 m² ou à défaut avec une porte détalonnée ou munie d'une grille donnant sur un local > 6 m².

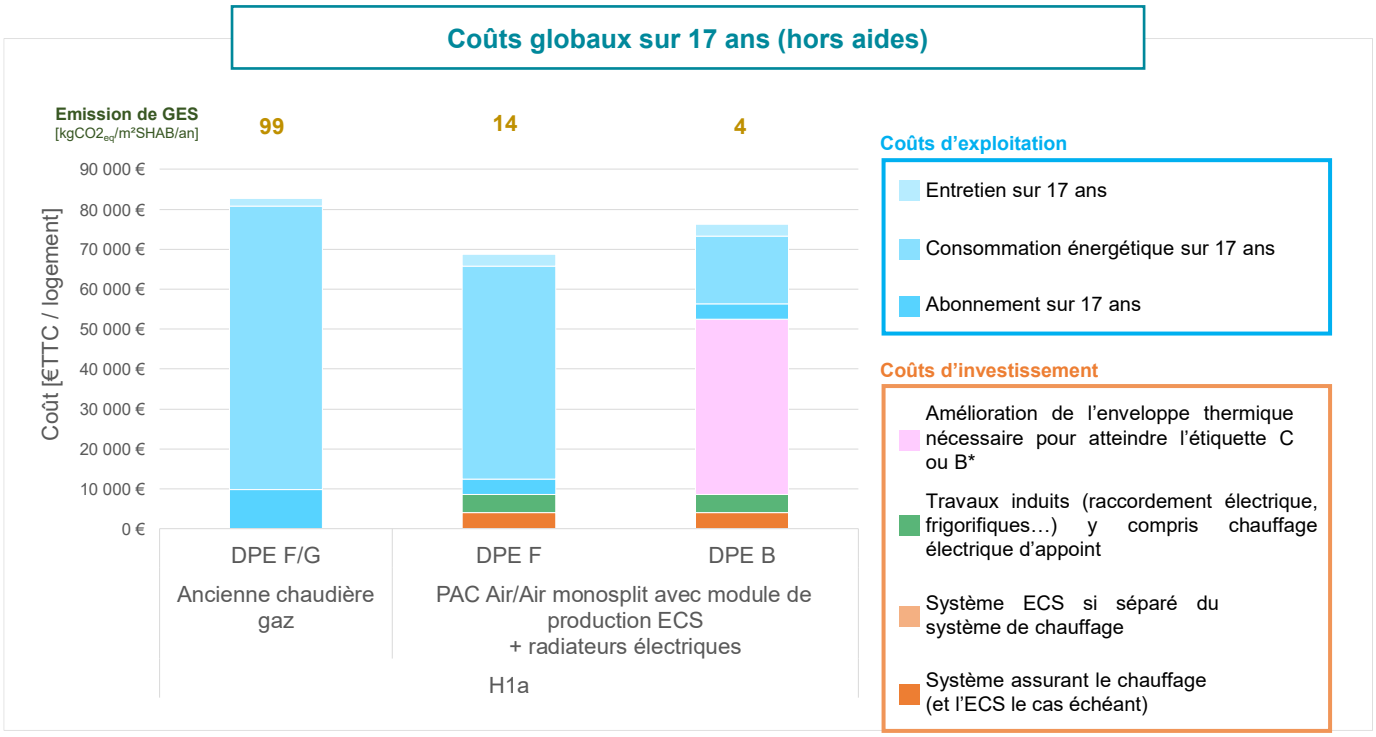
Si l'évacuation des condensats du split n'est pas possible à l'extérieur (en balcon ou en façade), une gestion des condensats côté intérieur est à prévoir (récupération et acheminement vers un exutoire adapté avec potentielle pompe de relevage le cas échéant).

# 6 | PAC Air/Air monosplit avec module de production ECS

## BONNES PRATIQUES

- L'UE ne doit pas être trop confinée afin de ne pas aspirer l'air qu'elle rejette (recyclage d'air) ce qui engendrerait une baisse de performance. Attention, certains dispositifs de camouflage entrainent ce recyclage et grèvent les performances des PAC.
- Considérer l'impact acoustique de l'UE : mobiliser un acousticien pour valider son positionnement, éviter la transmission des vibrations en positionnant l'UE sur des plots antivibratiles et en la désolidarisant des canalisations (ex : raccord flexible).
- De l'eau de condensation peut apparaitre sous l'UE, privilégier un support drainant.
- Un bac de rétention d'eau doit être positionné sous le CET si les locaux sous-jacents sont habités.
- Considérer les règles d'urbanisme locales, une déclaration préalable est notamment à réaliser. Un accord de la copropriété pour valider la position de l'unité extérieure et la disposition des réseaux dans les parties communes est à obtenir.
- Adapter la puissance de l'abonnement électrique si besoin. En cas d'installation du système dans plusieurs logements de l'immeuble, contacter le gestionnaire du réseau pour anticiper l'impact technico-économique sur la colonne montante.
- Si l'UE est en toiture terrasse, anticiper la réfection future de la toiture et veillez à la qualité des percements de l'étanchéité.
- Nettoyage des filtres de l'unité intérieure jusqu'à 1 fois/mois en hiver par retrait du capot avant et brossage des filtres avec une brosse à poils souples.
- Nettoyage de l'unité extérieure (minimum 1 fois/an) si celle-ci est accessible par l'usager : élimination des corps étrangers qui pourraient limiter le flux d'air et brossage des ailettes de l'échangeur à l'eau claire.
- Prévoir d'assurer le chauffage des autres pièces par des radiateurs électriques.
- Prévoir en plus de la dépose de l'ancien générateur (chaudière gaz) la dépose du réseau chauffage et des radiateurs.
- Un éventuel placard technique peut être prévu pour camoufler le CET (non indispensable).
- Se renseigner sur les dispositifs d'aide au financement.

## COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION




Aucun scénario étiquette C n'a pu être atteint en raison d'effets de seuil faisant passer l'étiquette de D à B avec l'isolation des murs

* Un état initial avec un DPE mieux positionné (enveloppe thermique plus performante) aurait engendré des coûts de réhabilitation moins importants.

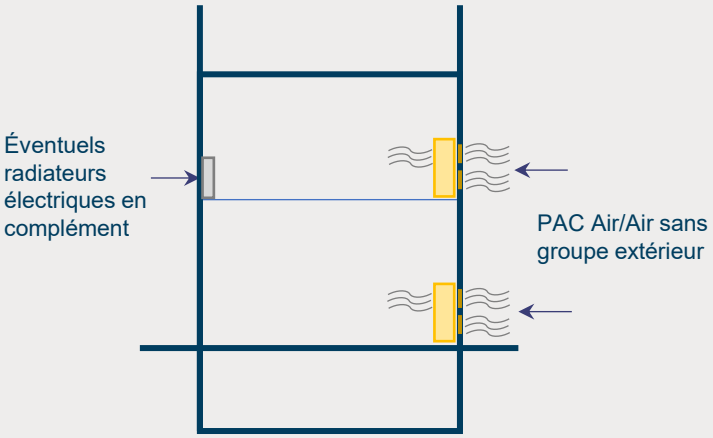
Le gain d'étiquette engendrera une plus-value de la valeur du bien immobilier de l'ordre de 17 % si l'étiquette C est atteinte et de 23 % si l'étiquette B est atteinte (source : www.notaires.fr).

# 7 PAC Air/Air monobloc sans unité extérieure

# 7 | PAC Air/Air monobloc sans unité extérieure

## DESCRIPTIF GÉNÉRAL

Une PAC Air/Air monobloc sans unité extérieure a l'apparence d'un ventilo-convecteur de type « console ». Elle produit du chaud et du froid. Son fonctionnement est le même qu'une PAC Air/Air classique type monosplit (voir fiche dédiée) à la différence que l'apport d'air extérieur et le rejet sont faits en façade via deux percements d'un diamètre compris entre 160 et 200 mm selon la puissance de l'appareil. La PAC traite une seule pièce. Les autres pièces sont chauffées par des radiateurs électriques effet joule.
L'ECS est produite indépendamment de ce système.




## DOMAINE D'APPLICATION

- Possibilité de réaliser des percements en façade.
- Espace intérieur suffisant pour accueillir un ballon d'eau chaude électrique ou thermodynamique.
- Bon niveau d'isolation du bâti indispensable pour limiter la puissance acoustique intérieure.

## POINTS FORTS

- Simplicité d'intégration intérieure.
- Impact architectural extérieur limité : 2 percements de Ø160 à 200 mm (+ 1 percement de 20 mm si évacuation des condensats à l'extérieur).
- Pas de liaison fluide frigorigène donc intervention limitée du frigoriste.

## POINTS D'ATTENTION

- La PAC étant monobloc, elle peut être plus encombrante et plus bruyante qu'un « split ».
- Ne traite pas l'ECS, nécessite l'ajout d'un ballon d'eau chaude électrique ou thermodynamique.
- Anticiper les modalités d'entretien des grilles extérieures et d'évacuation des condensats.

## CAPACITÉS ET PERFORMANCES

Puissance nominale disponible selon modèles : de 1,7 à 3,5 kW
SEER certifié (Norme EN14825) de 4,1 à 4,7

Puissance acoustique intérieure ≃ 57 dB(A)
→ Équivalent à un lave-linge (hors cycle essorage)

## IMPLANTATION DES ÉQUIPEMENTS

### Dimensions

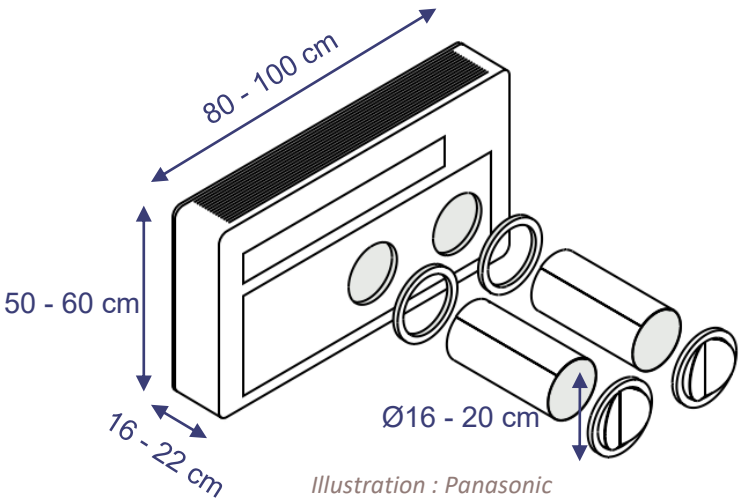



*Illustration : Panasonic*

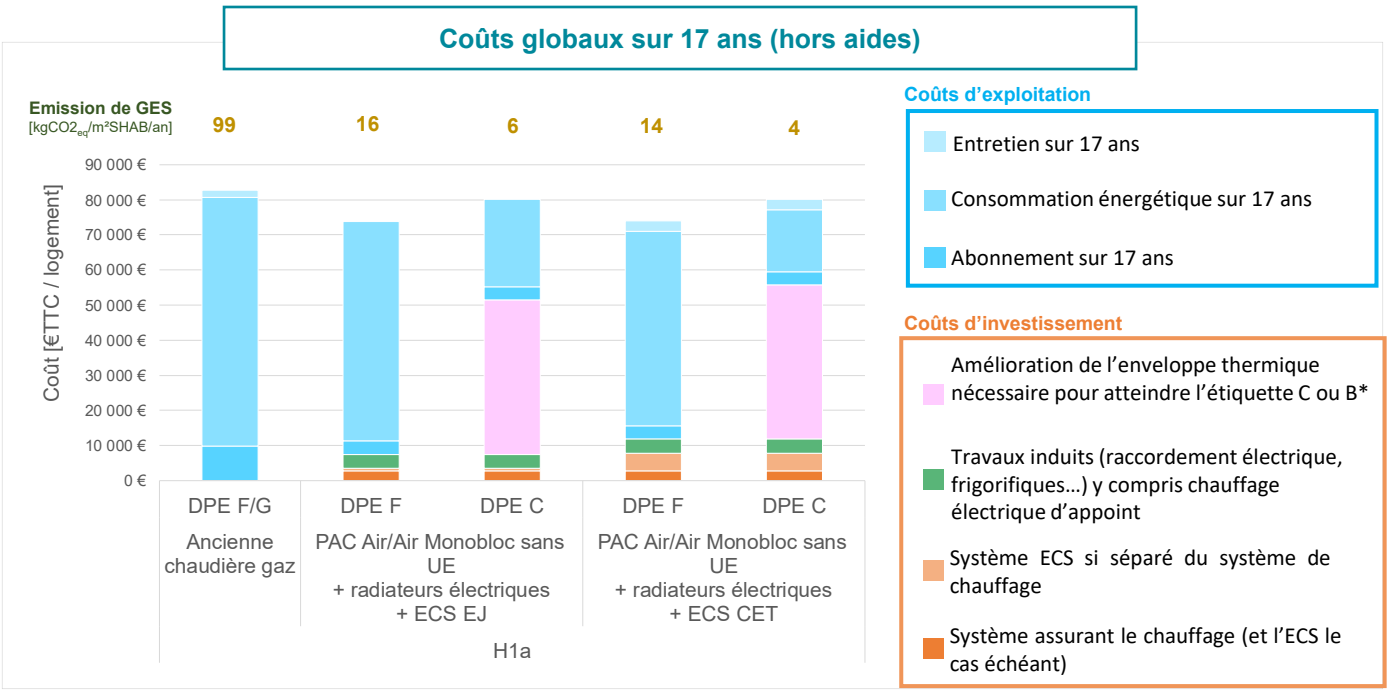
### Intégration

Le dispositif doit obligatoirement être **mis en œuvre sur un mur de façade.**
L'apport et le rejet d'air se font par 2 percements de façade d'un diamètre compris entre 160 et 200 mm selon la puissance du modèle (souvent 200 mm pour les modèles associés aux pièces de vie).
Un troisième percement d'environ 20 mm de diamètre doit être réalisé pour **l'évacuation des condensats**. Si celle-ci n'est pas possible à l'extérieur en façade, une gestion des condensats côté intérieur est à prévoir (récupération et acheminement vers un exutoire adapté avec potentielle pompe de relevage le cas échéant).
Certains modèles de grilles peuvent être mis en place depuis l'intérieur du bâtiment (système de grille pliables avec chainette pour déploiement à l'extérieur) dans le cas où la façade extérieure n'est pas accessible.

## BONNES PRATIQUES

- Sélection de matériel avec performances certifiées.
- Eviter de placer la PAC sur une façade donnant sur un lieu restreint où le niveau sonore de l'appareil peut être amplifié par réverbération (cour intérieure calme typiquement).
- L'entretien principal consiste en le nettoyage semestriel du filtre accessible en partie supérieure de l'appareil. Il s'agit d'une opération simple de maintenance courante réalisable par l'usager.
- Conserver autant que faire se peut la possibilité de contrôler l'état des grilles extérieures et permettre les interventions de nettoyage sur ces grilles le cas échéant notamment concernant l'élimination des éventuels nids d'insectes.
- Prévoir d'assurer le chauffage des autres pièces par des radiateurs électriques.
- Prévoir en plus de la dépose de l'ancien générateur (chaudière gaz) la dépose du réseau hydraulique de chauffage, émetteurs compris.
- Sensibiliser les usagers aux incidences acoustiques intérieures non négligeables. Mobiliser un acousticien pour évaluer la pertinence de la position de l'équipement en termes d'acoustique extérieure.
- Se renseigner sur les dispositifs d'aide au financement.

## COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION




* Un état initial avec un DPE mieux positionné (enveloppe thermique plus performante) aurait engendré des coûts de réhabilitation moins importants.

Pour plus d'information concernant les contraintes d'intégration et les coûts d'investissement d'un CET, se référer à la fiche n°12.

Le gain d'étiquette engendrera une plus-value de la valeur du bien immobilier de l'ordre de 17 % si l'étiquette C est atteinte et de 23 % si l'étiquette B est atteinte (source : www.notaires.fr).

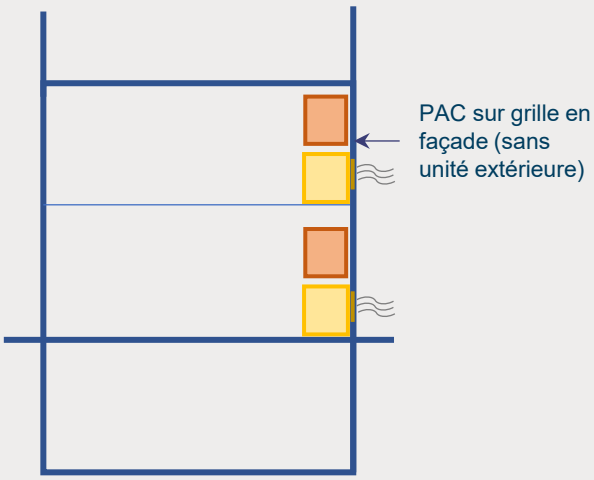
# 8 PAC Air/Eau double service sans unité extérieure

Pages 37 à 38

# 8 PAC Air/Eau double service sans unité extérieure

## DESCRIPTIF GÉNÉRAL

Le principe de fonctionnement est le même qu'une PAC Air/Eau classique à l'exception que l'intégralité de la PAC est située à l'intérieur du logement. L'échange avec l'air extérieur se fait via une grille connectée à la façade.




## DOMAINE D'APPLICATION FAVORABLE

- Possibilité de créer une ouverture 60x60 cm dans la façade
- Espace intérieur suffisant pour accueillir la PAC
- Bon niveau d'isolation du bâti pour limiter la taille et le coût de la PAC
- Privilégier à partir du T3 ou de 50 m²

**ATTENTION :** Ce type de technologie est encore en cours de développement. Les caractéristiques techniques sont donc actuellement partiellement inconnues. Pour le moment, le raccordement à l'air extérieur ne se fait que par une grille en façade mais d'autres mises en œuvre (PAC sur air extérieure gainées) pourraient émerger à l'avenir.

## POINTS FORTS

- Absence d'unité extérieure et sorties en façade. Intégration architecturale et enjeux acoustiques extérieurs facilités.
- Production chauffage et ECS
- Permet de réutiliser les anciens émetteurs (radiateurs, plancher chauffant basse température…)

## POINTS D'ATTENTION

- Nécessité d'intégrer la PAC dans un placard pour des enjeux acoustiques
- La PAC doit être positionnée contre la façade

## CAPACITÉS ET PERFORMANCES

Puissance nominale : 4 kW

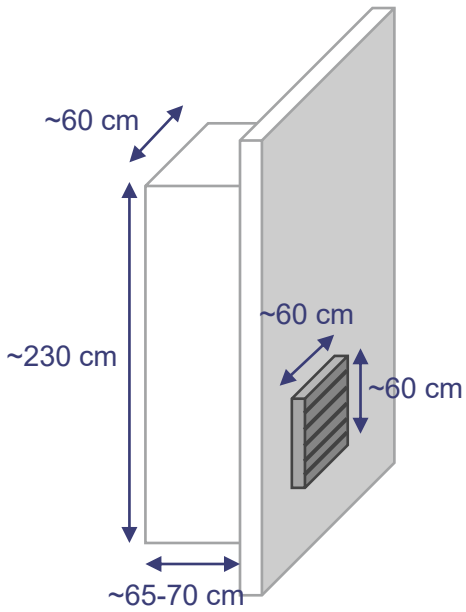
SCOP : inconnu

Capacité du ballon ECS : inconnu (entre 150 et 200 L)

Puissance acoustique : inconnue

## IMPLANTATION DES ÉQUIPEMENTS

### Dimensions




### Intégration

La PAC peut être installée en 2 parties si la hauteur sous plafond est insuffisante. La machine occupe environ 0,4 m² au sol et doit être intégrée a minima dans un placard technique, voire acoustique si elle ne peut pas être éloignée des pièces de nuit. La maintenance implique la nécessité d'accéder à la face avant de la machine et sur au moins 1 de ses 2 côtés. L'accessibilité du côté se fait soit par un dégagement de 50 cm min entre la cloison du placard et ce côté accessible (10 cm de dégagement pour le côté non accessible) soit par une 2ème porte du placard donnant sur le côté de la machine.

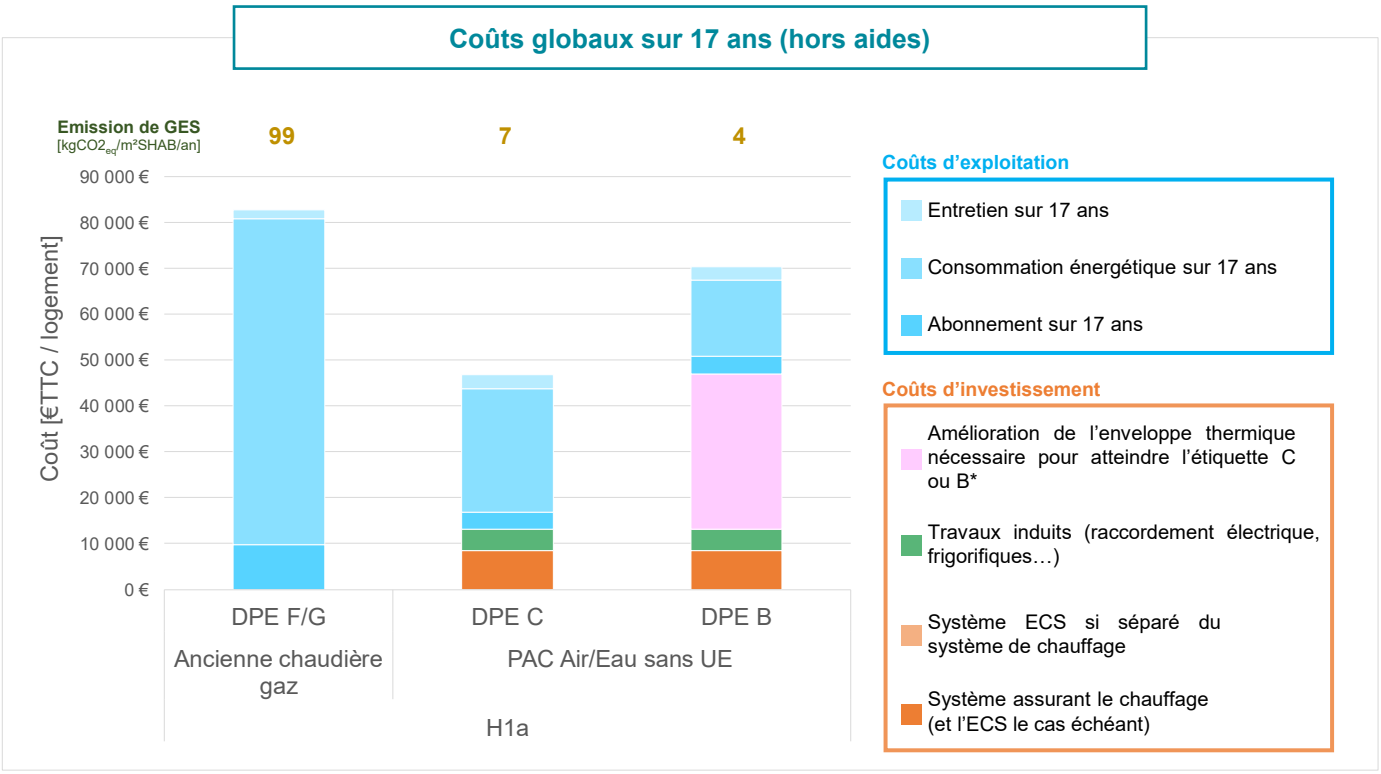
Le rejet de l'air est prévu en façade par une grille de 650x639 mm (percement de 600x600 mm).

# 8 | PAC Air/Eau double service sans unité extérieure

## BONNES PRATIQUES

- La machine devra autant que possible être éloignée des pièces de nuit. Dans le cas contraire, prévoir un placard acoustique. Les tuyaux ne devront pas être fixés à une cloison interne donnant sur une chambre pour éviter la transmission des vibrations.
- Entretien règlementairement obligatoire tous les 2 ans pour les systèmes thermodynamiques d'une puissance nominale > 4 kW. Cependant, quelle que soit la puissance, privilégier un suivi régulier par un professionnel.
- Prévoir la fiabilisation du réseau hydraulique existant avec désembouage des émetteurs et pose de robinets thermostatiques. Etant donné la sensibilité des PAC aux pollutions d'eau et notamment aux boues, cette étape est indispensable pour une installation pérenne.
- Réaliser un calcul des déperditions du logement pour permettre un dimensionnement qualitatif de la PAC. Adapter la loi d'eau de la PAC pour limiter la température de production en considérant les déperditions et le radiateur de chaque pièce.
- Se renseigner sur les dispositifs d'aide au financement.

## COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION




* Un état initial avec un DPE mieux positionné (enveloppe thermique plus performante) aurait engendré des coûts de réhabilitation moins importants.

Le gain d'étiquette engendrera une plus-value de la valeur du bien immobilier de l'ordre de 17 % si l'étiquette C est atteinte et de 23 % si l'étiquette B est atteinte (source : www.notaires.fr).

# 9 PAC Air/Air sans unité extérieure avec production ECS

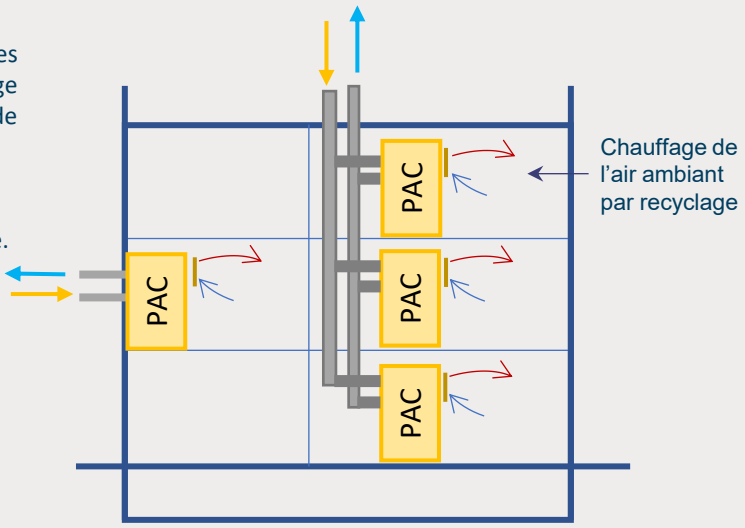
# 9 PAC Air/Air sans unité extérieure avec production ECS

## DESCRIPTIF GÉNÉRAL

Cette solution capte ou rejette des calories sur l'air extérieur puis les transfère vers le ballon ECS ou la pièce de vie (besoins de chauffage assurés pour une pièce jusqu'à 60 m²). Il est également capable de rafraichir l'ambiance intérieure de 2 manières différentes :

- Transfert des calories de l'air intérieur vers le ballon ECS ;
- Transfert des calories de l'air intérieur vers l'air extérieur.

Les autres pièces sont chauffées par radiateurs électriques effet joule.




## DOMAINE D'APPLICATION

- Possibilité de percer la façade
- Espace intérieur suffisant pour accueillir la PAC
- Bonne performance énergétique de l'enveloppe

## POINTS FORTS

- Absence d'unité extérieure et sorties possibles en toiture ou en façade. Intégration architecturale et enjeux acoustiques extérieurs facilités.
- Solution double service : Production de chauffage et d'ECS + rafraîchissement
- Raccordement uniquement de l'ECS

## POINTS D'ATTENTION

- La PAC doit être accolée à l'espace de vie dont la machine assurera les besoins de chauffage mais également proche d'une façade pour prise d'air et rejet et idéalement éloignée des pièces de nuit
- Nécessité d'intégrer la PAC dans un placard acoustique
- Ne produit pas d'eau chaude pour les émetteurs hydrauliques

## CAPACITÉS ET PERFORMANCES

Puissance calorifique à -7°C = 1,27 kW

COP certifié à 7°C (Norme EN14511) = 3,17

EER certifié (Norme EN14511) = 1,77

Capacité ballon ECS : 200 L

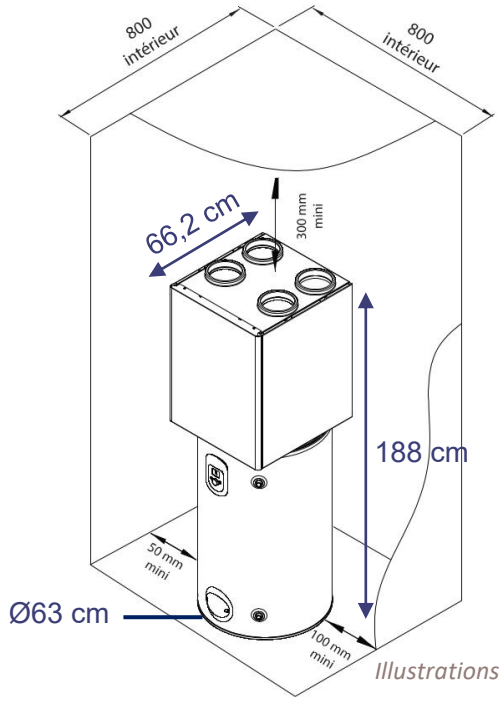
Puissance acoustique :

- Mode ECS ≃ 47 dB(A)
- Mode chauffage ≃ 46 dB(A)

Gaz : R290

## IMPLANTATION DES ÉQUIPEMENTS

### Dimensions




*Illustrations : Intuis*

### Intégration

La PAC doit obligatoirement être intégrée dans un placard acoustique d'au minimum 80 cm x 80 cm pour une emprise au sol comprise entre 0,8 et 1 m² et une hauteur sous plafond d'environ 2,50 m. L'appareil doit être installé dans un endroit isolé mais pas nécessairement chauffé.

Le raccordement sur l'air extérieur se fait à l'aide de 2 conduits de Ø160 mm de manière individuelle (en façade ou en toiture) ou sur conduits collectifs (2 conduits collectifs). La longueur totale (aspiration et refoulement) maximale des conduits en raccordement individuel est de 6 m en gaine souples isolées et 12 m en gaine semi-rigide (1 m par coude de 90°).

Le soufflage et la reprise se font par des grilles. La grille de soufflage est toujours située dans l'imposte de la porte du placard. La grille de reprise peut être intégrée soit dans l'imposte soit en partie basse de la porte du placard. Le soufflage se fait dans la pièce principale et est interdit en pièce humide afin de ne pas perturber la ventilation.

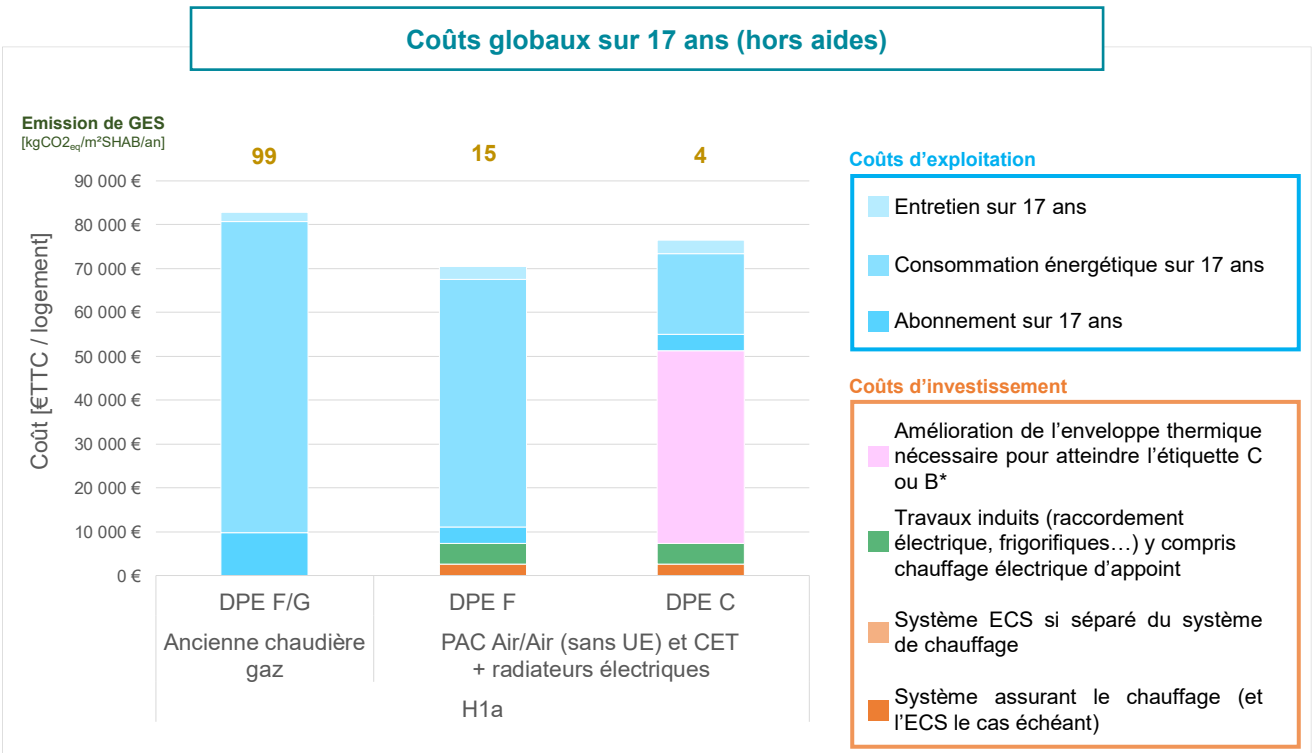
L'évacuation des condensats se fait au sol par un siphon.

# 9 PAC Air/Air sans unité extérieure avec production ECS

## BONNES PRATIQUES

- Les cloisons du placard acoustique devront idéalement respecter le principe masse-ressort-masse, c'est à dire être constituées d'un isolant phonique de type laine fibreuse encloisonné entre 2 parements de plaque de plâtre.
- La machine devra autant que possible être éloignée des pièces de nuit.
- La gaine de rejet d'air vers l'extérieur devra être isolée afin d'éviter tout phénomène de condensation.
- Il est recommandé de respecter une distance minimale de 300 mm autour des terminaux en façade ou en toiture.
- En raccordement sur double conduit collectif, il est indispensable de dimensionner le réseau aéraulique au débit nominal de la machine (300 $m^3/h$) sous peine de grever les performances de la machine ou entrainer sa mise en défaut.
- En raccordement collectif, certains éléments supplémentaires sont obligatoires comme des clapets anti-retour et coupe-feu.
- Prévoir d'assurer le chauffage des autres pièces par des radiateurs électriques.
- Prévoir en plus de la dépose de l'ancien générateur (chaudière gaz) la dépose du réseau hydraulique de chauffage, émetteurs compris.
- Se renseigner sur les dispositifs d'aide au financement.

## COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION




* Un état initial avec un DPE mieux positionné (enveloppe thermique plus performante) aurait engendré des coûts de réhabilitation moins importants.

Le gain d'étiquette engendrera une plus-value de la valeur du bien immobilier de l'ordre de 17 % si l'étiquette C est atteinte et de 23 % si l'étiquette B est atteinte (source : www.notaires.fr).

# 10 Radiateurs électriques associés à une production ECS électrique ou thermodynamique

# 10 | Radiateurs électriques associés à une production ECS électrique ou thermodynamique

## DESCRIPTIF GÉNÉRAL

Les **radiateurs électriques** sont des systèmes de chauffage utilisant directement l'électricité au moyen d'une résistance électrique pour produire de la chaleur (chauffage à « effet joule direct »). La chaleur ainsi générée est ensuite diffusée dans le logement par convection (chauffage de l'air) et/ou par rayonnement (émission de chaleur vers les occupants et les parois) avec plus ou moins d'inertie (stockage puis restitution progressive de la chaleur conditionnant la réactivité du système).

## DOMAINE D'APPLICATION

- Bon niveau d'isolation du bâti pour limiter les coûts d'exploitation.
- Manque de place pour intégrer une production PAC.

## POINTS FORTS

- Encombrement faible des radiateurs électriques.
- Conditions d'intégration du ballon ECS électrique moins exigeantes qu'une PAC.
- Pas ou peu d'entretien

## POINTS D'ATTENTION

- Bon niveau de performance du bâti nécessaire pour compenser les performances énergétiques plus limitées de ces systèmes.
- Hausse des puissances électriques de raccordement du logement importante.

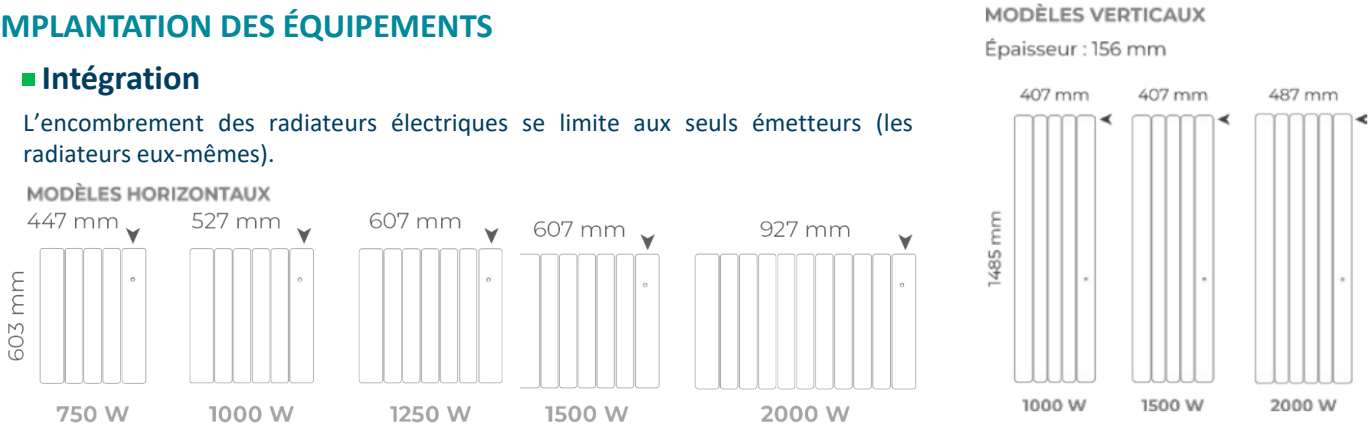
## CAPACITÉS ET PERFORMANCES

Puissance nominale de radiateurs électriques disponible selon modèles : de 300 à 2000W. Certains modèles sont capables de moduler leur puissance.

## IMPLANTATION DES ÉQUIPEMENTS

### Intégration

L'encombrement des radiateurs électriques se limite aux seuls émetteurs (les radiateurs eux-mêmes).




Différentes dimensions de radiateurs électriques selon leur puissance et selon les modèles

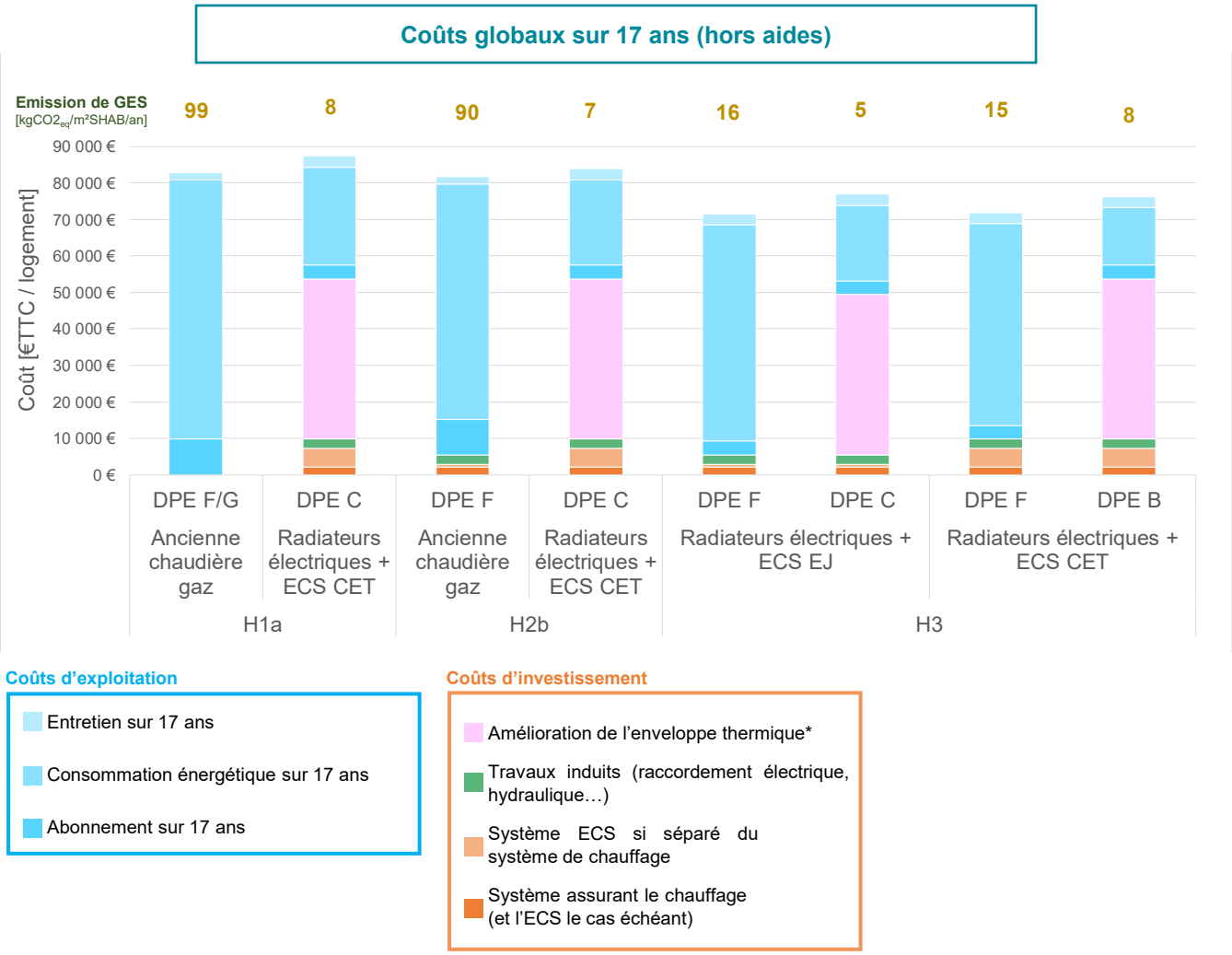
## BONNES PRATIQUES

- Sélectionner un matériel avec des performances certifiées (NF Électricité Performance) témoignant notamment d'une bonne qualité de la régulation.
- Dans la mesure du possible, mobiliser des radiateurs connectés pour faciliter le pilotage de la température et la programmation (température par pièce, programmation horaire, …). Des solutions de pilotage connecté peuvent également être rajoutées aux radiateurs pour un pilotage du chauffage à distance et ouvrir à d'autres usages (pilotage de la production de la PAC, du ballon d'eau chaude, etc.). La règlementation imposera une programmation selon les 4 modes et une régulation par pièce à partir de 2027 dans le neuf et 2030 pour l'existant.
- Vérifier si la puissance souscrite est compatible avec les radiateurs installés et l'adapter si besoin. En cas d'installation de radiateurs électriques dans plusieurs logements de l'immeuble, contacter le gestionnaire du réseau pour anticiper l'impact technico-économique sur la colonne électrique montante.
- Certains modes de régulation sont valorisables dans le DPE, telle que la régulation par pièce avec détection de présence (certification NF Electricité Performance 3 étoiles + œil), et permettent de diminuer les consommations d'énergie.
- Privilégier les radiateurs à inertie dans les pièces à occupation permanente et les radiateurs moins inertiel pour les pièces à occupation transitoire (ex : sèche-serviettes peu inertiel en salle de bains).

# 10 | Radiateurs électriques associés à une production ECS électrique ou thermodynamique

## COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION

**ATTENTION** : même avec la réhabilitation de tous les lots d'enveloppe, l'étiquette C et donc le niveau BBC n'est pas atteint en zone H1a. Ce résultat doit toutefois être nuancé : la performance au DPE dépend également des caractéristiques du bâtiment. Des configurations plus favorables (bâtiment plus compact, typologies de logements différentes) pourraient ainsi permettre d'atteindre l'étiquette C en zone H1a.




**Coûts d'exploitation**

- Entretien sur 17 ans
- Consommation énergétique sur 17 ans
- Abonnement sur 17 ans

**Coûts d'investissement**

- Amélioration de l'enveloppe thermique*
- Travaux induits (raccordement électrique, hydraulique…)
- Système ECS si séparé du système de chauffage
- Système assurant le chauffage (et l'ECS le cas échéant)

# 11 Chaudière électrique associée à une production ECS électrique ou thermodynamique

# 11 Chaudière électrique associée à une production ECS électrique ou thermodynamique

## DESCRIPTIF GÉNÉRAL

Une **chaudière électrique** est un appareil de chauffage qui utilise l'électricité pour produire de la chaleur. Elle chauffe l'eau grâce à des résistances électriques (en lieu et place de la chaudière gaz), puis distribue cette eau chaude dans un circuit de radiateurs ou de plancher chauffant pour chauffer un bâtiment. Elle ne nécessite pas de combustible (gaz, fioul) ni de conduit d'évacuation des fumées. Elle est compatible avec n'importe quel réseau de radiateur à eau.

## DOMAINE D'APPLICATION

- Très bon niveau d'isolation du bâti pour limiter les coûts d'exploitation.
- Réseau de radiateur à eau existant que le maître d'ouvrage souhaite conserver et manque de place pour intégrer une PAC Air/Eau.

## POINTS FORTS

- Production chauffage et ECS (si chaudière électrique associée à un ballon ECS).
- Permet de conserver les anciens émetteurs à eau existants (radiateurs, plancher chauffant basse température…) → Pas de dépose et de travaux induits par la dépose des réseaux (peinture, etc.).
- Encombrement réduit. Chaudière électrique a un encombrement similaire à une chaudière gaz (pour le chauffage) + encombrement similaire à un ballon ECS standard pour le préparateur ECS.
- Aucune nuisance acoustique intérieure (excepté si ECS produite par CET individuel).

## POINTS D'ATTENTION

- Haut niveau de performance du bâti nécessaire pour compenser les performances énergétiques plus limitées de ces systèmes.
- Hausse des puissances électriques de raccordement du logement importante.

## CAPACITÉS ET PERFORMANCES

Puissance nominale de chaudières électriques disponible selon modèles : de 6 à 24 kW. Certains modèles sont capables de moduler leur puissance.

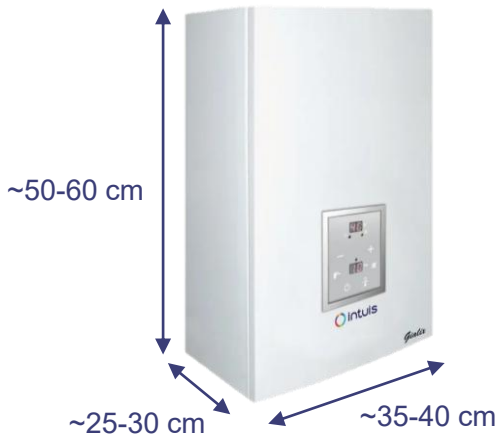
## IMPLANTATION DES ÉQUIPEMENTS

### Intégration

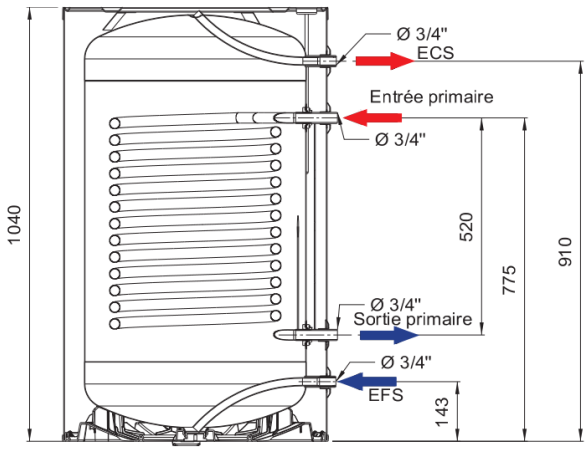
L'encombrement d'une chaudière électrique est très limité et similaire à une chaudière gaz mais n'assure dans cette configuration que le chauffage. La production d'ECS nécessite l'installation d'un préparateur d'eau chaude sanitaire de dimensions similaires à celles d'un ballon d'eau chaude électrique standard.

### Dimensions

*Illustration : Intuis*




Chaudière sans ballon ECS intégré




Préparateur ECS

# 11 Chaudière électrique associée à une production ECS électrique ou thermodynamique

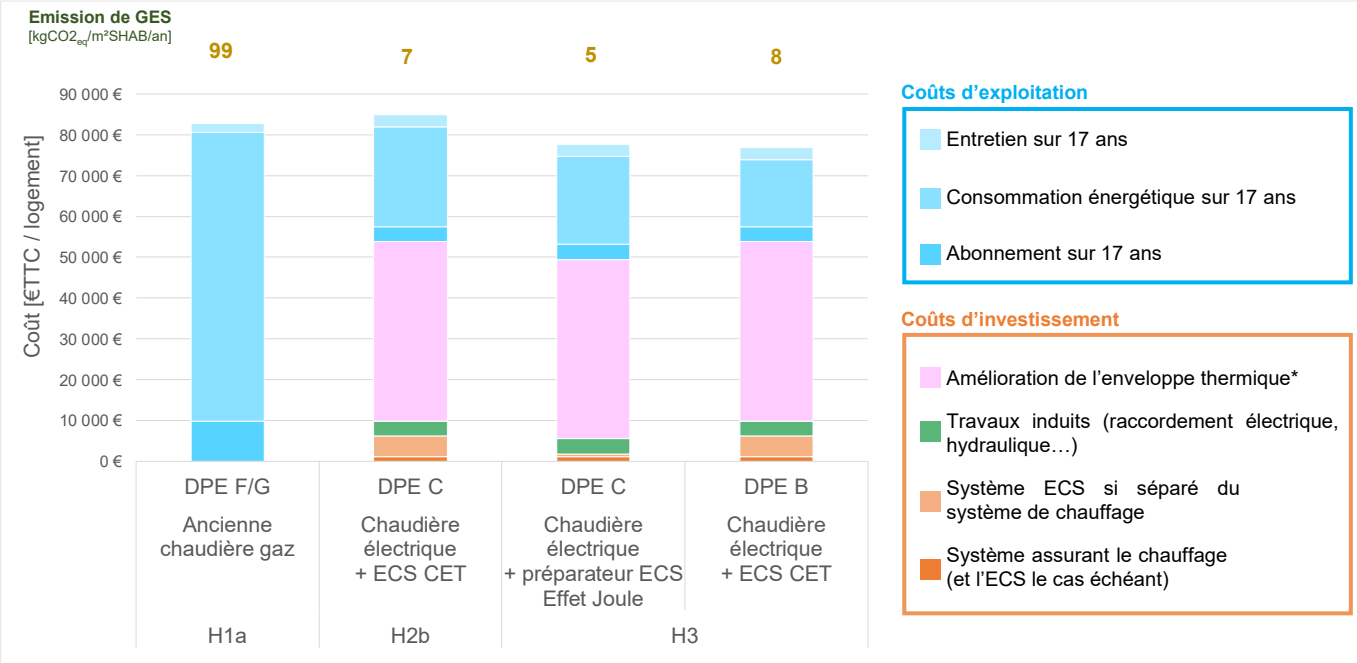
## BONNES PRATIQUES

- Sélectionner un matériel avec performances certifiées.
- Adapter la puissance de l'abonnement électrique si besoin. En cas d'installation de chaudière électrique ou de radiateurs électriques dans plusieurs logements de l'immeuble, contacter le gestionnaire du réseau pour anticiper l'impact technico-économique sur la colonne montante.
- Prévoir la fiabilisation du réseau hydraulique existant avec désembouage des émetteurs et pose de robinets thermostatiques.

## COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION

**ATTENTION** : même avec la réhabilitation de tous les lots d'enveloppe, l'étiquette C et donc le niveau BBC n'est pas atteint en zone H1a. Ce résultat doit toutefois être nuancé : la performance au DPE dépend également des caractéristiques du bâtiment. Des configurations plus favorables (bâtiment plus compact, typologies de logements différentes) pourraient ainsi permettre d'atteindre l'étiquette C en zone H1a.

**Coûts globaux sur 17 ans (hors aides)**



# 12 Chauffe-eau Thermodynamique (CET)

# 12 Chauffe-eau Thermodynamique (CET)

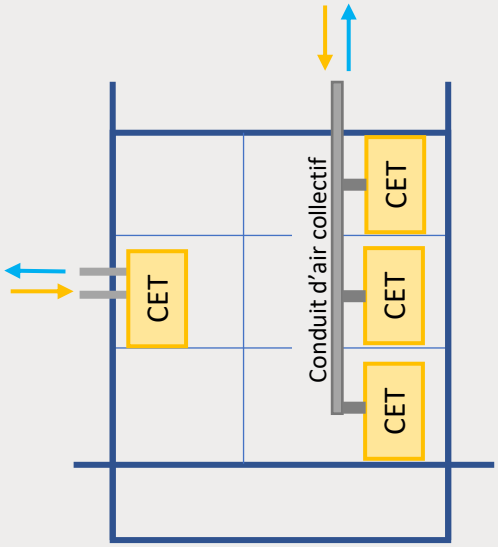
## DESCRIPTIF GÉNÉRAL

Un chauffe-eau thermodynamique (CET) se compose d'une petite pompe à chaleur et d'une cuve disposant d'une isolation thermique (la PAC est disposée au-dessus du ballon). Il prélève ses calories sur l'air extérieur (aucun lien ou interférence avec la VMC). L'énergie récupérée est ensuite transmise à la cuve où est stockée l'eau chaude sanitaire.

Deux technologies sont disponibles :

- Double conduit ou à ventouse concentrique en façade ;
- Conduit collectif vertical ventouse concentrique en gaine technique.

**NOTE** : certains CET peuvent être alimentés par l'air extrait de la VMC.




## DOMAINE D'APPLICATION

- Espace intérieur suffisant pour le CET.
- Possibilité de carotter en façade ou en toiture si impossibilité d'exploiter un conduit collectif.

## POINTS FORTS

- Absence d'unité extérieure et sorties possibles en toiture ou en façade. Intégration architecturale et enjeux acoustiques extérieurs facilités.
- Raccordement uniquement de l'ECS.

## POINTS D'ATTENTION

- Peut nécessiter un placard technique voire acoustique.
- Ne traite que l'ECS.

## CAPACITÉS ET PERFORMANCES

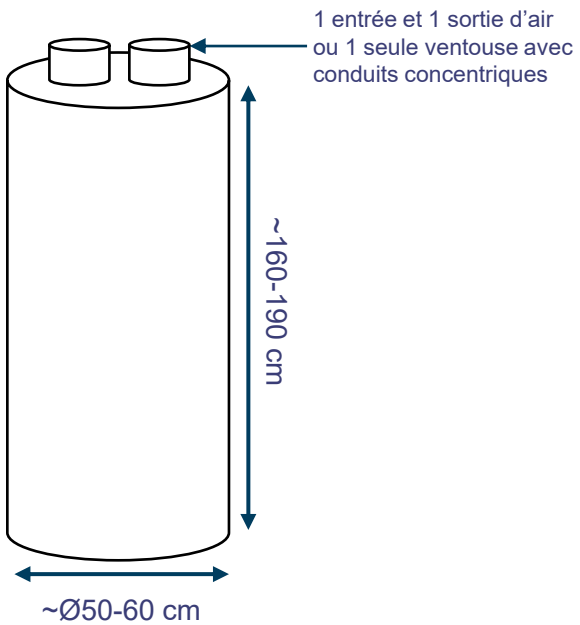
COP certifié (Norme EN14511) ≃ 3

Puissance acoustique : 40 à 55 dB(A) selon modèle

Volume du ballon ECS : de 100 à 300 L (voire plus). Il existe des versions murales jusqu'à 150L.

## IMPLANTATION DES ÉQUIPEMENTS

### Dimensions




### Intégration

Il est conseillé de mettre le CET dans un placard : l'emprise au sol est d'environ 0,6 m² pour un CET de 100-150 L et 0,8 m² pour un CET de 200-250 L. La hauteur est d'environ 1,8 m (2,30 m avec raccordement et support). Certaines versions murales permettent de glisser un appareil électroménager de type machine à laver sous le CET.

Le positionnement préconisé est différent suivant que le raccordement est individuel ou collectif :

- **Individuel** : double conduit ou à ventouse concentrique en façade. Positionner le CET à proximité des façades ou du plancher haut pour limiter le cheminement vertical ou horizontal des gaines d'aspiration et refoulement d'air.
- **Conduit collectif en gaine technique** : positionner le CET en salle de bains les uns au-dessus des autres.

Le raccordement individuel du CET, si celui-ci est impossible en toiture, implique 1 à 2 percements de la façade en Ø160 mm et d'éventuels soffites afin de camoufler les réseaux aérauliques.

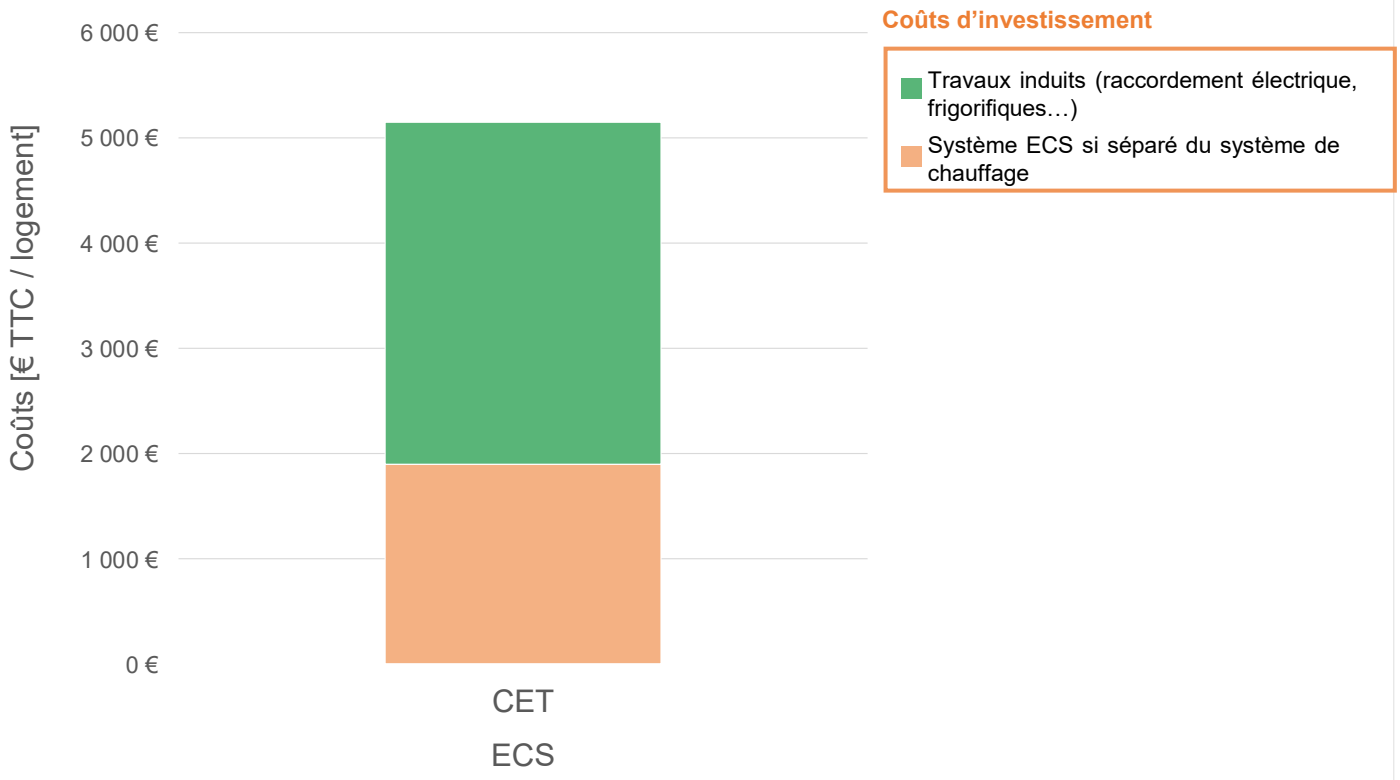
# 12 | Chauffe-eau Thermodynamique (CET)

## BONNES PRATIQUES

- Idéalement, le CET devra être intégré dans un placard acoustique et être éloigné des pièces de nuit.
- Les gaines devront être isolées afin d'éviter les phénomènes de condensation.
- Les gaines devront être rigides ou semi-rigides afin d'éviter les phénomènes d'écrasement et de pincement.
- Un bac de rétention d'eau doit être positionné sous le CET si les locaux sous-jacents sont habités.
- L'entretien annuel doit intégrer :
    - **Sur la PAC** : vérification de la propreté du conduit d'évacuation des condensats, nettoyage du filtre du régulateur de pression, nettoyage de l'évaporateur, vérifier la charge en fluide ;
    - **Sur le ballon ECS** : contrôle de l'entartrage et de l'anode en magnésium le cas échéant.
- Respecter les contraintes de gainage propres à chaque modèle de CET (longueur et nombre de coude max).

## COÛTS D'INVESTISSEMENT

**Coûts d'investissement système et travaux induits pour l'installation d'un CET indépendamment du système assurant le chauffage**



# Fiches solutions collectives

Pages 52 à 75

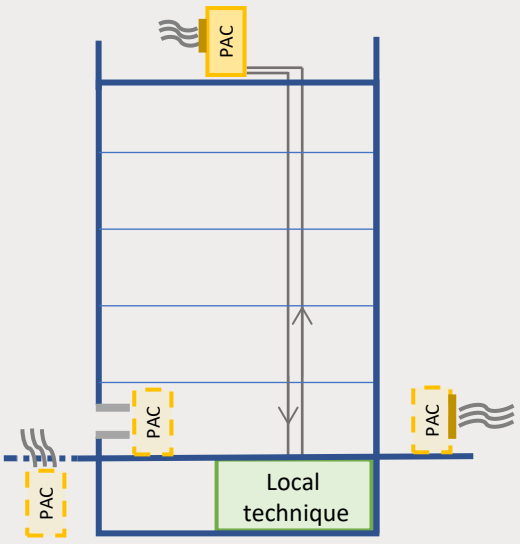
# 13 PAC Air/Eau double service

# 13 PAC Air/Eau double service

## DESCRIPTIF GÉNÉRAL

Une PAC Air/Eau prélève des calories sur l'air extérieur grâce à un ventilateur. Elle peut être positionnée à l'extérieur ou à l'intérieur (si elle est connectée à l'extérieur par des gaines). Toutes les PAC ont la capacité de produire de la chaleur et une grande partie sont réversibles et produisent également du froid.

Un local technique associé aux PAC abrite notamment les ballons de stockage et la régulation. La distribution de la chaleur vers les logements est réalisée à partir de ce local technique par des réseaux d'eau, similaires à ceux associés aux chaufferies gaz.




## DOMAINE D'APPLICATION

- Un niveau d'isolation du bâti adapté afin que les besoins de chauffage et, par conséquent, la puissance de la PAC à installer, son encombrement et son coût, soient cohérents avec les contraintes technico-économiques du projet
- Espace extérieur (ex : toiture terrasse, espace au sol) pour unité extérieure
- Dans de plus rares cas en rénovation, les PAC peuvent être placées à l'intérieur (PAC gainée). Dans ce cas, un local technique adapté doit être disponible au rez-de-chaussée, en contact avec la façade, et faire l'objet d'une analyse de risques spécifique, notamment pour les PAC au R290 dont l'intégration intérieure impose des contraintes particulières (sécurité, ventilation, volumes).

## POINTS FORTS

- Distribution de chaleur similaire au gaz collectif.
- Offre packagée disponible (PAC, ballon, régulation, schéma hydraulique).
- Technologie disponible avec des fluides très peu émissifs.
- Intervention limitée des frigoristes si PAC monobloc (pas de liaison frigorifique).

## POINTS D'ATTENTION

- Anticiper les incidences techniques et économiques des éventuels traitements acoustiques, renforcement du raccordement électrique du bâtiment.
- En cas de PAC dotée de fluide frigorigène hautement inflammable (R290), veillez à considérer une implantation en accord avec la norme EN378.
- Vérifier la compatibilité avec le PLU.

## CAPACITÉS ET PERFORMANCES

Température maximale de production : 75 °C (à température extérieure = -15 °C).

Puissance nominale disponible : de 14 à 150 kW avec possibilité de cascader plusieurs PAC.

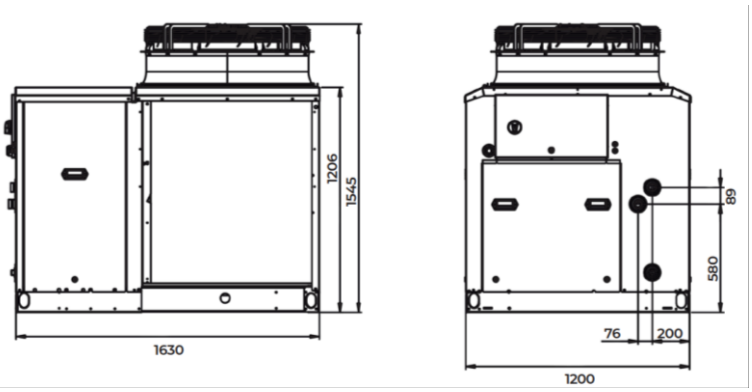
SCOP certifié (Norme EN14825) de 2,9 à 4,9 en fonction du climat et de la température de production.

Puissance acoustique de l'unité extérieure à pleine charge : ≃ 65-85 dB(A) en fonction de la puissance calorifique.

## IMPLANTATION DES ÉQUIPEMENTS

### Dimensions

*Illustration : Intuis*




PAC monobloc de 40 kW

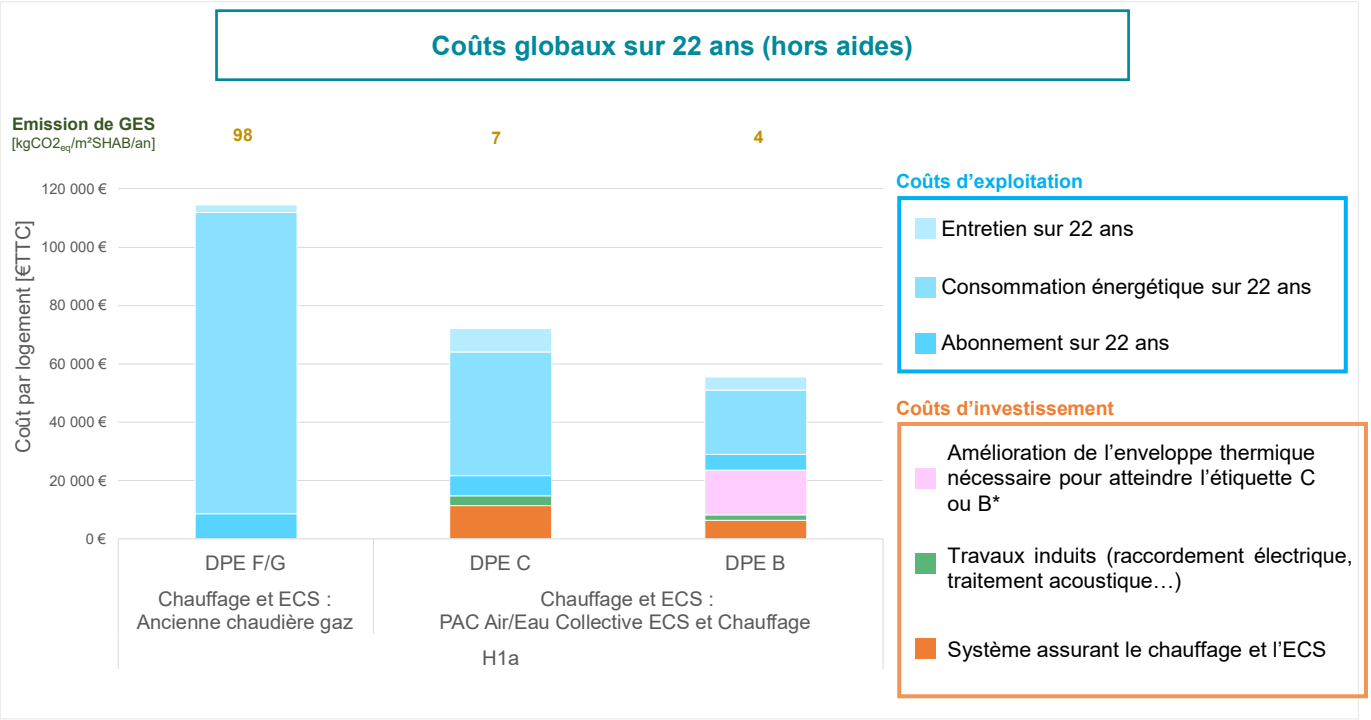
### Intégration

- Ventilateur de la PAC à l'extérieur : C'est la situation la plus fréquente, privilégiée pour sa simplicité. Il faut prévoir un espace libre de 2 à 3 mètres devant le ventilateur, de 50 cm à l'arrière et sur les côtés et une surface totalement libre au-dessus. En cas d'environnement calme ou d'espace privatif à proximité, la pose de panneaux acoustiques est souvent nécessaire.
- Ventilateur de la PAC à l'intérieur : Si la PAC est disposée à l'intérieur, le ventilateur doit avoir la capacité de combattre les pertes de charges engendrées par la gaine et/ou par l'éventuel traitement acoustique. La distance entre la PAC et l'extérieur est souvent limitée de 1,5 à 2m maximum.
- Local technique : en cas de PAC monobloc extérieure (cas le plus récurent en collectif), la distance et la hauteur entre les PAC et le local technique ne sont pas limitées, cependant la PAC doit être positionnée au plus près du local pour limiter les pertes de chaleur. En cas de production ECS par les PAC, le local doit être en capacité d'accueillir des ballons de stockage.

## BONNES PRATIQUES

- Optimiser la loi d'eau, en considérant les déperditions pièce par pièce et les dimensions des radiateurs existants. Les PAC sont par ailleurs sensibles à la qualité des eaux : prévoir la fiabilisation du réseau hydraulique existant avec désembouage des radiateurs, traitement de l'eau, pot à boue, purgeur d'air. Un équilibrage des réseaux devra également être réalisé.
- Considérer l'impact acoustique de l'UE : mobiliser un acousticien pour valider son positionnement, éviter la transmission des vibrations en la positionnant sur des plots antivibratiles et en la désolidarisant des canalisations (ex : raccord flexible).
- Considérer les règles d'urbanisme locales. Une déclaration préalable est à réaliser, sauf dans le cas où l'installation est invisible depuis la rue ou depuis un bâtiment voisin. Soigner l'intégration architecturale (consulter le « Guide d'intégration architecturale des PAC collectives » édité par l'AFPAC).
- Contacter le gestionnaire du réseau électrique pour anticiper l'impact technico-économique et les délais du raccordement électrique. Consulter le « Guide raccordement électrique des PAC collectives » édité par l'AFPAC.
- L'unité extérieure ne doit pas être confinée afin d'éviter tout recyclage d'air, source de baisse de performance. Son implantation devra impérativement respecter les préconisations du constructeur, notamment en termes de dégagements minimaux. Certains dispositifs de camouflage peuvent compromettre ces exigences.
- Prévoir des capteurs de mesure permettant d'évaluer la performance annuelle de la PAC (COP annuel) ainsi que le degré d'intervention d'un éventuel appoint. Réaliser un audit de l'installation les 2 à 3 premières années de fonctionnement par le fabricant des PAC ou un AMO, en présence du mainteneur, pour vérifier le bon fonctionnement et suivi de l'installation.
- En cas de besoin de rafraichissement, les PAC Air/Eau sont souvent capables d'assurer une fonction de rafraichissement mais cela implique des travaux supplémentaires conséquents non pris en compte dans la présente fiche comprenant notamment le changement d'émetteurs pour des ventilo-convecteurs ainsi que l'isolation des réseaux de distribution.
- Se renseigner sur les dispositifs d'aide au financement.

## COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION




Les bonnes performances énergétiques et carbone de la PAC Air/Eau lui permettent d'atteindre l'étiquette B en mobilisant un bouquet de travaux d'enveloppe raisonnable (ITE façade, plancher bas et ventilation hygro B).

Le choix de la PAC Air/Eau double service sans isolation du bâti permet d'atteindre l'étiquette C mais comme en témoignent les coûts d'investissement importants des PAC et des travaux induits (traitement acoustique et raccordement électrique), l'application de cette solution sans isolation de l'enveloppe implique de très fortes contraintes techniques et économiques qui peuvent être rédhibitoires (ex : espace insuffisant pour accueillir les PAC ou le nouveau transformateur).

Ces cas d'études montrent que le prix de la PAC collective est fortement lié à la performance de l'enveloppe du bâtiment, un bâti isolé limite le prix des PAC mais aussi des travaux induits (acoustique et raccordement électrique).

Le bâtiment à l'état initial étant classé G, le gain d'étiquette engendrera une plus-value de la valeur du bien immobilier de l'ordre de 20 % si l'étiquette C est atteinte et de 27 % si l'étiquette B est atteinte (source : www.notaires.fr).

# 14 PAC Air/Air collective (DRV) et « Kit ECS » ou PAC Air/Eau dédiée ECS

# 14 PAC Air/Air collective (DRV) + « Kit ECS » ou PAC Air/Eau dédiée ECS

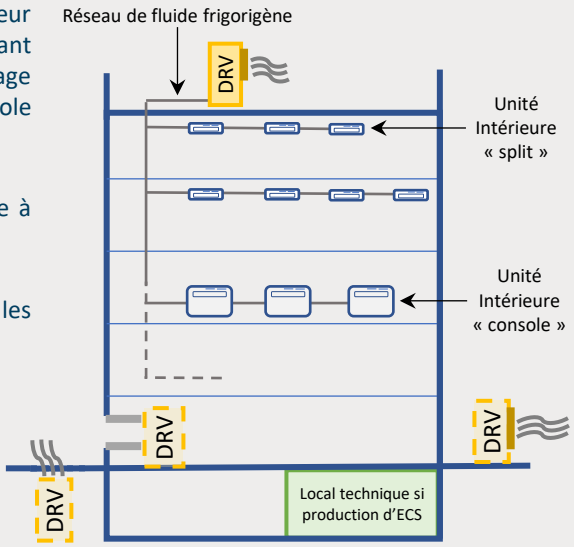
## DESCRIPTIF GÉNÉRAL

Une solution DRV* repose sur une unité extérieure captant les calories de l'air extérieur et alimentant des unités intérieures via un réseau de fluide frigorigène. Fonctionnant sur le principe d'une PAC air/air réversible, elle permet d'assurer à la fois le chauffage et le rafraichissement. Les unités intérieures peuvent être de type mural (split), console ou gainable.

Plusieurs configurations optionnelles sont possibles afin de produire de l'ECS :

- DRV associé à un « kit hydraulique » (le module extérieur alimente un module à l'intérieur du bâtiment qui rehausse la température à 70/80 °C).
- DRV associé à une solution ECS indépendante type PAC Air/Eau.

Dans le cas d'une production ECS collective, un local technique capable d'accueillir les ballons de stockage devra être prévu.




## DOMAINE D'APPLICATION

- Un niveau d'isolation du bâti adapté afin que les besoins de chauffage et, par conséquent, la puissance de la PAC à installer, son encombrement et son coût, soient cohérents avec les contraintes technico-économiques du projet
- Espace extérieur (ex : toiture terrasse, espace au sol) pour module extérieur.
- Dans de plus rares cas en rénovation, les PAC peuvent être placées à l'intérieur (PAC gainée). Dans ce cas, un local technique doit être disponible au rez-de-chaussée en contact avec la façade.

## POINTS FORTS

- Les unités intérieures en console peuvent être installées en lieu et place des émetteurs hydrauliques existants.
- Il est possible de ne déployer des unités intérieures que dans une partie des pièces (ex : salon) pour limiter le coût des DRV. Des radiateurs électriques seront alors installés dans les autres pièces (ex : chambre) qui pourront bénéficier de la chaleur du salon si les portes sont ouvertes.
- Un réseau de fluides frigorigènes est plus simple à déployer qu'un réseau hydraulique du fait de son faible encombrement.

## POINTS D'ATTENTION

- En cas de réseaux et émetteurs hydrauliques existants, ces derniers devront être déposés. Ceci peut laisser des traces aux murs qui pourraient nécessiter des reprises.
- Ce type de système nécessite l'intervention d'un frigoriste, compétence moins courante chez les mainteneurs et installateurs du secteur.
- Anticiper les incidences techniques et économiques des éventuels traitements acoustiques et renforcement du raccordement électrique du bâtiment.
- Vérifier la compatibilité avec le PLU.

## CAPACITÉS ET PERFORMANCES

Puissance nominale disponible selon modèles : de 20 à plusieurs centaines de kW

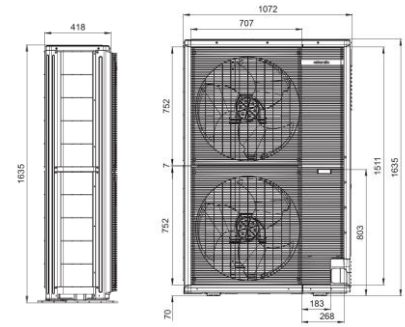
SCOP certifié (Norme EN14825) de 4 à 7 en fonction du climat et de la température de soufflage.

Puissance acoustique de l'unité extérieure à pleine charge : ≃ 65-85 dB(A) en fonction de la puissance calorifique.

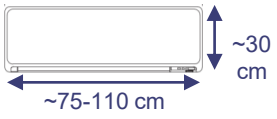
## IMPLANTATION DES ÉQUIPEMENTS

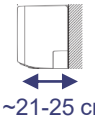
### Dimensions

*Illustration : Atlantic et Panasonic*




DRV
20-30 kW




Unité intérieure type « split »

### Intégration

- DRV à l'extérieur : C'est la situation la plus fréquente, privilégiée pour sa simplicité. Il faut prévoir un espace libre de 2 à 3 mètres devant le ventilateur, de 50 cm à l'arrière et sur les côtés et une surface totalement libre au-dessus. En cas d'environnement calme ou d'espace privatif à proximité, la pose de panneaux acoustiques est souvent nécessaire.
- DRV à l'intérieur (cas rare) : Si le DRV est disposé à l'intérieur, le ventilateur doit avoir la capacité de combattre les pertes de charges engendrées par la gaine et/ou par l'éventuel traitement acoustique. La distance entre la PAC et l'extérieur est souvent limitée de 1,5 à 2 m maximum.
- Local technique : En cas de production ECS par un kit hydraulique associé au DRV ou par une PAC indépendante, le local doit être en capacité d'accueillir des ballons de stockage hydraulique.

**DRV = Débit de Réfrigérant Variable. Pour désigner cette solution, on peut également trouver les noms VRV (Volume de Réfrigérant Variable) ou VRF (Variable Réfrigérant Flow en anglais).*

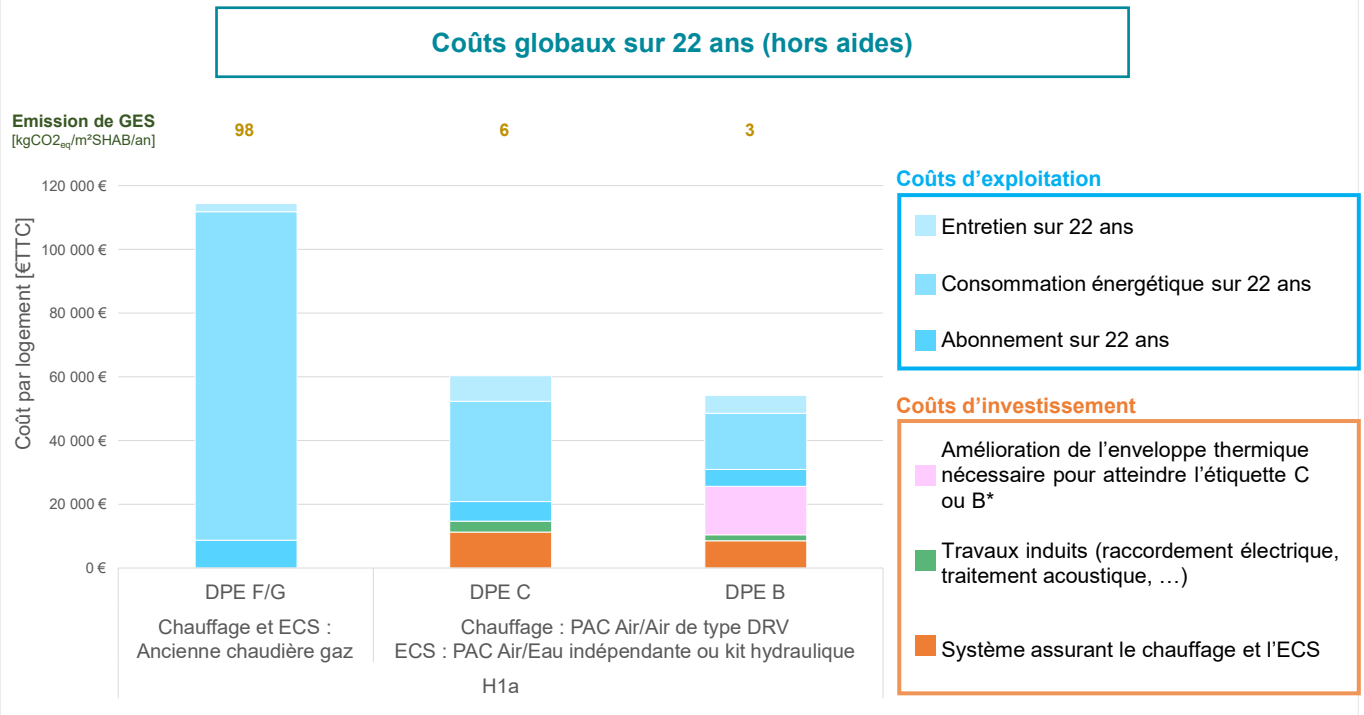
# 14 | PAC Air/Air collective (DRV) + « Kit ECS » ou PAC Air/Eau dédiée ECS

## BONNES PRATIQUES

- Privilégier des produits en capacité de réaliser une répartition des charges individuelles.
- En présence de production froid, veiller au déploiement de solutions passives de diminution des besoins froids du bâtiment (protections solaires des fenêtres, isolation des toitures et brasseur d'air plafonnier). Les DRV mobilisent des fluides frigorigènes très souvent légèrement inflammables (classé A2L) : veiller à considérer cet enjeu et les normes associées dans la conception technique de l'installation.
- Considérer l'impact acoustique de l'UE : mobiliser un acousticien pour valider son positionnement, éviter la transmission des vibrations en positionnant l'UE sur des plots antivibratiles et en la désolidarisant des canalisations (ex : raccord flexible).
- Considérer les règles d'urbanisme locales. Une déclaration préalable est à réaliser, sauf dans le cas où l'installations est invisible depuis la rue ou depuis un bâtiment voisin. Soigner l'intégration architecturale (consulter le « Guide d'intégration architectural des PAC collectives » édité par l'AFPAC).
- Contacter le gestionnaire du réseau électrique pour anticiper l'impact technico-économique du raccordement électrique. Consulter le « Guide raccordement électrique des PAC collectives » édité par l'AFPAC.
- L'UE ne doit pas être trop confinée afin de ne pas aspirer l'air qu'elle rejette (recyclage d'air), ce qui engendrerait une baisse de performance (respecter les règles d'implantation des fournisseurs). Attention, certains dispositifs de camouflage ne respectent pas le fonctionnement de la PAC.
- Prévoir l'évacuation des condensats des unités intérieures soit de manière gravitaire soit à l'aide de pompes de relevage.
- Se renseigner sur les dispositifs d'aide au financement.

## COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION

### Variante n°1 : DRV et Kit ECS (ou PAC Air/Eau dédiée ECS)



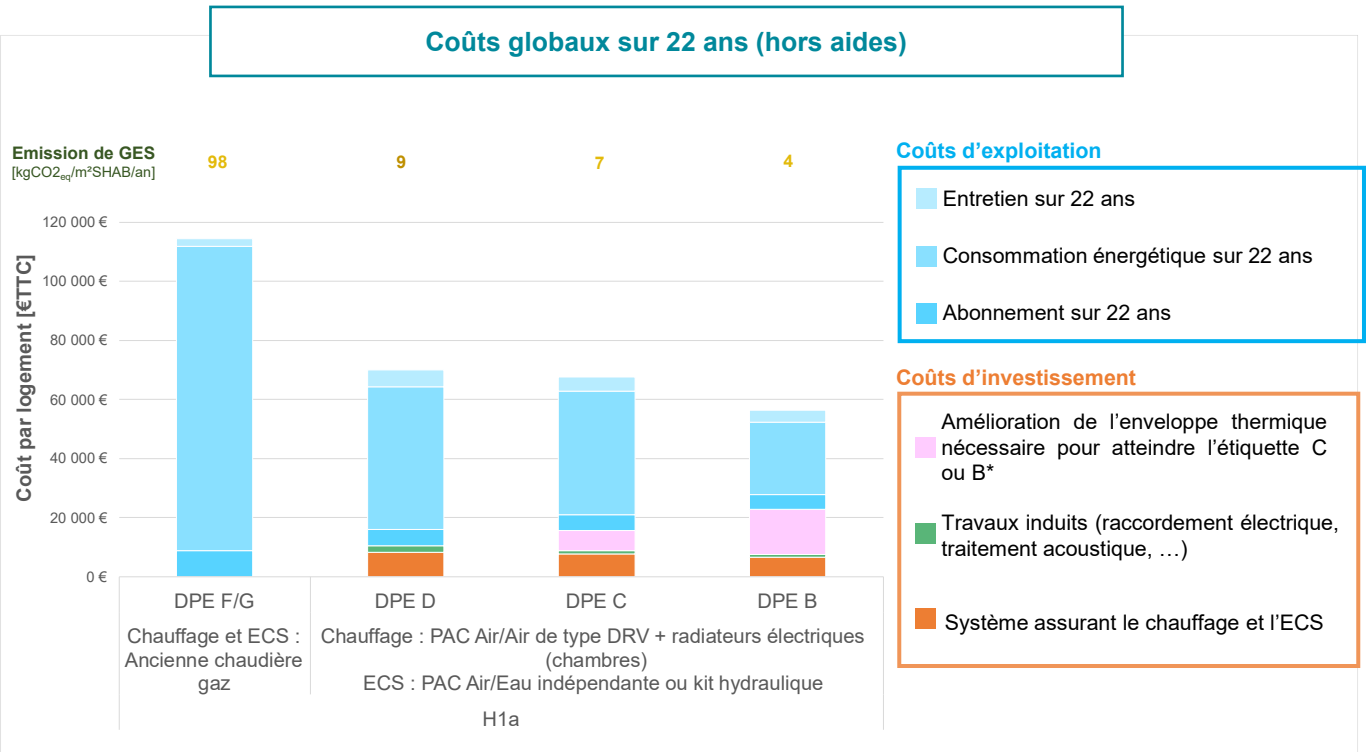

Les bonnes performance énergétiques et carbone de la PAC Air/Air (DRV) lui permettent d'atteindre l'étiquette B en mobilisant un bouquet de travaux d'enveloppe raisonnable (ITE façade, plancher bas et ventilation hygro B).

L'application de la PAC Air/Air (DRV) (associé à un kit hydraulique ou une PAC Air/Eau dédiée pour la production d'ECS) sans isolation du bâti permet d'atteindre l'étiquette C mais comme en témoignent les coûts d'investissement importants des PAC et des travaux induits (traitement acoustique et raccordement électrique), l'application de cette solution sans isolation de l'enveloppe implique de très fortes contraintes techniques et économiques qui peuvent être rédhibitoires (ex : espace insuffisant pour accueillir les PAC ou le nouveau transformateur).

Ces cas d'études montrent que le prix de la PAC collective est fortement lié à la performance de l'enveloppe du bâtiment, un bâti isolé limite le prix des PAC mais aussi des travaux induits (acoustique et raccordement électrique).

# 14 | PAC Air/Air collective (DRV) + « Kit ECS » ou PAC Air/Eau dédiée ECS

## Variante n°2 : DRV + radiateurs effet joule (chambres) et Kit ECS (ou PAC Air/Eau dédiée ECS)




Les bonnes performances énergétiques et carbone de la PAC Air/Air (DRV) lui permettent d'atteindre l'étiquette B en mobilisant un bouquet de travaux d'enveloppe raisonnable (ITE façade, plancher bas et ventilation hygro B) même lorsque les besoins de chauffage des chambres sont assurés par effet joule.

En revanche, si cette variante permet de diminuer les coûts d'investissement initiaux, le coût global sera systématiquement plus élevé que la solution où l'ensemble des besoins de chauffage est traité par la PAC Air/Air.

Le bâtiment à l'état initial étant classé G, le gain d'étiquette engendrera une plus-value de la valeur du bien immobilier de l'ordre de 20 % si l'étiquette C est atteinte et de 27 % si l'étiquette B est atteinte (source : www.notaires.fr).

# 15 PAC Air/Eau collective chauffage et CET individuel

# 15 PAC Air/Eau collective chauffage et CET individuel

## DESCRIPTIF GÉNÉRAL

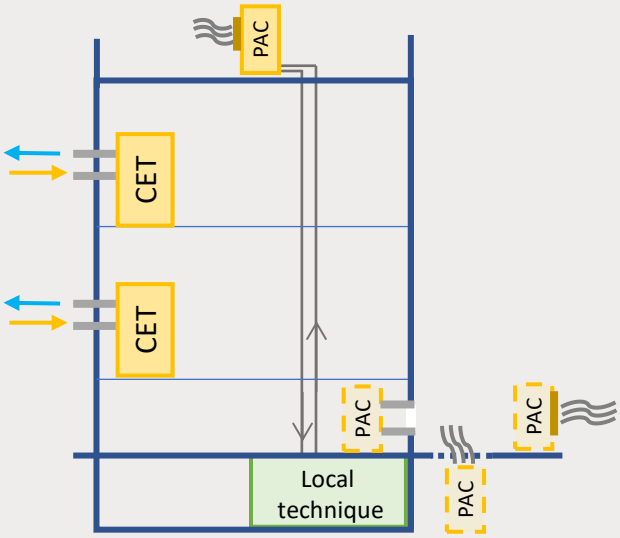
Les enjeux propres à la PAC collective Air/Eau sont décrits en fiche n°13.

Un chauffe-eau thermodynamique (CET) se compose d'une petite pompe à chaleur et d'une cuve disposant d'une isolation thermique (la PAC est disposée au-dessus du ballon). Il prélève ses calories sur l'air extérieur (aucun lien ou interférence avec la VMC). L'énergie récupérée est ensuite transmise à la cuve où est stockée l'eau chaude sanitaire.

Deux technologies sont disponibles :

- Double conduit ou à ventouse concentrique en façade
- Conduit collectif vertical ventouse concentrique en gaine technique

**NOTE** : certains CET peuvent être alimentés par l'air extrait de la VMC.




## DOMAINE D'APPLICATION

- Espace intérieur suffisant pour le CET.
- Possibilité de carotter en façade ou en toiture si impossibilité d'exploiter un conduit collectif.

## POINTS FORTS

- Absence d'unité extérieure et sorties possibles en toiture ou en façade. Intégration architecturale et enjeux acoustiques extérieurs propres au CET facilités.
- Raccordement uniquement de l'ECS.

## POINTS D'ATTENTION

- Peut nécessiter un placard technique voire acoustique.
- Le CET ne traite par définition que l'ECS.

## CAPACITÉS ET PERFORMANCES

COP certifié (Norme EN14511) ≃ 3

Puissance acoustique : 40 à 55 dB(A) selon modèle

Volume du ballon ECS : de 100 à 300 L (voire plus)

## IMPLANTATION DES ÉQUIPEMENTS

### Dimensions

*Illustration : Pouget Consultants*

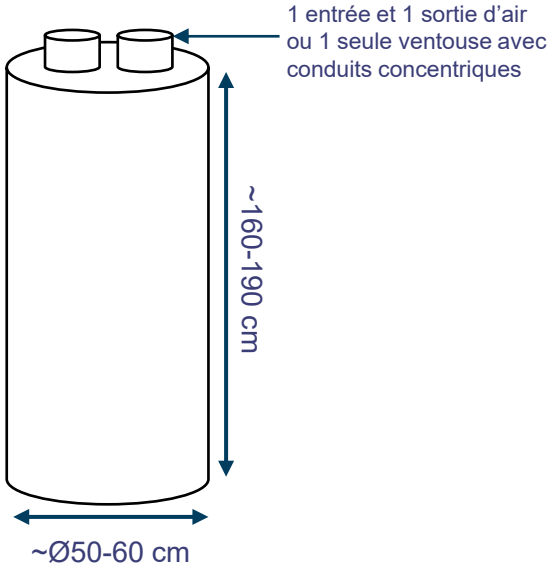



Schéma type d'un CET

### Intégration

Il est conseillé de mettre le CET dans un placard : l'emprise au sol est d'environ 0,6 m² pour un CET de 100-150 L et 0,8 m² pour un CET de 200-250 L. La hauteur est d'environ 1,8 m (2,30 m avec raccordement et support). Certaines versions murales permettent de glisser un appareil électroménager de type machine à laver sous le CET.

Le positionnement préconisé est différent suivant que le raccordement est individuel ou collectif :

- **Individuel** : double conduit ou à ventouse concentrique en façade. Positionner le CET à proximité des façades ou du plancher haut pour limiter le cheminement vertical ou horizontal des gaines d'aspiration et refoulement d'air.
- **Conduit collectif en gaine technique** : positionner le CET en salle de bains les uns au-dessus des autres.

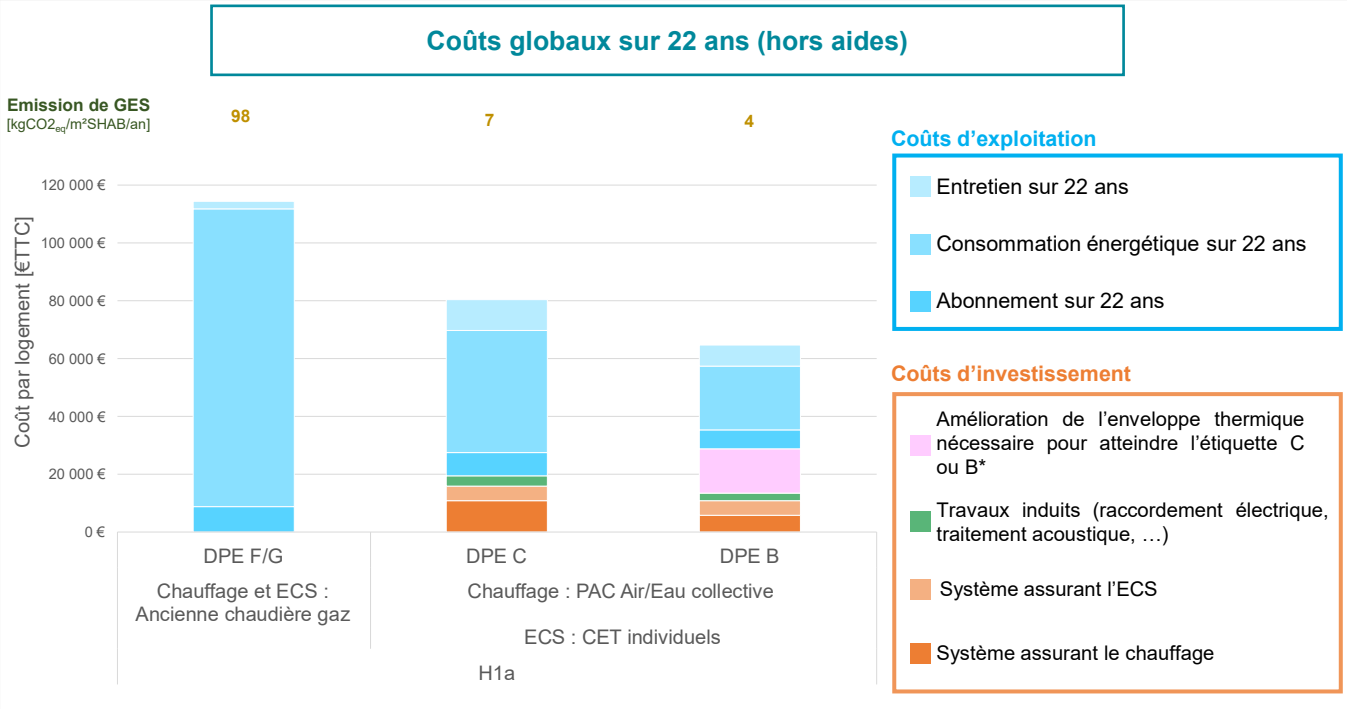
Le raccordement individuel du CET, si celui-ci est impossible en toiture, implique 1 à 2 percements de la façade en Ø160 mm et d'éventuels soffites afin de camoufler les réseaux aérauliques.

## BONNES PRATIQUES

Les bonnes pratiques propres à la mise en œuvre d'une PAC collective Air/Eau sont disponibles à la Fiche n°13.

- Le surdimensionnement des ballons dégrade significativement la performance réelle des CET. En effet, plus le ballon est refroidi plus le COP augmente. Il convient donc de prévoir un volume de stockage correspondant au besoin journalier réel.
- Idéalement, le CET devra être intégré dans un placard acoustique et être éloigné des pièces de nuit.
- Les gaines devront être isolées afin d'éviter les phénomènes de condensation.
- Les gaines devront être rigides ou semi-rigides afin d'éviter les phénomènes d'écrasement et de pincement.
- Un bac de rétention d'eau doit être positionné sous le CET si les locaux sous-jacents sont habités.
- L'entretien annuel doit intégrer :
  - **Sur la PAC** : vérification de la propreté du conduit d'évacuation des condensats, nettoyage du filtre du régulateur de pression, nettoyage de l'évaporateur, vérifier la charge en fluide.
  - **Sur le ballon ECS** : contrôle de l'entartrage et de l'anode en magnésium le cas échéant.
- Respecter les contraintes de gainage propre à chaque modèle de CET (longueur et nombre de coude max).
- Se renseigner sur les dispositifs d'aide au financement.

## COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION




Les bonnes performances énergétiques et carbone de la PAC Air/Eau et du CET individuel leur permettent d'atteindre l'étiquette B en mobilisant un bouquet de travaux d'enveloppe raisonnable (ITE façade, plancher bas et ventilation hygro B).

L'application de la PAC Air/Eau sur chauffage et d'un CET individuel par logement sans isolation du bâti permet d'atteindre l'étiquette C mais comme en témoignent les coûts d'investissement importants des PAC et des travaux induits (traitement acoustique et raccordement électrique), l'application de cette solution sans isolation de l'enveloppe implique de très fortes contraintes techniques et économiques qui peuvent être rédhibitoires (ex : espace insuffisant pour accueillir les PAC ou le nouveau transformateur).

Ces cas d'études montrent que le prix de la PAC collective est fortement lié à la performance de l'enveloppe du bâtiment, un bâti isolé limite le prix des PAC mais aussi des travaux induits (acoustique et raccordement électrique).

Le bâtiment à l'état initial étant classé G, le gain d'étiquette engendrera une plus-value de la valeur du bien immobilier de l'ordre de 20 % si l'étiquette C est atteinte et de 27 % si l'étiquette B est atteinte (source : www.notaires.fr).

# 16 PAC Eau/Eau Géothermique double service

Pages 63 à 65

# 16 PAC Eau/Eau Géothermique double service

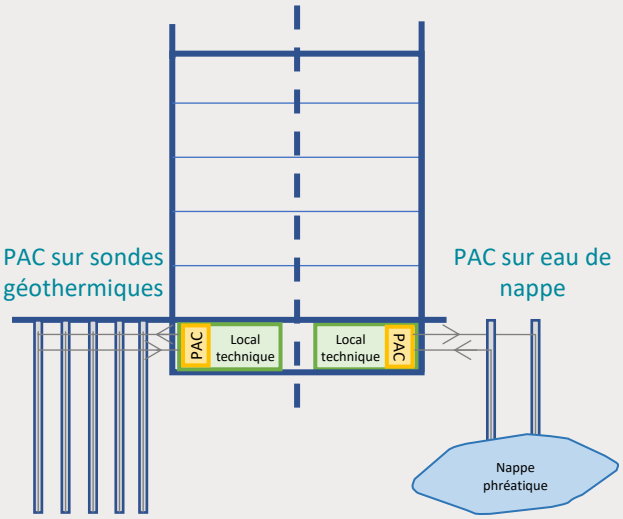
## DESCRIPTIF GÉNÉRAL

Il existe deux types de PAC Eau/Eau géothermique :

- PAC sur sondes géothermiques : la PAC capte des calories en faisant circuler de l'eau glycolée dans des sondes verticales dans le sol
- PAC sur eau de nappe : la PAC capte des calories en prélevant de l'eau dans une nappe phréatique.

Toutes les PAC ont la capacité de produire de la chaleur, la plupart sont réversibles et donc en capacité de produire également du froid.

Un local technique abrite les PAC, les ballons de stockage ECS, le système de pilotage et les éventuels appoints (électrique ou gaz). La distribution de la chaleur vers les logements est réalisée par des réseaux d'eau, similaires à ceux associés aux chaufferies gaz.




## DOMAINE D'APPLICATION

- Espace extérieur disponible (ex : parking extérieur ou espace vert) pour les sondes géothermiques + local technique pour les PAC.
- Maître d'ouvrage ou contexte sensible aux enjeux d'intégration acoustique (système silencieux).
- Particulièrement adapté aux climats rigoureux.

## POINTS FORTS

- Le module PAC est à l'intérieur des locaux techniques. Il n'y a donc pas d'impact acoustique et visuel.
- La distribution de chaleur est similaire au gaz collectif.
- Des produits sont disponibles avec des fluides très peu émissifs.
- L'intervention des frigoristes est limitée car PAC monobloc (pas de liaison frigorifique).
- L'encombrement des sondes géothermiques et les contraintes de raccordement électrique peuvent être réduits grâce à l'amélioration de l'enveloppe thermique du bâti ou à l'hybridation.
- Le dimensionnement PAC est indépendant de la rigueur climatique (pas de perte de puissance en climat froid).
- Aides du « Fonds chaleur » disponibles. Taux d'aide constaté entre 20 et 40 % des coûts liés à la géothermie (sous-sol et PAC).

## POINTS D'ATTENTION

- Anticiper les incidences techniques et économiques de l'éventuel renforcement du raccordement électrique du bâtiment.
- En cas de PAC dotée de fluide frigorigène hautement inflammable (R290), veiller à prévoir une implantation en accord avec la norme EN378.
- Les installations hybrides sont plus complexes en termes de régulation et de schéma hydraulique *(voir fiche « Comment assurer la performance et la pérennité d'une installation hybride : focus sur les enjeux majeurs »).*
- Le nombre d'acteurs maîtrisant cette technologie est relativement faible (foreurs, bureaux d'études, installateurs et exploitants).

## CAPACITÉS ET PERFORMANCES

Température maximale de production : 70 °C.
Cependant, plus les températures de production sont faibles, meilleurs sont les COP.

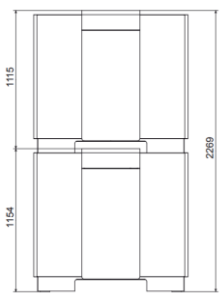
Puissance nominale disponible selon modèles : de 10 à 70 kW avec possibilité de cascader plusieurs PAC.

SCOP certifié (Norme EN14825) de 3,5 à 5,3 en fonction de la température de production.

Puissance acoustique à pleine charge ≃ 60 dB(A).

## IMPLANTATION DES ÉQUIPEMENTS

### Dimensions




Module de PAC géothermique

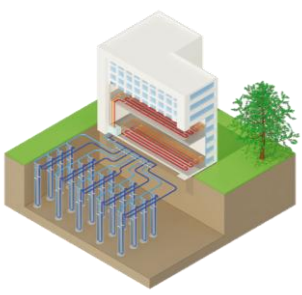


*Illustration : Stiebel Eltron et geothermie.fr*

Schéma de l'implantation d'un champ de sondes géothermiques

### Intégration

- Local technique : En cas de production ECS par les PAC, le local doit être en capacité d'accueillir des ballons de stockage en plus des PAC Eau/Eau.
- Sondes : la mise en œuvre des sondes implique la disponibilité d'un espace extérieur de l'ordre de 12 m²/logement BBC en 100 % PAC (sans hybridation).

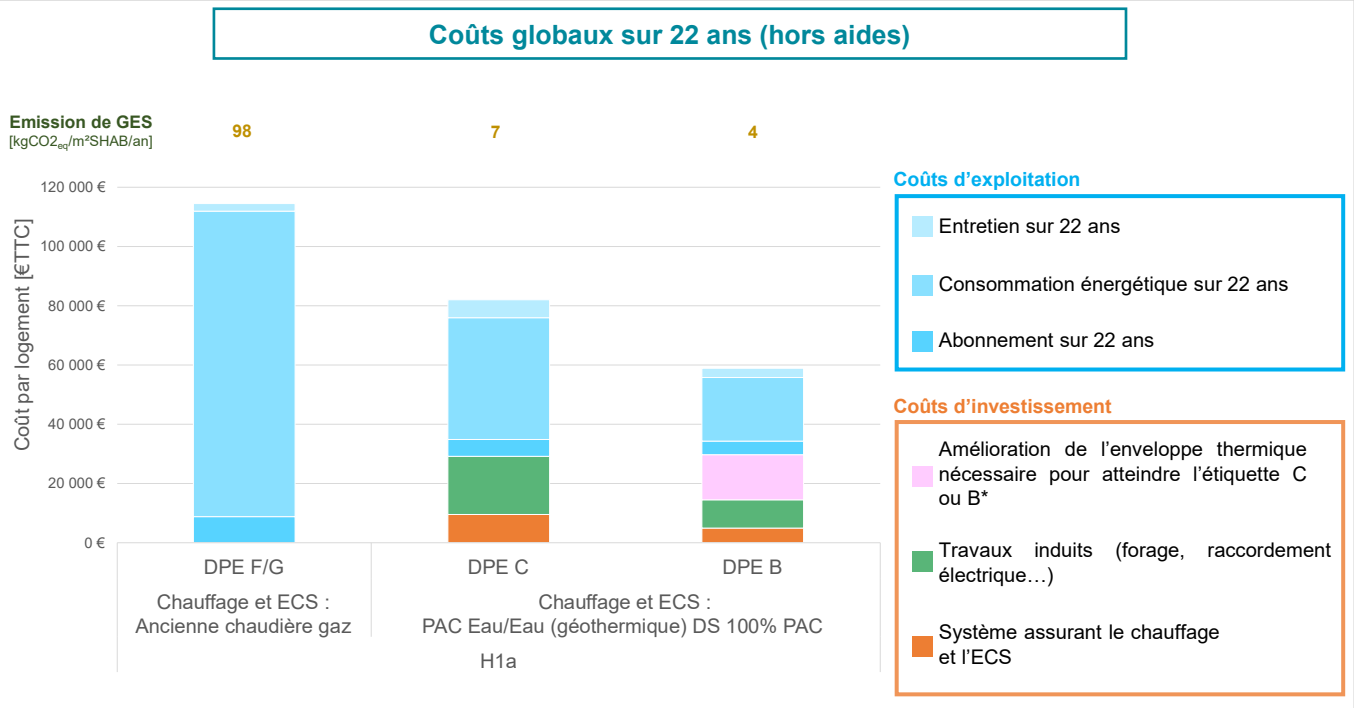
# 16 | PAC Eau/Eau Géothermique double service

## BONNES PRATIQUES

- Réaliser dès l'Avant-Projet Sommaire (APS) une étude de préfaisabilité/faisabilité géothermique par un bureau d'études spécialisé (OPQIBI 1007 – RGE) afin de valider le potentiel du site (technique, thermique, chimique, implantation), d'estimer les coûts (CAPEX/OPEX) et d'identifier les subventions mobilisables (ADEME/Fonds Chaleur, environ 30–50 %).
- Les PAC sont sensibles à la qualité des eaux : prévoir la fiabilisation du réseau hydraulique existant avec désembouage des radiateurs, traitement de l'eau, pot à boue, purgeur d'air. Optimiser la loi d'eau, en considérant les déperditions pièce par pièce et les dimensions des radiateurs existants.
- Un « Test de Réponse Thermique » (TRT) est obligatoire dans le cadre du Fonds chaleur si le linéaire des sondes géothermiques excède 1 000 mètres linéaires. Ce test, d'un coût compris entre 15 et 30 k€HT (forage de la sonde test + TRT), permet d'optimiser considérablement le dimensionnement des sondes thermiques et donc le coût des forages. Les nappes phréatiques ayant des caractéristiques très hétérogènes, il est fortement recommandé pour les PAC sur nappe d'effectuer un forage test au plus tard en phase projet (coût estimé entre 30 et 80 k€HT). Il est possible de mobiliser une assurance qui pourra rembourser le coût du test en cas de résultats impliquant une infaisabilité.
- Confier au bureau d'études la géomodélisation et la préparation du DCE (Cahier des Clauses Techniques Particulières forage jusqu'au collecteur), en définissant clairement les interfaces forage/fluides et les limites de prestations, en intégrant une option d'optimisation du nombre de sondes (±1 après TRT) et en réalisant la télé-déclaration « Géothermie de Minime Importance (GMI) » avant travaux (MOA ou foreur mandaté).
- Assurer une régulation performante et une maintenance préventive (contrat dédié) avec suivi des installations : sur sondes (étanchéité, qualité du fluide/glycol à renouveler tous les 10 ans, consommations électriques) et sur nappe (débit/rabattement, colmatage/encrassement, consommations, régénération des forages tous les 7 à 10 ans) afin d'optimiser les consommations, prolonger la durée de vie et maximiser le recours aux EnR.
- Contacter le gestionnaire du réseau électrique pour anticiper l'impact technico-économique et les délais de l'éventuel raccordement électrique. Consulter le « Guide raccordement électrique des PAC collectives » édité par l'AFPAC.
- Prévoir des capteurs de mesure de manière à permettre d'évaluer la performance annuelle de la PAC (COP annuel) ainsi que le degré d'intervention de l'appoint. Réaliser un audit de l'installation les 2 à 3 premières années de fonctionnement par le fabricant des PAC ou un AMO, en présence du mainteneur, pour vérifier le bon fonctionnement et suivi de l'installation. Le Fonds Chaleur de l'ADEME exige un rapport de suivi des performances à l'année n+1 après mise en service.
- En cas de besoin de rafraichissement, les PAC Eau/Eau sont souvent capables d'assurer une fonction de rafraichissement mais cela implique des travaux supplémentaires conséquents non pris en compte dans la présente fiche comprenant notamment le changement d'émetteurs pour des ventilo-convecteurs ainsi que l'isolation des réseaux de distribution.
- En cas d'hybridation, privilégier un fonctionnement bivalent simultané, éviter le surdimensionnement de l'appoint gaz (100 % des besoins) et adopter un schéma hydraulique avec chaudière en aval de la bouteille de découplage afin de garantir de bonnes performances et un taux de couverture optimal de la PAC *(voir fiche « Comment assurer la performance et la pérennité d'une installation hybride : focus sur les enjeux majeurs »* pour plus de précisions).
- Se renseigner sur les dispositifs d'aide au financement.

## COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION

### Solution base : Chauffage et ECS par PAC géothermique sans appoint

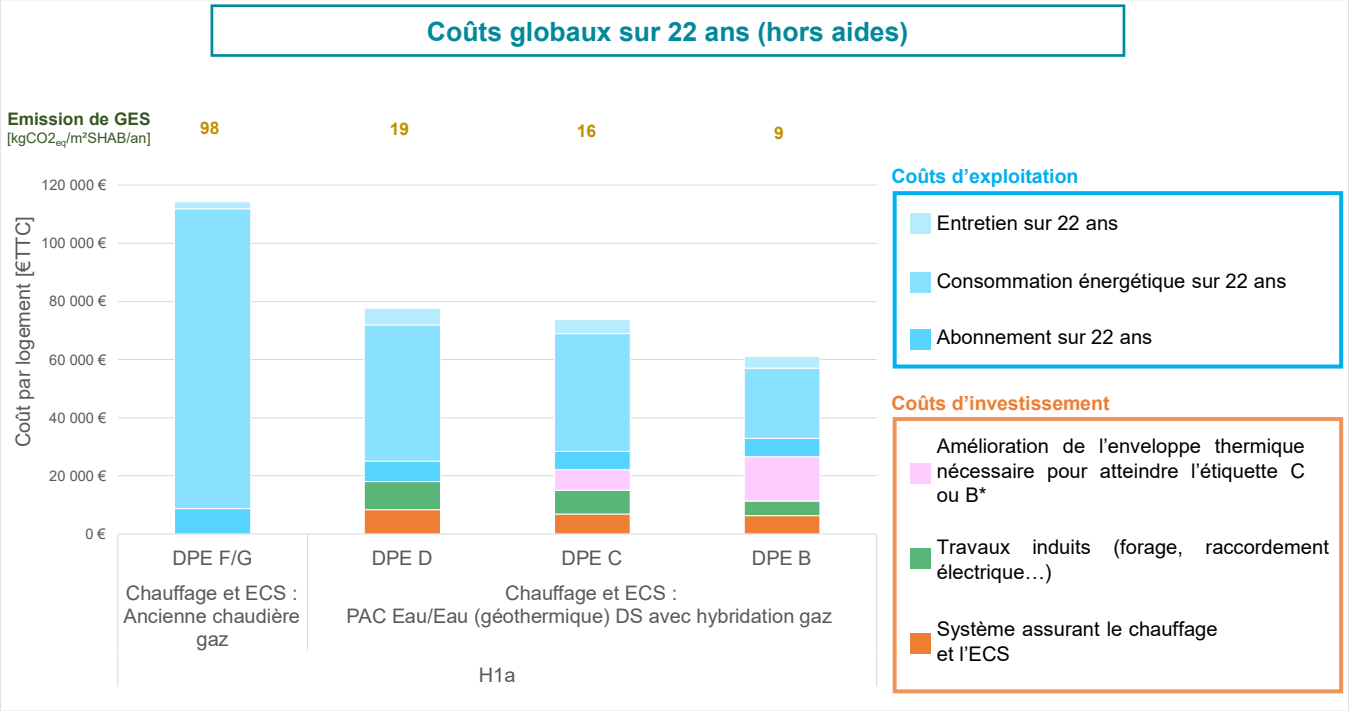


Les bonnes performance énergétiques et carbone de la PAC Eau/Eau lui permettent d'atteindre l'étiquette B en mobilisant un bouquet de travaux d'enveloppe raisonnable (ITE façade, plancher bas et ventilation hygro B).

L'application de la PAC Eau/Eau double service sans isolation du bâti permet d'atteindre l'étiquette C mais comme en témoignent les coûts importants des PAC et des travaux induits (sondes géothermiques verticales et raccordement électrique), l'application de cette solution sans isolation de l'enveloppe implique des coûts de forage conséquents et s'avère régulièrement économiquement irréalisable.

Ces cas d'études montrent que le prix de la PAC collective et des sondes est très fortement lié à la performance de l'enveloppe du bâtiment. Un bâti isolé limite le prix des PAC mais aussi des travaux induits (forage et raccordement électrique).

## Variante : PAC Eau/Eau Géothermique hybride gaz




Les bonnes performances énergétiques et carbone de la PAC Eau/Eau permettent à l'hybridation sur les 2 usages d'atteindre l'étiquette B en mobilisant un bouquet de travaux d'enveloppe raisonnable (ITE façade, plancher haut et ventilation hygro B).

À la différence de la solution PAC Eau/Eau sans appoint gaz, l'application de la PAC Eau/Eau hybride chauffage et ECS sur un bâtiment peu isolé affiche des coûts d'investissement plus accessibles et une implantation dont la faisabilité est plus récurrente. En effet, la présence de l'appoint gaz limite la puissance PAC à installer ainsi que ses travaux induits. Si le bâtiment est équipé de radiateurs hautes températures, la PAC peut limiter son intervention aux périodes où la loi d'eau demande une température < 70 °C et ainsi obtenir un taux de couverture PAC élevé. Elles présentent en contrepartie des émissions de $CO_2$ significativement plus élevées.

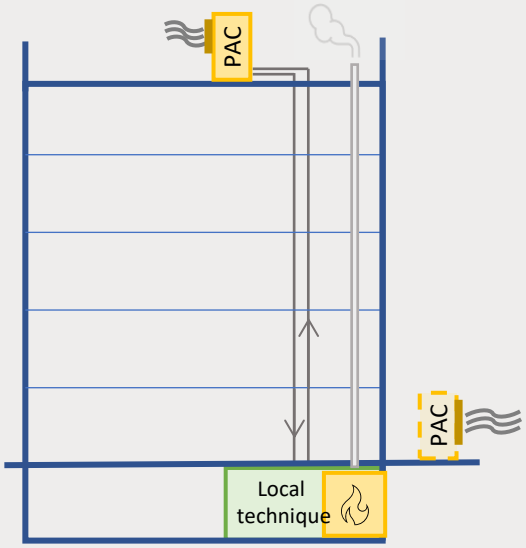
Le bâtiment à l'état initial étant classé G, le gain d'étiquette engendrera une plus-value de la valeur du bien immobilier de l'ordre de 20 % si l'étiquette C est atteinte et de 27 % si l'étiquette B est atteinte (source : www.notaires.fr).

# 17 PAC Air/Eau associée à une chaudière gaz (solution hybride)

# 17 PAC Air/Eau associée à une chaudière gaz (solution hybride)

## DESCRIPTIF GÉNÉRAL

Une solution hybride combine une pompe à chaleur, utilisée en priorité pour la production de chauffage et/ou d'eau chaude sanitaire, avec une chaudière gaz indépendante assurant l'appoint lors des périodes où la PAC ne suffit pas à couvrir l'ensemble des besoins du bâtiment. Le taux de couverture des besoins par la PAC dépend de sa puissance.
Une PAC Air/Eau prélève des calories sur l'air extérieur, elle peut être positionnée à l'extérieur ou à l'intérieur (si elle est connectée à l'extérieur par des gaines).
Un local technique est associé aux PAC. Il abrite notamment les ballons de stockage, la régulation et les chaudières gaz. La distribution de la chaleur vers les logements est réalisée par des réseaux d'eau, identique à ceux associés à une chaufferie gaz.




## DOMAINE D'APPLICATION

- Bâtiment équipé d'une chaudière gaz collective et dont la performance thermique de l'enveloppe n'est pas suffisante pour permettre l'intégration technique d'une solution PAC sans appoint gaz.
- Espace extérieur (ex : toiture terrasse, espace au sol) pour unité extérieure ou local technique disponible au rez-de-chaussée en contact avec la façade (PAC gainée ou prélevant l'air extérieur à travers une grille).

## POINTS FORTS

- Distribution de chaleur similaire au gaz collectif.
- Offre packagée disponible (PAC, chaudière, ballon, régulation, schéma hydraulique).
- Technologie disponible avec des fluides très peu émissifs.
- Intervention limitée des frigoristes si PAC monobloc (pas de liaison frigorifique).
- L'hybridation permet de diminuer la puissance PAC requise et donc les contraintes d'intégration acoustique et de raccordement électrique associées.

## POINTS D'ATTENTION

- Anticiper les incidences techniques et économiques des éventuels traitements acoustiques, renforcement du raccordement électrique du bâtiment.
- En cas de PAC dotée de fluide frigorigène hautement inflammable (R290), veiller à prévoir une implantation en accord avec la norme EN378.
- Vérifier la compatibilité avec le PLU.
- Le traitement de l'ECS en PAC implique des ballons dont l'encombrement peut être incompatible avec celui des chaudières gaz existantes.
- Les installations hybrides sont plus complexes en termes de régulation et de schéma hydraulique *(voir fiche « Comment assurer la performance et la pérennité d'une installation hybride : focus sur les enjeux majeurs »).*

## CAPACITÉS ET PERFORMANCES

Température maximale de production : 75 °C (à température extérieure = -15 °C)

Puissance nominale disponible selon modèles : de 14 à 150 kW avec possibilité de cascader plusieurs PAC

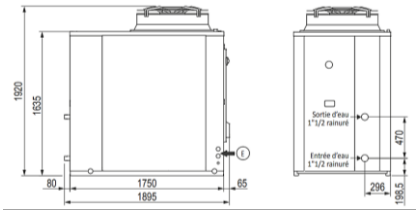
SCOP certifié (Norme EN14825) de 2,9 à 4,9 en fonction du climat et de la température de production.

Puissance acoustique de l'unité extérieure à pleine charge : ≃ 65-85 dB(A) en fonction de la puissance calorifique.

## IMPLANTATION DES ÉQUIPEMENTS

### Dimensions

*Illustration : Atlantic*




PAC monobloc 50 kW

### Intégration

- Ventilateur de la PAC à l'extérieur : C'est la situation la plus fréquente, privilégiée pour sa simplicité. Il faut prévoir un espace libre de 2 à 3 mètres devant le ventilateur, de 50 cm à l'arrière et sur les côtés et une surface totalement libre au-dessus. En cas d'environnement calme ou d'espace privatif à proximité, la pose de panneaux acoustiques est souvent nécessaire.
- Ventilateur de la PAC à l'intérieur : Si la PAC est disposée à l'intérieur, le ventilateur doit avoir la capacité de combattre les pertes de charges engendrées par la gaine et/ou par l'éventuel traitement acoustique. La distance entre la PAC et l'extérieur est souvent limitée de 1,5 à 2,0m maximum.
- Local technique : en cas de PAC monobloc extérieure (cas le plus récurent en collectif) la distance et la hauteur entre les PAC et le local technique ne sont pas limitées, cependant la PAC doit être positionnée au plus près du local pour limiter les pertes de chaleur. En cas de production ECS par les PAC, le local doit être en capacité d'accueillir des ballons de stockage.

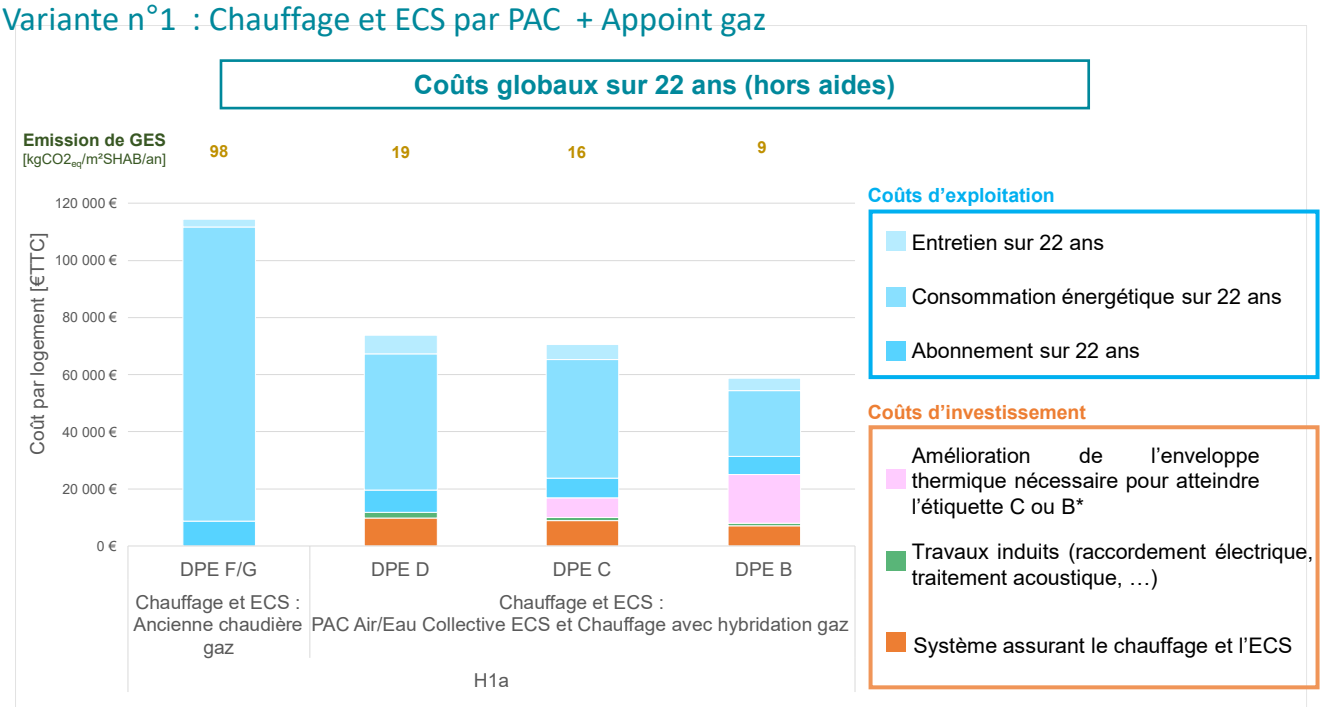
# 17 | PAC Air/Eau associée à une chaudière gaz (solution hybride)

## BONNES PRATIQUES

- Les PAC sont sensibles à la qualité des eaux : prévoir la fiabilisation du réseau hydraulique existant avec désembouage des radiateurs, traitement de l'eau, pot à boue, purgeur d'air. Optimiser la loi d'eau, en considérant les déperditions pièce par pièce et les dimensions des radiateurs existants.
- Considérer l'impact acoustique de l'unité extérieure (UE) : mobiliser un acousticien pour valider son positionnement, éviter la transmission des vibrations en positionnant l'UE sur des plots anti vibratiles et en la désolidarisant des canalisations. En hybride les PAC sont très souvent à pleine charge, il est d'autant plus important de considérer les puissances acoustiques maximales.
- Considérer les règles d'urbanisme locales. Une déclaration préalable est à réaliser, sauf dans le cas où l'installation est invisible depuis la rue ou depuis un bâtiment voisin. Soigner l'intégration architecturale (consulter le « Guide d'intégration architecturale des PAC collectives » édité par l'AFPAC).
- Contacter le gestionnaire du réseau électrique pour anticiper l'impact technico-économique et les délais du raccordement électrique. Consulter le « Guide raccordement électrique des PAC collectives » édité par l'AFPAC.
- L'UE ne doit pas être trop confinée afin de ne pas aspirer l'air qu'elle rejette (recyclage d'air), ce qui engendrerait une baisse de performance (respecter les règles d'implantation des fournisseurs). Attention, certains dispositifs de camouflage ne respectent pas le fonctionnement de la PAC.
- Prévoir des capteurs de mesure de manière à permettre d'évaluer la performance annuelle de la PAC (COP annuel) ainsi que le degré d'intervention de l'appoint. Réaliser un audit de l'installation les 2 à 3 premières années de fonctionnement par le fabricant des PAC ou un AMO, en présence du mainteneur, pour vérifier le bon fonctionnement et suivi de l'installation.
- En cas de besoin de rafraichissement, les PAC Air/Eau sont souvent capables d'assurer une fonction de rafraichissement mais cela implique des travaux supplémentaires conséquents non pris en compte dans la présente fiche comprenant notamment le changement d'émetteurs pour des ventilo-convecteurs ainsi que l'isolation des réseaux de distribution.
- Favoriser un fonctionnement bivalent simultané afin d'obtenir de bons taux de couverture de la PAC *(voir fiche « Comment assurer la performance et la pérennité d'une installation hybride : focus sur les enjeux majeurs »).*
- Dimensionner l'appoint gaz pour qu'il puisse assurer 100 % des besoins risque de mener à un manque de vigilance à l'égard de la PAC impliquant une baisse de performance, des pannes voire l'abandon de la PAC (voir fiche « Hybridation »).
- Privilégier les schémas hydrauliques faisant intervenir la chaudière en aval de la bouteille de découplage de la PAC (et non pas dans la bouteille de la PAC) afin d'éviter des difficultés de réglages ou une baisse des taux de couverture PAC.
- Se renseigner sur les dispositifs d'aide au financement.

## COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION

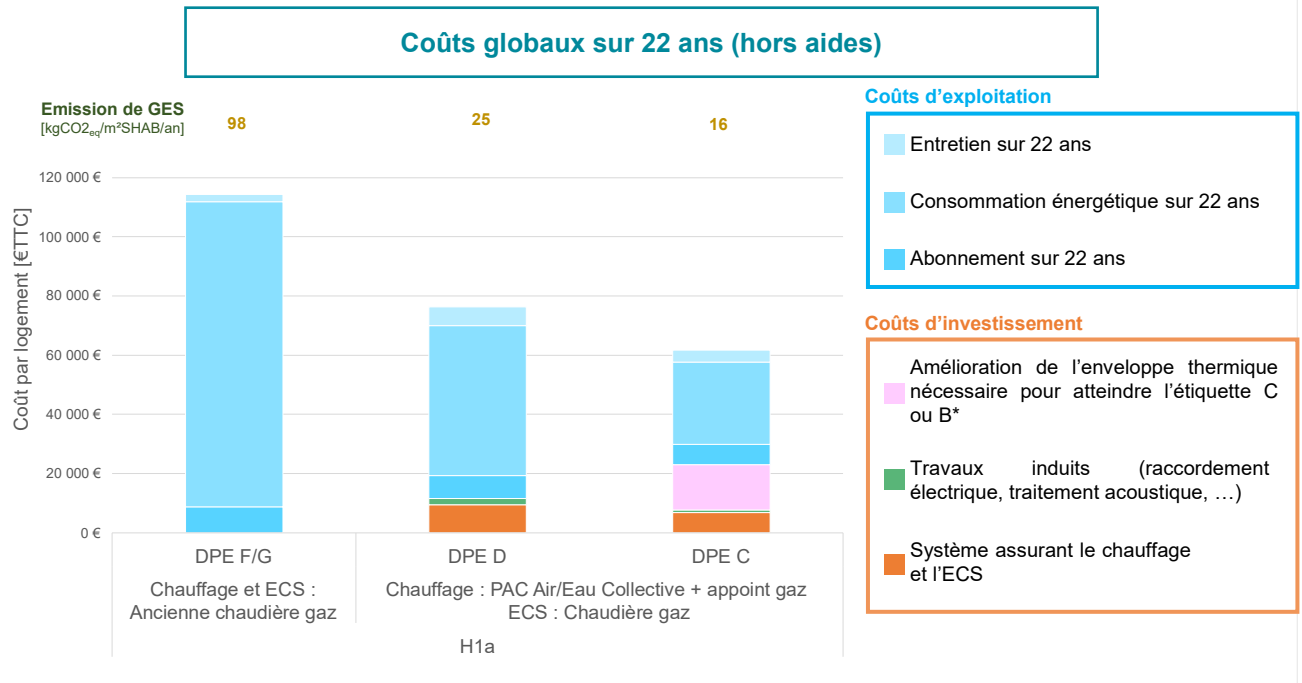
### Variante n°1 : Chauffage et ECS par PAC + Appoint gaz




Les bonnes performances énergétiques et carbone de la PAC Air/Eau permettent à l'hybridation sur les 2 usages d'atteindre l'étiquette B en mobilisant un bouquet de travaux d'enveloppe raisonnable (ITE façade, plancher haut et ventilation hygro B). À la différence de la solution PAC Air/Eau sans appoint gaz, l'application de la PAC hybride chauffage et ECS sur un bâtiment peu isolé affiche des coûts d'investissement raisonnables et une faisabilité technique souvent bonne. En effet, la présence de l'appoint gaz limite la puissance PAC à installer ainsi que ses travaux induits. Si le bâtiment est équipé de radiateurs hautes températures, il est possible d'obtenir un taux de couverture PAC élevé tout en limitant l'intervention de la PAC aux périodes où la loi d'eau demande une température < 70 °C.

# 17 | PAC air/eau associée à une chaudière gaz (solution hybride)

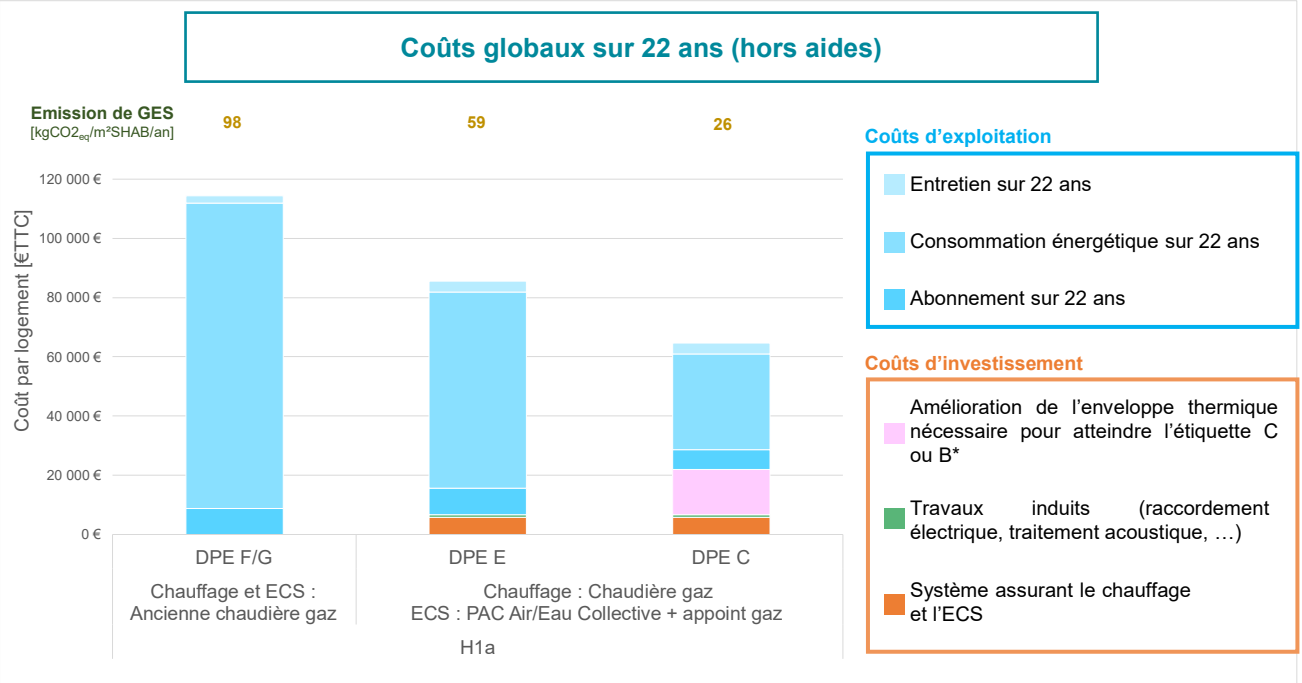
## Variante n°2 : Chauffage PAC + appoint gaz ; ECS Chaudière gaz




À la différence de la variante n°1, ici la PAC n'intervient que sur le chauffage. Ceci implique des besoins d'isolation plus importants pour atteindre l'étiquette C et une impossibilité d'atteindre l'étiquette B en zone H1a*.

**Ce constat est valable pour le bâtiment objet de la présente étude mais d'autres bâtiments, plus compacts ou avec des typologies de logement différentes pourraient atteindre l'étiquette B.*

## Variante n°3 : Chauffage chaudière gaz ; ECS PAC + appoint gaz




Ici la PAC n'intervient que sur l'ECS. Les besoins ECS étant minoritaires par rapport aux besoins de chauffage (a fortiori dans l'état d'enveloppe non rénovée), les besoins du bâtiment sont encore largement assurés par le gaz. Ceci explique l'étiquette E atteinte sans amélioration de l'enveloppe thermique (alors que pour les deux autres variantes où la PAC intervient sur le chauffage ou le chauffage et l'ECS, l'étiquette D est atteinte dans l'état d'enveloppe non rénovée).

Les installations hybrides où la PAC n'intervient que sur l'ECS sont les moins onéreuses à l'investissement et les plus simples à intégrer. En effet, du fait de la présence de ballon (dont il faut valider l'intégration dans le local), les PAC intervenant sur l'ECS uniquement affichent des puissances, des coûts et un encombrement moins élevé. Cette alternative doit cependant être considérée en dernier recours et après avoir convenablement étudié les solutions plus vertueuses car, en ne décarbonant que l'ECS, elle implique des émissions de $CO_2$ significativement plus élevées incompatibles avec les objectifs de décarbonation nationaux. Le bâtiment à l'état initial étant classé G, le gain d'étiquette engendrera une plus-value de la valeur du bien immobilier de l'ordre de 20 % si l'étiquette C est atteinte et de 27 % si l'étiquette B est atteinte (source : www.notaires.fr).

# 18 PAC Aérosolaire (ECS) et chauffage gaz

# 18 PAC Aérosolaire (ECS) et chauffage gaz

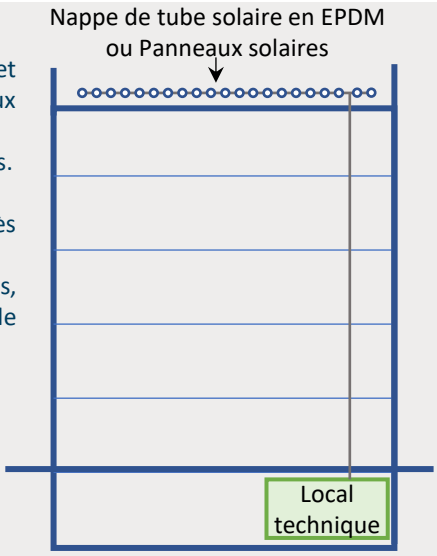
## DESCRIPTIF GÉNÉRAL

Les PAC aérosolaires sont des PAC Eau/Eau qui captent la chaleur provenant de l'air ambiant et provenant du soleil grâce à des capteurs solaires en toiture dans lesquels circulent de l'eau. Deux solutions sont possibles :

- L'eau circule dans des nappes de tubes en Éthylène-Propylène-Diène Monomère (EPDM) noirs.
- L'eau circule en face arrière de panneaux solaires photovoltaïques.

À la différence des panneaux solaires thermiques classiques, ceux associés à la PAC sont très robustes du fait qu'ils montent beaucoup moins hauts en température.

Ce type de solution a la capacité de couvrir l'ensemble des besoins ECS d'un bâtiment. Néanmoins, l'intervention d'un appoint extérieur d'énergie est nécessaire pour combattre les pertes de bouclage (appoint électrique, PAC Air/Eau, chaudière gaz ou réseau de chaleur).




## DOMAINE D'APPLICATION

- Toiture terrasse technique collective de grande surface pour nappe de capteurs solaires.
- Local technique disponible pour le module PAC et les ballons de stockage.
- Maître d'ouvrage ou contexte sensible aux enjeux d'intégration acoustique (système silencieux).

## POINTS FORTS

- Le module PAC est à l'intérieur des locaux techniques. Il n'y a donc pas d'impact acoustique et visuel.
- Offre packagée disponible (PAC, nappes de tubes solaires, ballon, régulation, schéma hydraulique).
- Les PAC ECS étant de faible puissance, l'impact sur la surpuissance de raccordement électrique sera faible.
- Intervention limitée des frigoristes (PAC Eau/Eau monobloc donc sans liaison frigorifique).
- Offre de télé-suivi de performance disponible.

## POINTS D'ATTENTION

- Ne permet de produire que de l'ECS.
- Anticiper les incidences techniques et économiques de l'éventuel renforcement du raccordement électrique du bâtiment.
- Vérifier la compatibilité avec le PLU.
- Local technique plus encombrant que pour une PAC Air/Eau car les volumes de stockage ECS sont généralement plus importants et il faut également intégrer les modules des PAC.
- Fonctionnement jusqu'à -7 °C uniquement. En dessous de cette température, l'appoint doit être en capacité de produire la totalité des besoins ECS.

## CAPACITÉS ET PERFORMANCES

Température maximale de production : 65 °C (pour une température d'eau froide de 10 °C). Fonctionnement jusqu'à -7 °C.

Puissance nominale disponible selon modèles : de 10 à 15 kW avec possibilité de cascader plusieurs PAC.

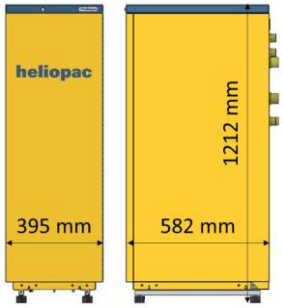
COP certifié (Norme EN14511) de 2,6 à 4 en fonction de la température de la source (eau glycolée) et de la température de production.

## IMPLANTATION DES ÉQUIPEMENTS

### Intégration

- Le module PAC étant dans les locaux techniques, la distance et la hauteur entre les nappes de tubes solaires et le local technique ne sont pas limitées, cependant le module PAC doit être positionné au plus près de la nappe de tubes pour limiter les pertes de chaleur. Le local doit être en capacité d'accueillir des ballons de stockage en plus des modules PAC.
- Si besoin, plusieurs nappes de tubes solaires peuvent être disposées les unes au dessus des autres (voir photo ci-dessous).
- Il existe également des panneaux solaires hybrides photovoltaïques et thermiques (PV/T) avec sur leur face avant, des cellules photovoltaïques produisant de l'électricité et, sur leur face arrière, un échangeur thermique à eau permettant de récupérer la chaleur à l'instar des nappes de tubes solaires.

### Dimensions




Dimensions d'un module intérieur de PAC aérosolaire

*Illustrations : HélioPac*

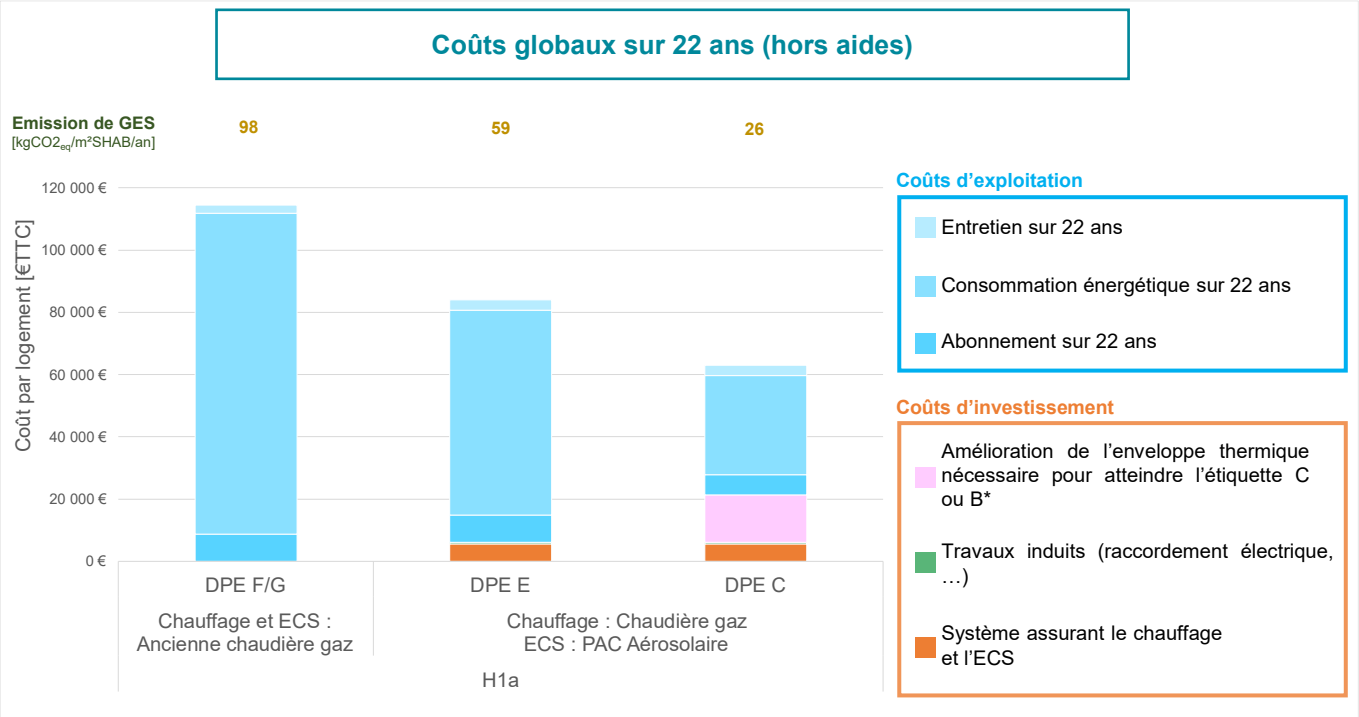
Nappe de tubes solaires en EPDM

# 18 | PAC Aérosolaire (ECS) et chauffage gaz

## BONNES PRATIQUES

- Les PAC sont sensibles à la qualité des eaux : le niveau d'embouage de la boucle entre les panneaux en toiture et le local technique devra être correctement suivi afin d'éviter tout dysfonctionnement.
- En cas d'installation sans appoint, veiller à valider la capacité du système à produire l'ensemble des besoins ECS et les pertes de chaleur du bouclage ECS.
- Contacter le gestionnaire du réseau électrique pour anticiper l'impact technico-économique et les délais du raccordement électrique. Consulter le « Guide raccordement électrique des PAC collectives » édité par l'AFPAC.
- Prévoir des capteurs de mesure de manière à permettre d'évaluer la performance annuelle de la PAC (COP annuel) ainsi que le degré d'intervention d'un éventuel appoint. Réaliser un audit de l'installation les 2 à 3 premières années de fonctionnement par le fabricant des PAC ou un AMO, en présence du mainteneur pour vérifier le bon fonctionnement et suivi de l'installation. Certains industriels expérimentés intègrent automatiquement ces solutions de suivi dans leur système.
- La mauvaise qualité des réseaux de distribution d'ECS dégrade fortement les performances réelles des PAC : un mauvais équilibrage et une isolation insuffisante entraînent une augmentation des températures de production, ce qui réduit les COP, provoque des dysfonctionnements ou nécessite un recours important aux appoints.
- Les capteurs devront être entretenus 2 fois par an comprenant un contrôle visuel ainsi qu'un nettoyage abondant du capteur.
- Suivant son dimensionnement, l'appoint servant au bouclage peut être utilisé en cas de panne d'une PAC. Néanmoins, il faut veiller à ne pas surdimensionner l'appoint, ce qui peut amener dans certains cas à négliger la partie PAC.
- Considérer les règles d'urbanisme locales. Une déclaration préalable est à réaliser, sauf dans le cas où l'installation est invisible depuis la rue ou depuis un bâtiment voisin. Soigner l'intégration architecturale (consulter le « Guide d'intégration architecturale des PAC collectives » édité par l'AFPAC).
- Se renseigner sur les dispositifs d'aide au financement.

## COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION




Les besoins ECS étant minoritaires par rapports aux besoins de chauffage (a fortiori dans le cas d'enveloppe non rénovée), les besoins du bâtiment sont encore largement assurés par le gaz. Ceci explique l'étiquette E à l'état non rénové et l'impossibilité d'atteindre l'étiquette B même en considérant une rénovation globale de l'enveloppe thermique.

Le bâtiment à l'état initial étant classé G, le gain d'étiquette engendrera une plus-value de la valeur du bien immobilier de l'ordre de 20 % si l'étiquette C est atteinte et de 27 % si l'étiquette B est atteinte (source : www.notaires.fr).

# 19 Réseau de Chaleur Urbain (RCU)

Pages 74 à 75

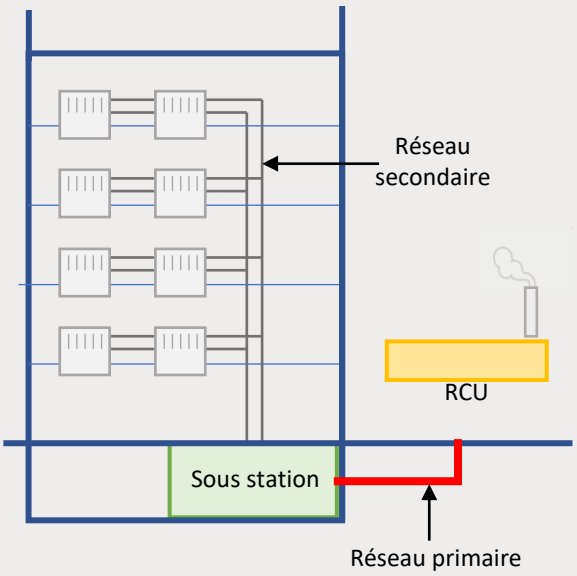
# 19 Réseau de Chaleur Urbain (RCU)

## DESCRIPTIF GÉNÉRAL

Un réseau de chaleur urbain (dit RCU) est un système centralisé de production et de distribution de chaleur. Le mix énergétique utilisé pour l'alimenter influence directement les émissions de gaz à effet de serre associées au chauffage et à la production d'ECS, et donc, in fine, l'étiquette DPE des bâtiments qui y sont raccordés.

Au niveau du bâtiment, le réseau alimente une sous-station d'échange thermique. Celle-ci constitue l'interface entre le réseau primaire (urbain) et les réseaux secondaires du bâtiment. Elle permet de transférer la chaleur, via des échangeurs, vers :

- le circuit de chauffage (radiateurs, planchers chauffants, etc.) ;
- le système de production d'ECS (ballons de stockage ou préparateurs instantanés).




## DOMAINE D'APPLICATION

- RCU passant à moins de 100 m du bâtiment.
- Raccordement pour minimum 100 kW de puissance soit de l'ordre de 30 logements rénovés BBC ou 15 logements non isolés.
- Local chaufferie en sous-sol ou au RDC pour accueillir la sous station (peu adapté aux locaux techniques en toiture).

## POINTS FORTS

- Distribution de chaleur similaire au gaz collectif.
- Une sous-station peut alimenter plusieurs bâtiments.
- La maintenance est moins lourde pour une sous station que pour un générateur de type PAC ou chaudière gaz…

## POINTS D'ATTENTION

- Les émissions de GES associées aux RCU varient fortement selon leur mix énergétique, avec un impact direct sur la DPE des bâtiments raccordés.
- Les démarches de raccordement peuvent être complexes et engendrer des délais importants.
- La température de production de certains RCU (ex : 100 % géothermique) peut être trop faible (50-55 °C) pour les régimes de fonctionnement des réseaux de chauffage du bâtiment.

## CAPACITÉS ET PERFORMANCES

Puissance variable selon type de raccordement mais bien souvent les gestionnaires de RCU ne souhaitent pas se raccorder si la puissance demandée est inférieure à 100 kW.

## IMPLANTATION DES ÉQUIPEMENTS

### Dimensions

*Illustrations : Pouget Consultants*

Sous-station d'un RCU de 117 logements

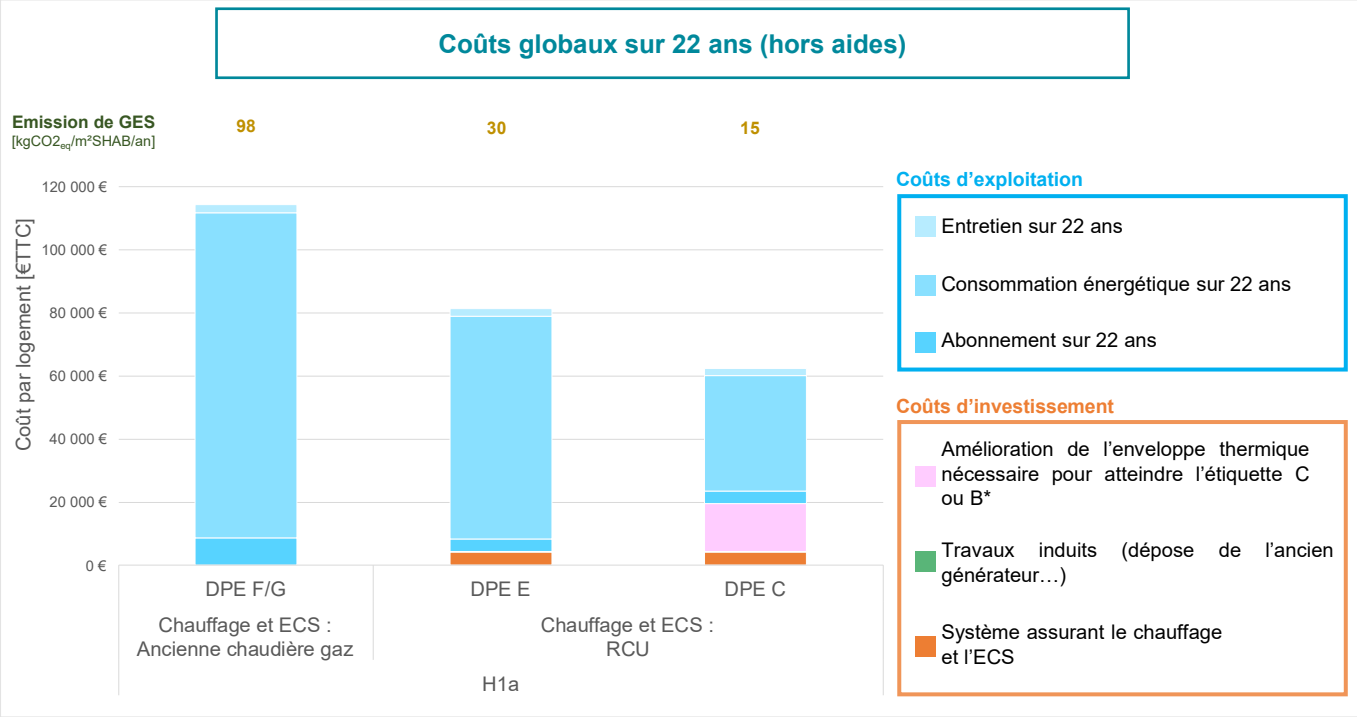
### Intégration

- Local technique : L'encombrement d'une sous-station est globalement comparable à celui d'une chaufferie gaz. Il convient toutefois de prévoir une cohabitation temporaire des équipements, nécessaire pour assurer la continuité de service pendant la phase de travaux et jusqu'à la mise en service complète de la sous-station. Concrètement, les chaudières gaz existantes et la sous-station du RCU devront fonctionner en parallèle durant cette période transitoire. Cette configuration peut, dans certains cas, nécessiter une extension des locaux techniques, pouvant aller jusqu'à +25 % de la surface initiale.

## BONNES PRATIQUES

- Les réseaux de chaleur affichant une part EnR > 50 % sont dit « classés ». Ceci implique une obligation de raccordement en cas de travaux de rénovation si le bâtiment se situe dans la zone de développement prioritaire et s'il respecte les critères de puissance minimale définis localement.
- Vérifier la compatibilité du bâtiment et des locaux techniques avec les exigences d'intégration technique des sous-stations spécifiques à chaque gestionnaire de RCU.
- Réaliser un bilan thermique précis pour optimiser le dimensionnement de la sous-station et notamment des ballons de stockage ainsi que pour adapter les températures de production nécessaires (optimisation de la loi d'eau).
- Limiter les déperditions par un calorifugeage performant de tous les réseaux modifiés ou créés.
- Tester et équilibrer les installations avant mise en service (réseau secondaire, ECS).
- Prévoir des capteurs de mesure de manière à identifier d'éventuelles dérives de consommations et optimiser les réglages le cas échéant.
- *Mettre en place un contrat d'exploitation adapté : avec objectifs de performance (P1/P2/P3 ou équivalent).*
- Les coûts de raccordement, d'abonnement et de fournitures de chaleur sont très variables et parfois importants, il est primordial de réaliser en amont une évaluation économique (coûts d'investissement et d'exploitation) dédiée au réseau de chaleur étudié.
- Se renseigner sur les dispositifs d'aide au financement.

## COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION




Dans cette étude, les performances du réseau de chaleur urbain (RCU), en termes de consommation d'énergie primaire et d'émissions de gaz à effet de serre, ont été supposées égales à la moyenne nationale. En considérant cette hypothèse, l'étiquette B ne peut pas être atteinte, même en réalisant une rénovation complète de l'enveloppe du bâtiment. Cependant, les RCU sont caractérisés par une grande diversité et une grande variabilité tant en termes de rendement que de mobilisation d'énergies décarbonées. Ainsi, certains RCU plus performants et plus vertueux pourraient permettre l'atteinte de l'étiquette B.

Le bâtiment à l'état initial étant classé G, le gain d'étiquette engendrera une plus-value de la valeur du bien immobilier de l'ordre de 20 % si l'étiquette C est atteinte et de 27 % si l'étiquette B est atteinte (source : www.notaires.fr).

# Fiches support

Pages 77 à 89

# Les leviers complémentaires à la décarbonation des systèmes de chauffage et d'ECS

# Les leviers complémentaires à la décarbonation des systèmes de chauffage et d'ECS

## MESSAGES CLÉS

Les systèmes de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire (ECS) bas carbone constituent le levier principal pour sortir des énergies fossiles. Ils sont au cœur du présent guide. Leur déploiement peut être renforcé par plusieurs leviers complémentaires : l'amélioration de la performance du bâti, qui réduit les besoins énergétiques, et le pilotage des usages, qui optimise les consommations. Enfin, la labellisation des opérations de rénovation contribue à sécuriser la qualité des travaux réalisés et à valoriser leur performance.

## AMÉLIORER LA PERFORMANCE DU BÂTI

- **Améliorer la performance du bâti permet de réduire les pertes de chaleur et d'améliorer le confort.** Cela passe par une meilleure isolation (toiture, murs, planchers) mais aussi une meilleure qualité des ouvertures, une réduction des infiltrations d'air et une ventilation adéquate.

- **Dans le cadre de ce guide, différents niveaux de performance de bâti ont été simulés et évalués en termes d'impacts énergétique et économique.** L'amélioration du bâti constitue un levier central, dont l'ampleur peut être adaptée en fonction du niveau de performance global visé.

## METTRE EN PLACE DES SYSTÈMES DE PILOTAGE

- **Les solutions de pilotage permettent de limiter et d'optimiser les consommations d'énergie du logement** et ainsi de réduire l'empreinte carbone tout en garantissant le bien-être et le confort des usagers.

- Le pilotage est un ensemble de dispositifs de mesure, de régulation et de contrôle (produits, logiciels, services) de plus en plus connectés, pilotant de manière automatisée les équipements du bâtiment

  - **La régulation locale** (sonde de température, thermostat d'ambiance, robinet thermostatique sur radiateur) ;
  - **La programmation** (programmateur, thermostat programmable, robinet thermostatique programmable …) ;
  - **Les systèmes de pilotage connecté** (thermostats, capteurs, robinets thermostatiques connectées) associés à des applications mobiles de suivi énergétique de pilotage et programmation à distance;
  - **La gestion globale du logement :** un gestionnaire d'énergie coordonne plusieurs équipements du logement ;
  - **Le pilotage énergétique avancé grâce à un gestionnaire d'énergie** (pilotage en fonction du prix de l'électricité, effacement ou délestage, autoconsommation optimisée).

## FAIRE CERTIFIER SA RÉNOVATION

- **La certification d'une rénovation permet d'en sécuriser et d'en valoriser la qualité**. Des labels tels que le Label Rénovation Responsable de Promotelec, le label BBC Rénovation d'Effinergie ou le label BBCA attestent d'un niveau de performance reconnu, basé sur des exigences précises et vérifiées. Ils offrent un cadre structurant pour concevoir une rénovation cohérente, facilitent la mobilisation des aides et renforcent la confiance des acquéreurs ou locataires.

- **De nombreux labels valorisent une approche globale, intégrant au-delà des performances énergétiques et carbone** d'autres dimensions telles que les impacts environnementaux, le confort, la sécurité électrique ou encore la qualité des équipements et des matériaux.

# Transformer un bâtiment équipé de chaudières gaz individuelles vers un système de chauffage collectif

# Transformer un bâtiment équipé de chaudières gaz individuelles vers un système de chauffage collectif

## Description et raison d'être de cette fiche

La « collectivisation » ou « création d'une boucle d'eau dans un bâtiment existant » consiste à rendre collectif un système de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire ou des deux usages dans un bâtiment dont les systèmes sont initialement individuels. Cela implique notamment la création d'au moins un réseau hydraulique collectif.
Une partie du parc existant dont les besoins en chauffage et en ECS sont actuellement assurés par le gaz individuel rencontre des difficultés, malgré la diversité des solutions actuelles, à substituer ces chaudières gaz par des systèmes individuels décarbonés (contraintes d'intégration incompatibles avec l'existant, accès à la source froide plus compliqué…). Pour ces cas, il est pertinent d'étudier la possibilité de collectiviser la production de chauffage et/ou d'ECS afin d'envisager l'intégration de solutions décarbonées collectives. Cependant, la collectivisation des systèmes est un acte complexe qui doit répondre à de nombreuses contraintes. C'est dans cette optique que la présente fiche est proposée afin de comprendre les enjeux principaux de la création d'un réseau collectif dans un bâtiment existant.

## Implantation du réseau hydraulique collectif

Les possibilités d'implantation du réseau collectif sont très variées à l'image des configurations possibles de l'existant. Les principales implantations possibles sont les suivantes :

- **En lieu et place des colonnes gaz sur le palier**. Deux enjeux sont cependant à noter dans ce cas :
  - la place dédiée à ces colonnes gaz est parfois assez limitée et peut contraindre la performance de l'isolation associée au réseau. Des tubes pré-isolés avec des matériaux très performants permettent de répondre à cette contrainte,
  - les colonnes gaz peuvent dans certains cas être la propriété de GRDF.
- **Création de gaine technique logement** : dans le cadre de réhabilitation lourde ou s'il y a un espace disponible (WC, celliers, cuisine, buanderie…)
- **Création de gaine technique logement à l'extérieur en façade**. Certaines configurations peuvent se prêter à cette implantation du réseau hydraulique collectif. Dans ce cas, il est encore plus important d'assurer une isolation performante et pérenne (protection des réseaux aux nuisibles) des réseaux.

En tout état de cause, la robinetterie du réseau (vannes, vannes d'équilibrage, compteurs de répartition) doit rester accessible à l'exploitation sans l'être du public.

## Création de locaux techniques

La « collectivisation » de la production de chauffage, d'ECS ou des deux demande un espace dédié pour les générateurs, les ballons de stockage (tampons, ECS…) et l'hydraulique (départ des circuits, pilotes, filtres, régulation…). Cet espace pourra être pris sur des locaux déjà existants. Les locaux les plus souvent réutilisés en tant que locaux techniques sont :

- Les locaux à ordures ménagères. Ils sont alors déplacés à l'extérieur du bâtiment ;
- Les locaux vélo ;
- Les places de parking ;
- Les caves.

## Facteurs de réussite d'un projet de collectivisation

La « collectivisation » n'est pas un acte anodin. Elle a plus de chance d'être mise en œuvre dans les cas suivants :

- La collectivisation des systèmes est embarquée dans un projet de rénovation globale ;
- La collectivisation permet l'individualisation des charges (en pratique c'est même obligatoire) ;
- Le bâtiment peut se raccorder à un RCU qui passe à proximité ;
- Le bâtiment est actuellement équipé d'un mix de systèmes individuels et collectifs (ex : chauffage gaz collectif + chauffe-bain gaz individuel).

## Points d'attention et enjeux

La création d'un réseau hydraulique collectif dans un bâtiment existant pose plusieurs enjeux, en plus des contraintes d'intégration des réseaux et des locaux techniques, dont la liste non exhaustive est la suivante :

- Assurer une bonne isolation du réseau ;
- S'assurer que la distance entre la gaine et le point de puisage ECS le plus éloigné est systématiquement inférieure à 8 m pour répondre aux précautions règlementaires sur le développement de la légionnelle ;
- Gérer la transition gaz vers la nouvelle solution par des générateurs provisoires (ex : pose de ballons ECS électriques provisoires en phase travaux).

## Enjeux spécifiques à la copropriété

D'autres enjeux, notamment juridiques, sont propres au fonctionnement des copropriétés :

- Le passage d'un système individuel vers un système collectif nécessite de nouvelles clés de répartition pour les charges. Ceci implique de modifier le règlement de copropriété qui nécessite donc un vote à l'unanimité. Dans ce cadre, un important travail de concertation est à mener afin de convaincre les copropriétaires ;
- Si les locaux techniques sont envisagés en lieu et place de places de parking ou de caves existantes, celles-ci doivent d'abord être rachetées aux propriétaires.

# Transformer un bâtiment équipé de chaudières gaz individuelles vers un système de chauffage collectif

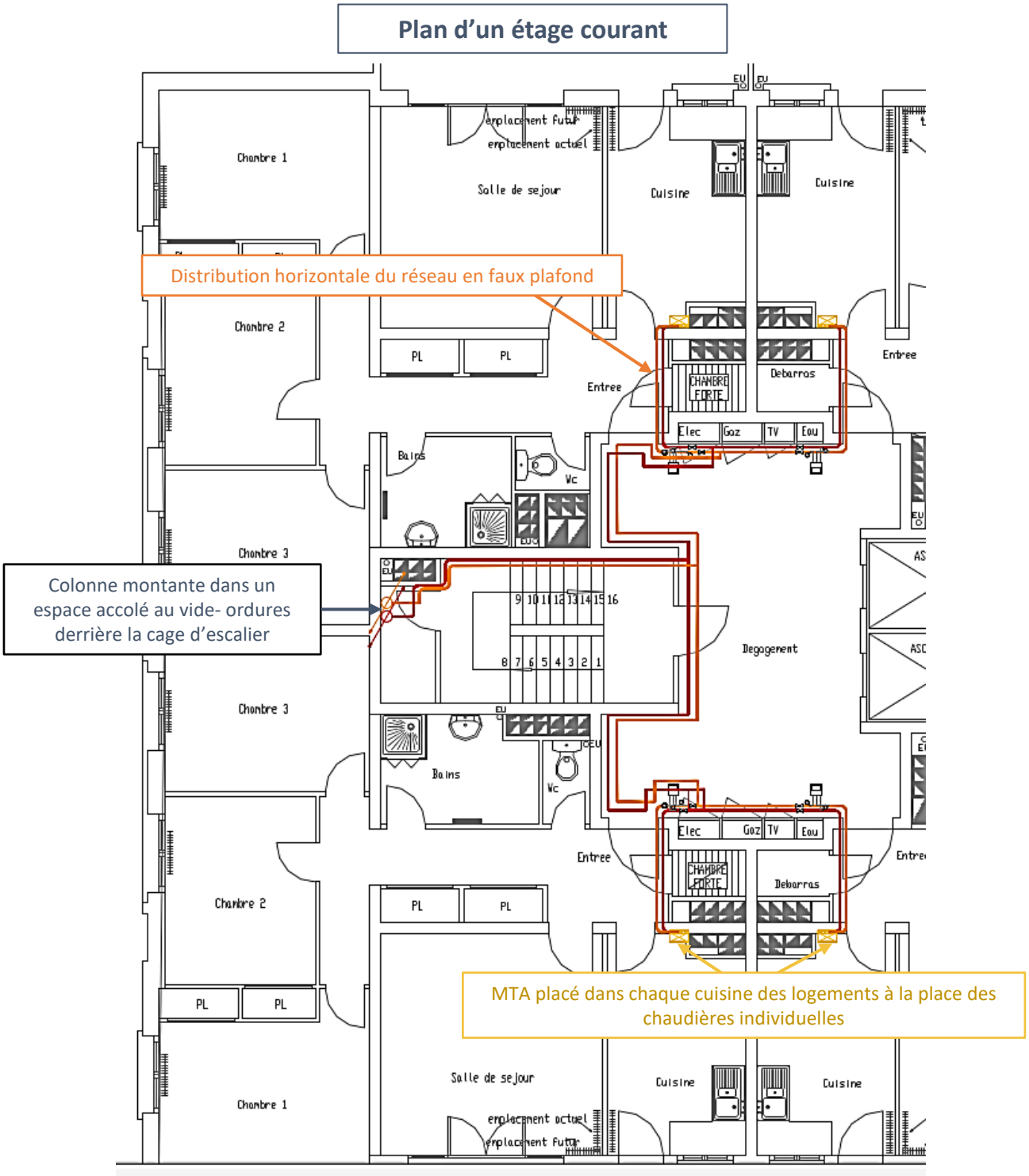
## Ordre de grandeur de coûts

Le coût de la collectivisation varie globalement de 1 000 à 5 000 €TTC/logement. Cette variabilité s'explique entre autres par :

- Le nombre d'usages collectivisés. Rendre collectif le chauffage et l'ECS demandera par exemple la création de 2 réseaux collectifs différents ou d'un seul réseau mais associé à des Modules Thermiques d'Alimentation (ou d'Appartement).
- La configuration de l'existant et les longueurs de réseaux à créer.

Ce coût prend en compte l'ensemble des travaux induits et notamment :

- La dépose des générateurs existants ;
- Les carottages et percements pour la création de colonnes ;
- Les reprises de soffites et création de gaines techniques ;
- Les travaux nécessaires à la création de nouveaux locaux techniques hors hydraulique propre au local chaufferie (éclairage…).




Plan des réseaux collectifs à créer dans le cadre d'un raccordement à un RCU

# Assurer la performance et la pérennité d'une installation hybride : focus sur les enjeux majeurs

# Assurer la performance et la pérennité d'une installation hybride : focus sur les enjeux majeurs

## L'hybridation, une opportunité de décarbonation dans des contextes très contraints et sous réserve de respecter certaines bonnes pratiques

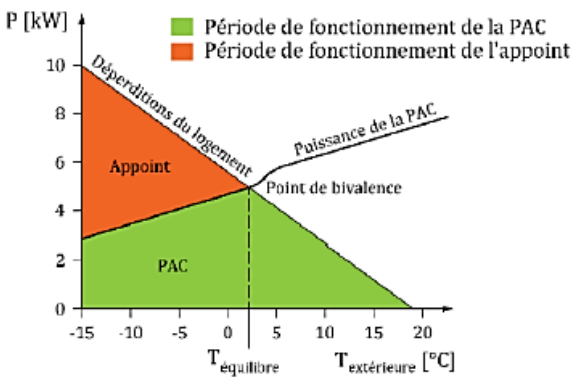
Pour les bâtiments équipés d'une chaudière gaz collective, l'objectif prioritaire est l'intégration d'une solution PAC ou RCU. Toutefois, certains bâtiments conservent des puissances de chauffage trop élevées au regard des contraintes d'intégration d'une PAC (puissance électrique disponible, emprise technique, acoustique, adaptation des émetteurs, etc.) même après rénovation du bâti. Dans ce cas, le recours à une solution hybride associant PAC et appoint gaz peut constituer une alternative transitoire pertinente car elle permet notamment de limiter la puissance de la PAC ainsi que les travaux induits associés.

Les déperditions d'un bâtiment, et donc la puissance de chauffage nécessaire, augmentent à mesure que la température extérieure diminue, tandis que la puissance disponible d'une PAC diminue généralement avec la baisse de la température extérieure. Les températures les plus froides n'étant observées que pendant un nombre limité d'heures au cours de la saison de chauffe, les besoins de puissance les plus élevés restent peu fréquents et peuvent donc être assurés par un appoint, sans remettre en cause une forte couverture des besoins annuels par la PAC. Pour atteindre cet objectif, il est toutefois indispensable de respecter certaines bonnes pratiques en matière de dimensionnement, de conception et d'exploitation de l'installation.

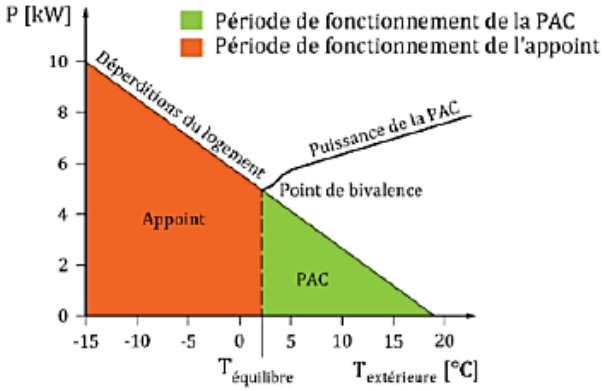
## Privilégier un mode de fonctionnement simultané des systèmes hybrides pour atteindre de bons taux de couverture du système décarboné

Dans une installation hybride, deux stratégies de fonctionnement sont possibles :

- En fonctionnement **simultané,** la PAC est toujours prioritaire et continue de fonctionner même lorsqu'elle n'est plus en capacité de produire seule les besoins de chaleur, la chaudière intervient alors uniquement en complément (figure de gauche ci-dessous) ;
- En fonctionnement **alterné,** la PAC et la chaudière gaz ne fonctionnent jamais simultanément. La PAC assure seule le besoin de chaleur jusqu'à une température extérieure donnée (température de bivalence), puis la chaudière prend intégralement le relais (figure de droite ci-dessous).




**Fonctionnement simultané**




**Fonctionnement alterné**

Le fonctionnement simultané est à privilégier car il permet d'obtenir des taux de couverture de la PAC nettement supérieurs à ceux du fonctionnement alterné, comme l'illustrent les résultats de simulation sur des bâtiments types présentés dans le tableau ci-dessous. Ces valeurs correspondent à des taux de couverture théoriques maximaux. En pratique, ils peuvent être significativement plus faibles selon les choix de dimensionnement et d'exploitation (notamment la valeur réelle de la température de bivalence) et selon les performances effectives des équipements. Le tableau  montre également que l'augmentation de la puissance installée de la PAC accroît son taux de couverture.

| Puissance PAC à T°base = -7 °C /Déperdition totale du bâtiment | Taux de couverture maximum en simultané | Taux de couverture maximum en alterné |
|---|---|---|
| 25 % | 60-70 % | 20-25 % |
| 40 % | 80-90 % | 40-50 % |
| 55 % | >95 % | 70-80 % |

## Être vigilant à la pérennité du mode de fonctionnement simultané

Si le fonctionnement simultané permet d'obtenir des taux de couverture de la PAC nettement plus élevés, il repose également sur des schémas hydrauliques et des stratégies de régulation plus complexes à concevoir, à mettre en service et à exploiter, en particulier lorsque les PAC assurent à la fois les besoins de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire. Il est donc essentiel de veiller au maintien de ce mode de fonctionnement tout au long de la vie de l'installation. À défaut, l'exploitant peut être tenté de basculer vers un fonctionnement alterné afin de simplifier l'exploitation ou de résoudre certaines difficultés de régulation, ce qui se traduit par une diminution significative de la contribution de la PAC et une augmentation de la consommation de gaz.

## Dimensionner la chaudière gaz en cohérence avec son rôle d'appoint pour limiter le risque d'abandon des PAC et faciliter leur couverture totale des besoins lors d'une rénovation future.

Malgré la présence d'une PAC, il est très courant de rencontrer des installations hybrides dotées d'une puissance gaz capable de subvenir, à elle seule, à l'ensemble des besoins du bâtiment, sans recours aux PAC. Si cette disposition peut paraître sécurisante au premier abord, elle peut néanmoins engendrer :

- un manque de vigilance des concepteurs, installateurs et mainteneurs à l'égard de la PAC impliquant des pannes et/ou des baisses de performances et in fine un désintérêt du maitre d'ouvrage pour la PAC ;
- un abandon de la PAC en cas de panne ;
- un passage en fonctionnement alterné afin de faciliter ou simplifier la régulation et l'exploitation de l'installation, ce qui engendrerait une baisse drastique des taux de couverture.

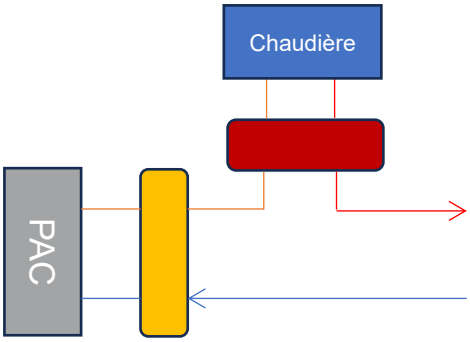
Par ailleurs, il est pertinent que les concepteurs intègrent, dès le dimensionnement initial d'une PAC hybride, l'hypothèse d'une amélioration future de l'enveloppe thermique du bâtiment. Anticiper cette évolution dès la conception permet de calibrer la PAC de manière à ce qu'elle puisse, après rénovation, couvrir à elle seule l'ensemble des besoins thermiques. La chaudière gaz, initialement conservée en appoint pour répondre aux contraintes de puissance ou d'intégration, devient alors superflue et peut être arrêtée, voire déposée, ouvrant la voie à une décarbonation complète du bâtiment dans des conditions techniques et économiques optimisée

## Schéma hydraulique des installations hybrides : privilégier une chaudière en aval des PAC

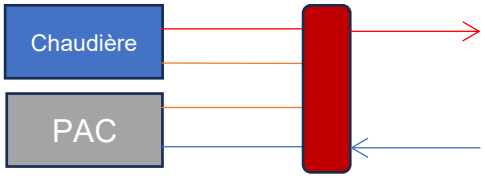
Pour garantir une bonne cohabitation entre la PAC et la chaudière en fonctionnement simultané, il est recommandé de raccorder la chaudière d'appoint en aval de la bouteille de découplage de la PAC (voir schéma de gauche ci-dessous). Cette configuration évite que la chaudière ne modifie directement les conditions de fonctionnement de la PAC.

À l'inverse, lorsque la PAC et la chaudière sont raccordées sur une même bouteille de découplage ou ballon d'énergie (voir schéma de droite ci-dessous), le démarrage de la chaudière peut réchauffer l'ensemble du volume d'eau. La PAC est alors susceptible de fonctionner à des températures de retour plus élevées, ce qui dégrade son rendement et peut, dans certains cas, conduire à son arrêt si les conditions de fonctionnement ne sont plus compatibles avec son domaine d'utilisation.

Ce schéma reste envisageable, mais il nécessite une conception hydraulique, une stratégie de régulation et un réglage particulièrement soignés afin de limiter les interactions entre les deux générateurs et de préserver la contribution de la PAC.
Enfin, l'autorisation de démarrage de la chaudière d'appoint doit être pilotée par la régulation de la PAC. La chaudière n'est ainsi sollicitée que lorsque la PAC ne peut plus couvrir seule les besoins de chauffage, ce qui garantit sa priorité de fonctionnement et maximise son taux de couverture.




Intervention de la chaudière en aval de la bouteille de découplage de la PAC




Intervention de la chaudière dans la même bouteille de découplage que la PAC

---

**Note 1** : Contrairement à une installation 100 % PAC, dont la puissance est dimensionnée pour couvrir les déperditions à la température de base (atteinte seulement quelques heures par an), une PAC intégrée à une installation hybride est volontairement sous-dimensionnée et fonctionne donc à pleine charge bien plus fréquemment. Cette spécificité doit être prise en compte dans les études acoustiques

**Note 2** : Lorsqu'une installation de PAC est hybridée, le DPE considère de manière forfaitaire que le taux de couverture de la PAC est de 80 %, quels que soient sa puissance et le mode de fonctionnement (alterné ou simultané) mobilisé, ce qui n'est pas toujours le cas en réalité en fonction du dimensionnement et du type de régulation (voir tableau ci-dessus).

# Enjeux techniques et économiques du raccordement et de fourniture électrique des PAC collectives

# Enjeux techniques et économiques du raccordement et de fourniture électrique des PAC collectives

## Anticipation des incidences techniques et économiques du raccordement électrique

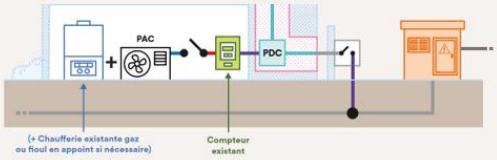
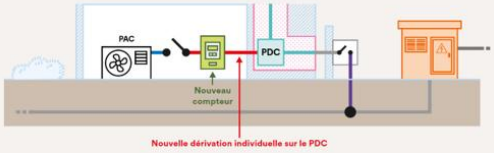
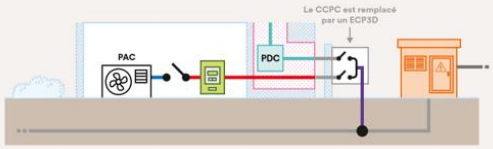
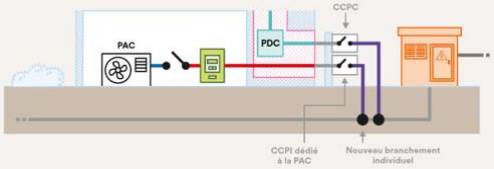
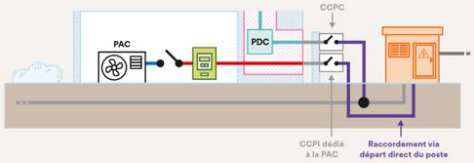
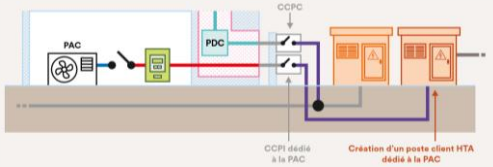
Lors de l'installation de PAC collectives, il est possible, dès la phase audit, de réaliser une évaluation grossière des enjeux techniques et économiques liés au raccordement électrique grâce au guide dédié rédigé par l'AFPAC et le Cepac, en partenariat avec Enedis (https://cepac.afpac.org/produit/guide-raccordement-memopac/).

En phase conception, il est indispensable de mobiliser Enedis ou un expert pour fiabiliser les incidences techniques et économiques du renforcement de la puissance.

## Les différentes typologies de raccordement possibles

Le guide CEPAC établit 6 modalités (nommées de raccordement plausible) en fonction de la puissance électrique des PAC ajoutée et la puissance électrique globale initiale du bâtiment. À chaque modalité de raccordement est associé un ordre de grandeur de coût lié au renforcement de puissance.

Les cas 1 à 5 impliquent des incidences techniques peu encombrantes et donc compatibles avec la majorité des bâtiments. Le cas n°6 implique la création d'un transformateur bien souvent sur le site même du bâtiment. Bien que le coût d'un transformateur rapporté au logement puisse être raisonnable, les conditions d'intégration ne sont pas compatibles avec tous les bâtiments. En cas d'infaisabilité d'intégration du transformateur, plusieurs solutions peuvent être mises en place pour limiter la puissance électrique du site telles que l'amélioration de l'enveloppe thermique du bâtiment ou l'hybridation gaz.

| | Schéma | Coût du périmètre Enedis (Devis Enedis*) |
|---|---|---|
| **Cas 1 : raccordement sur compteur existant de la chaufferie** |  | **0 € HT*** |
| **Cas 2 : raccordement en pied de colonne (PDC)** |  | **3 à 8 k€ HT*** |
| **Cas 3 : raccordement avec LR commune à l'immeuble** |  | **4 à 10 K€ HT*** |
| **Cas 4 : raccordement réseau avec CCPI dédié** |  | **10 à 15 k€ HT*** avec une LR de 40 m |
| **Cas 5 : raccordement sur poste HTA/BT** |  | **20 à 30 k€ HT*** avec une extension de réseau BT de 100 m |
| **Cas 6 : création d'un poste client HTA dédié au projet** |  | **50 à 120 k€ HT*** |

## Ordres de grandeur de l'impact économique du renforcement de raccordement électrique

Il est d'abord à noter que les coûts annoncés dans le devis d'Enedis sont soumis à un taux de réfaction correspondant à la part des coûts de raccordement couverte par le tarif d'utilisation du réseau public (TURPE). Pour un raccordement classique (PAC par exemple), le taux de réfaction peut être de 40 % (c'est-à-dire que le coût de raccordement, à la charge du maître d'ouvrage, est réduit de 40 %).

Le tableau ci-dessous expose des ordres de grandeur des coûts de renforcement de raccordement électrique engendrés par l'installation d'une solution PAC Air/Eau collective ECS et chauffage sur un bâtiment ayant subi une rénovation globale et performante (façade, plancher haut et bas, fenêtre et ventilation).

**Attention**, ces coûts ne sont que des ordres de grandeur plausibles. Chaque cas est spécifique et est susceptible d'engendrer des coûts et des incidences techniques largement inférieurs ou supérieurs.
Seul le gestionnaire du réseau est en capacité de définir précisément les incidences techniques et économiques de raccordement.
Il est également à noter que ces coûts n'intègrent pas les travaux induits hors du périmètre de ENEDIS tels que les tranchées ou percements à prévoir sur la parcelle bâtiment.

| Nombre de logements T3 BBC | Hypothèse de modalité de raccordement | Coût total en €/bâtiment | Coût en €/lgts non réfacté | Coût en €/lgts réfacté |
|---|---|---|---|---|
| 10 | Cas 1 | 0 € | 0 | 0 € |
| 20 | Cas 2 | 6 000 € | 300 € | 180 € |
| 60 | Cas 5 | 25 000 € | 417 € | 250 € |
| 100 | Cas 5 | 25 000 € | 250 € | 150 € |
| 140 | Cas 5 | 25 000 € | 179 € | 107 € |
| 180 | Cas 6 | 50 000 € | 278 € | 167 € |

# Garantir la sécurité électrique dans un contexte d’électrification des usages

# Garantir la sécurité électrique dans un contexte d'électrification des usages

## MESSAGES CLÉS

L'électrification des usages ne peut se faire sans garantir la sécurité électrique. L'intégration de nouveaux usages électriques dans une installation existante peut être l'occasion de réaliser un diagnostic électrique pour garantir la sécurité électrique.

Six points de sécurité fondamentaux à vérifier sur l'installation électrique peuvent donner une première indication de son état réel. Pour aller plus loin, la filière des experts de la sécurité électrique (CAPEB, COEDIS, CONSUEL, FFIE, IGNES et Association Promotelec) a publié un Livre Blanc contenant des préconisations pour garantir la sécurité dans un contexte d'électrification.

## INSTALLATION ÉLECTRIQUE : 6 POINTS À VÉRIFIER POUR UNE SÉCURITÉ MINIMALE

**1. Présence d'un appareil de coupure générale de l'installation électrique** (disjoncteur), facilement accessible à l'intérieur du logement. Le disjoncteur général d'abonné assure généralement cette fonction dans les logements.

**2. Présence, à l'origine de l'installation, d'au moins un dispositif différentiel de protection adapté à la prise de terre**, pour détecter les fuites de courant. Il protège l'ensemble de l'installation électrique.

**3. Présence, à l'origine de chaque circuit, d'un disjoncteur de protection contre les surintensités,** adapté à la section des conducteurs.

**4. Présence, dans chaque local contenant une baignoire ou une douche, d'une liaison équipotentielle et respect des règles d'installation des matériels électriques autour de la baignoire ou de la douche**.

**5. Absence de matériels électriques vétustes, inadaptés à l'usage ou présentant des risques de contact direct avec des éléments sous tension** (fils dénudés, prises cassées, etc.).

**6. Protection mécanique des fils électriques** par des conduits, des moulures ou des plinthes en matière isolante.

Pour plus d'informations :
https://www.promotelec.com/particuliers/fiche/6-points-a-verifier-pour-savoir-si-votre-installation-electrique-est-en-securite/

***NB :*** *La **mise en sécurité** consiste à respecter ces six exigences techniques minimales. **La mise en conformité** a pour but de rendre une installation conforme à la norme NF C 15-100 en vigueur.*

## UN GUIDE POUR GARANTIR LA SÉCURITÉ DANS UN CONTEXTE D'ÉLECTRIFICATION

### NOUVEAUX USAGES ET NOUVELLES CONTRAINTES SUR LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

La transition énergétique entraîne l'arrivée de nouveaux usages dans les logements : pompe à chaleur, véhicule électrique, production photovoltaïque, stockage d'énergie.

Ces usages s'accompagnent de nouvelles contraintes (durées de fonctionnement longues et ininterrompues, puissances accrues, usages simultanés, flux bidirectionnels).

Le parc de logements existants est souvent peu adapté à ces évolutions, en raison d'installations conçues pour des usages limités, du vieillissement des équipements et d'ajouts successifs sans adaptation globale. Une part non négligeable de ces installations peut ainsi présenter des enjeux de sécurité électrique, appelant à une vigilance accrue lors du développement de nouveaux usages.

### COMMENT FAIRE RIMER ÉLECTRIFIER ET SÉCURITÉ EN RÉNOVATION ?

4 grands principes sont à respecter :

1. Raccorder toute nouvelle source le plus en amont possible de l'installation électrique du logement et en aval du disjoncteur général (AGCP).
2. Informer clairement et durablement sur les capacités de l'installation (puissance maximale et courant admissible) pour faciliter la connaissance des limites de celle-ci.
3. Créer des circuits spécifiques protégés pour chaque source (photovoltaïque, batterie, borne de recharge).
4. Protéger le tableau électrique d'origine par l'ajout d'un disjoncteur, si besoin associé à un dispositif différentiel 30 mA, entre les différentes sources (réseau public de distribution, photovoltaïque, borne de recharge, batterie) et le tableau existant.

## RÉALISER UN DIAGNOSTIC ÉLECTRIQUE POUR GARANTIR LA SÉCURITÉ

L'intégration de nouveaux usages dans une installation existante n'oblige pas la réalisation d'un diagnostic mais il est pertinent de le faire pour s'assurer de la bonne sécurité de l'installation existante et des évolutions.

Un diagnostic réalisé par un professionnel mettra en évidence les éventuels problèmes de sécurité (appareils inadaptés ou vétustes...) et préconisera les travaux de mise en sécurité nécessaires.

# ANNEXES

Pages 91 à 97

# Annexes

## BÂTIMENT TYPE ET TYPOLOGIE DES LOGEMENTS SIMULÉS

Les caractéristiques des bâtiments types sur lesquels les séries de simulations DPE ont été réalisées sont détaillées dans le tableau ci-dessous :

| Caractéristiques du bâtiment type dans l'état existant | | |
|---|---|---|
| | Bâtiment pour solutions individuelles | Bâtiment pour solutions collectives |
| Période constructive | 1948 – 1974 | 1960 |
| SHAB Immeuble / SHON Immeuble | 320 m²SHAB / 418 m²SHON | 1940 m²SHAB |
| Nombre de logements | 5 | 30 |
| Surface moyenne des logements | 65 m² (T3) | 65 m² (T3) |
| Mitoyenneté | Non mitoyen | Non mitoyen en grande majorité |
| Chauffage | Chaudière gaz basse température individuelle installée entre 2001 et 2015 | Chaudière gaz ancienne génération (<1990) |
| ECS | Reliée au chauffage | Reliée au chauffage |
| Ventilation | Ventilation naturelle par ouverture des fenêtres | VMC autoréglable de plus de 15 ans |
| DPE | G en zone H1a ; F en zone H2b ; E en zone H3 | G en zone H1a ; F en zone H2b ; E en zone H3 |

De nombreux facteurs, souvent interdépendants, influencent le ment d'un logement sur l'étiquette DPE (Diagnostic de Performance Énergétique), tels que la typologie du logement ou sa position au sein du bâtiment.
C'est pourquoi les gains énergétiques, les réductions d'émissions de gaz à effet de serre (GES), ainsi que les éventuels changements de DPE rendus possibles par l'installation des différents systèmes (en lien avec une rénovation partielle ou complète de l'enveloppe thermique) ont été analysés à l'échelle du bâtiment dans son ensemble. Le DPE est donc calculé à l'échelle du bâtiment, et non logement par logement.

## AMÉLIORATION DE L'ENVELOPPE THERMIQUE

Les travaux d'amélioration thermique de l'enveloppe du bâtiment peuvent concerner 5 postes distincts :

- l'isolation du plancher haut ;
- l'isolation du plancher bas ;
- l'isolation des murs ;
- le remplacement des fenêtres (menuiseries extérieures) ;
- la ventilation.

Les performances thermiques visées pour chacun de ces postes correspondent aux exigences minimales de résistance thermique nécessaires pour atteindre un niveau de rénovation compatible avec le label BBC (Bâtiment Basse Consommation). Ces mêmes exigences sont également celles requises pour bénéficier des Certificats d'Économies d'Énergie (CEE).
Les coûts associés à ces travaux, pour atteindre ces performances, sont estimés à partir de bases de données de bailleurs et d'offres d'entreprises. Ils sont présentés dans le tableau ci-dessous :

| Postes concernés | Exigences minimales résistance de l'isolation | Prix (€HT/m²) |
|---|---|---|
| Murs en façade ou en pignon (ITE) | R ≥ **4,4** m².K/W | 300 |
| Plancher bas | R ≥ **3** m².K/W | 130 |
| Toitures terrasses inaccessibles | R ≥ **7,5** m².K/W | 300 |
| Menuiseries | U < **1,3** W/m².K | 600 |

| Postes concernés | Prix (€HT/logement) |
|---|---|
| Ventilation | 2 400 |

# Annexes

## COÛTS D'EXPLOITATION

Les coûts d'exploitation incluent :

- Le coût de l'abonnement ;
- Le coût de la consommation énergétique ;
- Le coût de la maintenance.

Ces coûts sont calculés sur une durée de référence de 17 ans pour les solutions individuelles et de 22 ans pour les solutions collectives, correspondant à la durée de vie conventionnelle des systèmes thermodynamiques dans le référentiel des CEE.

Les coûts d'exploitation sont différents dans le cas des solutions individuelles et des solutions collectives. Ils sont détaillés dans les tableaux ci-dessous :

*Coût d'exploitation associés aux solutions individuelles*

| Coût d'exploitation | Prix |
|---|---|
| Coût d'un abonnement gaz | 343,92 €TTC/an |
| Coût d'un abonnement de 3 kVA<br>(Abonnement pour solution gaz) | 144,36 €TTC/an |
| Coût d'un abonnement de 6 kVA | 187,80 €TTC/an |
| Coût du kWh d'électricité (Avril 2026)<br>*Augmentation annuelle de 4 %* | 0,1940 €TTC/kWh |
| Coût du kWh de gaz (Avril 2026)<br>*Augmentation annuelle de 4 %* | 0,1042 €TTC/kWh |
| Coût de la maintenance | Dépendant des solutions* |

*Coût d'exploitation associés aux solutions collectives*

| Coût d'exploitation | Prix |
|---|---|
| Coût d'un abonnement gaz dépendant de la consommation annuelle en gaz par m²SHAB | 0 – 50 kWh/m²/an : 169,60 €TTC/mois<br>50 – 150 kWh/m²/an : 212,00 €TTC/mois<br>150 – 200 kWh/m²/an : 282,67 €TTC/mois<br>>200 kWh/m²/an : 424,00 €TTC/mois |
| Coût du KVA pour abonnement collectif supérieur à 36 kVA | 17,51 €TTC/kVA/an |
| Coût du kWh d'électricité usage ECS (Avril 2026)<br>*Augmentation annuelle de 4 %* | 0,1697 €TTC/kWh |
| Coût du kWh d'électricité usage Chauffage (Avril 2026)<br>*Augmentation annuelle de 4 %* | 0,2207 €TTC/kWh |
| Coût du kWh de gaz (Avril 2026)<br>*Augmentation annuelle de 4 %* | 0,1042 €TTC/kWh |
| Coût de la maintenance | Dépendant des solutions* |

**Les coûts de maintenance ont été estimés d'après la documentation et les entretiens effectués avec les industriels.*

# Annexes

## MÉTHODOLOGIE RETENUE POUR L'ÉVALUATION ÉCONOMIQUE DES SYSTÈMES

### Une évaluation en coût global des différentes solutions bas carbone

Les coûts globaux ont été calculés pour chaque solution étudiée dans ce guide. Ces coûts incluent :

- les coûts d'investissement en distinguant les coûts liés aux systèmes énergétiques et les travaux induits ;
- les charges d'exploitation sur une durée de 17 ans pour les systèmes individuels et de 22 ans pour les systèmes collectifs (abonnement, consommation d'énergie et entretien du système).

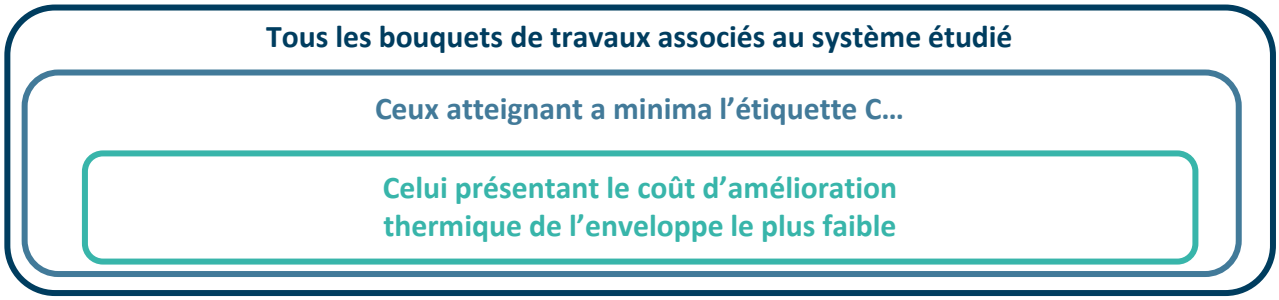
L'ensemble des solutions a fait l'objet de simulations avec la méthode de calcul DPE (3CL-DPE) sur deux bâtiments de référence (voir la description des bâtiments en annexe « Bâtiment type et typologies des logements simulés ») permettant d'évaluer les consommations énergétiques mais également d'autres indicateurs nécessaires aux calculs (puissance des systèmes installés…).

### Une cible minimale de performance énergétique : l'étiquette C

Pour chaque système étudié dans ce guide, ont été déterminés les coûts globaux minimaux pour l'atteinte de l'étiquette C et, lorsque c'était possible, l'atteinte de l'étiquette B. S'ajoutent donc aux coûts liés aux systèmes de chauffage et d'ECS, les coûts liés aux améliorations thermiques de l'enveloppe nécessaires pour atteindre ces niveaux d'exigence.

Parmi les scénarios permettant l'atteinte d'une étiquette donnée, celui retenu est celui présentant le coût d'amélioration thermique de l'enveloppe le plus faible. Notons que certains systèmes ne permettent pas d'atteindre l'étiquette B, même dans le cadre d'une rénovation complète du bâti comprenant l'isolation des murs, des planchers hauts et bas, le remplacement des menuiseries ainsi que l'amélioration de la ventilation. C'est notamment le cas pour la chaudière gaz à condensation. A contrario, certains systèmes permettent l'atteinte de l'étiquette C sans qu'aucune amélioration de l'enveloppe ne soit réalisée.

La méthodologie de sélection du scénario de rénovation permettant d'atteindre l'étiquette C est figurée ci-dessous :




### Un cadre de comparaison cohérent

Les résultats présentés dans cette étude reposent sur un ensemble d'hypothèses détaillées en annexe (coûts d'investissement, coûts d'exploitation, caractéristiques techniques des systèmes, scénarios de rénovation, etc.) ainsi que sur des bâtiments types considérés comme représentatifs d'une part significative du parc résidentiel collectif français.

Cette étude a avant tout vocation à proposer une analyse comparative cohérente des différentes solutions individuelles et collectives pouvant se substituer au gaz, afin d'en mettre en évidence les avantages, les contraintes d'intégration et les ordres de grandeur en termes d'impacts énergétiques et économiques associés.

Les résultats obtenus doivent systématiquement être remis en perspective au regard des spécificités propres à chaque opération particulière. En effet, les étiquettes DPE, les coûts d'investissement ou encore les conditions d'intégration technique peuvent varier de manière significative selon les caractéristiques du bâti existant (morphologie, niveau d'isolation existant, systèmes en place, configuration des locaux techniques, conditions d'exploitation, usages des occupants, etc.) ainsi que selon les hypothèses retenues.

# Annexes : Liste des travaux induits

## 01 : PAC Air/Eau double ou triple service avec unité extérieure

- Dépose de l'ancien générateur
- Fiabilisation du réseau hydraulique existant avec désembouage des émetteurs et pose de robinets thermostatiques. Étant donné la sensibilité des PAC aux pollutions d'eau et notamment aux boues, cette étape est indispensable pour une installation pérenne.
- Raccordement hydraulique du module intérieur aux réseaux de chauffage et d'ECS existants
- Raccordement frigorifique (ou hydraulique) entre l'unité extérieure et le module intérieur
- Raccordement électrique de l'installation au réseau existant

## 02 : PAC Air extrait/Eau double service sans unité extérieure

- Dépose de l'ancien générateur
- Fiabilisation du réseau hydraulique existant avec désembouage des émetteurs et pose de robinets thermostatiques. Etant donné la sensibilité des PAC aux pollutions d'eau et notamment aux boues, cette étape est indispensable pour une installation pérenne.
- Raccordement hydraulique de la PAC aux réseaux de chauffage et d'ECS existants
- Carottage de la façade en Ø125 ou 160 mm selon débit à extraire
- Raccordement aéraulique de la VMC intégrée à la PAC aux extractions des pièces humides (voir débits minimaux à extraire) et éventuels soffites associés
- Éventuel remplacement des entrées d'air par des compatibles avec VMC autoréglables
- Création d'un placard technique ou acoustique
- Raccordement électrique de l'installation au réseau existant

## 03 : PAC Air/Air avec unité extérieure (Multisplit)

- Dépose de l'ancien générateur et du réseau hydraulique de chauffage, émetteurs compris
- Raccordement frigorifique entre l'unité extérieure et les unités intérieures
- Raccordement électrique de l'installation au réseau existant
- Eventuel pose d'un ballon ECS à effet joule ou d'un CET pour assurer la production d'ECS

## 04 : PAC Air/Air avec unité extérieure (Monosplit)

- Dépose de l'ancien générateur et du réseau hydraulique de chauffage, émetteurs compris
- Raccordement frigorifique entre l'unité extérieure et les unités intérieures
- Raccordement électrique de l'installation au réseau existant
- Éventuelle pose d'un ballon ECS à effet joule ou d'un CET pour assurer la production d'ECS

## 05 : PAC Air/Air avec unité extérieure (émetteur gainable)

- Dépose de l'ancien générateur et du réseau hydraulique de chauffage, émetteurs compris
- Mise en œuvre d'un faux plafond (hauteur comprise entre 20 et 30 cm) « étanche » en plaques de plâtres + bande à joints
- Cheminement de gaines isolées en faux plafond + installation de grilles de soufflage (et parfois de reprise) pour chaque pièce
- Raccordement de l'évacuation des condensats du caisson gainable vers un exutoire adapté. Si solution gravitaire impossible, prévoir une pompe de relevage et toutes suggestions associées
- Raccordement frigorifique entre l'unité extérieure et les unités intérieures
- Raccordement électrique de l'installation au réseau existant
- Éventuelle pose d'un ballon ECS à effet joule ou d'un CET pour assurer la production d'ECS

## 06 : PAC Air/Air monosplit avec module de production ECS

- Dépose de l'ancien générateur et du réseau hydraulique de chauffage, émetteurs compris
- Raccordement hydraulique du CET aux réseaux ECS existants
- Raccordement frigorifique entre l'unité extérieure et l'unité intérieure monosplit ainsi que le CET
- Raccordement électrique de l'installation au réseau existant
- Éventuel placard technique pour accueillir le CET
- Installation le cas échéant d'émetteurs effet joule dans les pièces non traitées par le système

# Annexes : Liste des travaux induits

## 07 : PAC Air/Air monobloc sans unité extérieure

- Dépose de l'ancien générateur et du réseau hydraulique de chauffage, émetteurs compris
- 2 percements de façade d'un diamètre compris entre 160 et 200 mm selon la puissance du modèle adapté (souvent 200 mm pour les modèles associés aux pièces de vie)
- Gestion des condensats soit par un percement de 20 mm pour rejet en façade soit par récupération et acheminement vers un exutoire adapté à l'intérieur avec potentielle pompe de relevage le cas échéant
- Installation le cas échéant d'émetteurs effet joule dans les pièces non traitées par le système

## 08 : PAC Air/Eau double service sans unité extérieure

- Dépose de l'ancien générateur
- Fiabilisation du réseau hydraulique existant avec désembouage des émetteurs et pose de robinets thermostatiques. Etant donné la sensibilité des PAC aux pollutions d'eau et notamment aux boues, cette étape est indispensable pour une installation pérenne.
- Raccordement hydraulique de la PAC aux réseaux de chauffage et d'ECS existants
- Création d'un percement de 60 * 60 cm dans la façade pour pose de la grille d'amenée/de rejet d'air
- Création d'un placard technique ou acoustique
- Raccordement électrique de l'installation au réseau existant

## 09 : PAC Air/Air sans unité extérieure avec production ECS

- Dépose de l'ancien générateur et du réseau hydraulique de chauffage, émetteurs compris
- Création d'un placard acoustique
- 2 carottages de la façade en Ø160 mm (si raccordement individuel)
- Raccordement aéraulique pour apport et rejet d'air en façade ou en toiture + raccordement aéraulique intérieur pour soufflage et reprise d'air dans la pièce de vie
- Raccordement hydraulique de la PAC au réseau d'ECS existant
- Raccordement électrique de l'installation au réseau existant
- Installation le cas échéant d'émetteurs effet joule dans les pièces non traitées par le système

## 10 : Radiateurs électriques associés à une production ECS électrique ou thermodynamique

- Dépose de l'ancien générateur et du réseau hydraulique de chauffage, émetteurs compris
- Raccordement électrique de l'installation au réseau existant

Note : l'ECS est traitée à part par ballon électrique ou CET. Les coûts du traitement de l'ECS affichés sur les graphes embarquent les travaux induits propres à l'ECS.

## 11 : Chaudière électrique associée à une production ECS électrique ou thermodynamique

- Dépose de l'ancien générateur
- Fiabilisation du réseau hydraulique existant avec désembouage des émetteurs et pose de robinets thermostatiques
- Raccordement hydraulique de la chaudière aux réseaux de chauffage et d'ECS existants
- Raccordement électrique de l'installation au réseau existant

## 12 : Chauffe-eau Thermodynamique (CET)

- Dépose de l'ancien générateur
- Création d'un placard technique simple voire acoustique
- 1 à 2 carottages de la façade (si raccordement individuel)
- Raccordement aéraulique pour apport et rejet d'air en façade ou en toiture et éventuels soffites associés
- Raccordement hydraulique du CET au réseau d'ECS existant
- Raccordement électrique de l'installation au réseau existant

# Annexes : Liste des travaux induits

## 13 : PAC Air/Eau double service

- Dépose de l'ancien générateur
- Traitement acoustique éventuel
- Raccordement électrique de l'installation

L'hydraulique du local chaufferie nécessaire au fonctionnement du système (ballon tampon, réseaux hydrauliques en local technique, traitement de l'eau…) est inclus dans le coût lié au générateur.

## 14 : PAC Air/Air collective (DRV) + « Kit ECS » ou PAC Air/Eau dédiée ECS

- Dépose de l'ancien générateur
- Traitement acoustique éventuel
- Raccordement électrique de l'installation

Les coûts des unités intérieures et les liaisons frigorifiques associées à leur raccordement aux générateurs sont inclus dans le coût du générateur.

## 15 : PAC Air/Eau collective chauffage + CET individuel

- Dépose de l'ancien générateur
- Traitement acoustique éventuel
- Raccordement électrique de l'installation
- Tous les travaux induits propres à la mise en œuvre de CET (voir travaux induits de la fiche n°12)

L'hydraulique du local chaufferie nécessaire au fonctionnement du système (ballon tampon, réseaux hydrauliques en local technique, traitement de l'eau, …) est inclus dans le coût lié au générateur.

## 16 : PAC Eau/Eau Géothermique double service

- Dépose de l'ancien générateur
- Traitement acoustique éventuel
- Raccordement électrique de l'installation
- Forage des sondes géothermiques

L'hydraulique du local chaufferie nécessaire au fonctionnement du système (ballon tampon, réseaux hydrauliques en local technique, traitement de l'eau, …) est inclus dans le coût lié au générateur.

## 17 : PAC Air/Eau associée à une chaudière gaz (solution hybride)

- Remplacement de l'ancien générateur
- Traitement acoustique éventuel
- Raccordement électrique de l'installation
- Travaux induits spécifiques au gaz (sécurité chaufferie, réfection conduit de gaz et conduit de fumé)

L'hydraulique du local chaufferie nécessaire au fonctionnement du système (ballon tampon, réseaux hydrauliques en local technique, traitement de l'eau, …) est inclus dans le coût lié au générateur.

## 18 : PAC Aérosolaire (ECS) et chauffage gaz

- Dépose de l'ancien générateur
- Raccordement électrique de l'installation
- Travaux induits spécifiques au gaz (sécurité chaufferie, réfection conduit de gaz et conduit de fumé)

L'hydraulique du local chaufferie nécessaire au fonctionnement du système (ballon tampon, réseaux hydrauliques en local technique, traitement de l'eau, …) est inclus dans le coût lié au générateur.

## 19 : Réseau de Chaleur Urbain (RCU)

- Dépose de l'ancien générateur

L'hydraulique du local chaufferie nécessaire au fonctionnement de la sous station (ballon tampon, réseaux hydrauliques en local technique, traitement de l'eau, …) est inclus dans le coût lié au générateur.

# Glossaire

**BBC :** Bâtiment Basse Consommation au sens de la nouvelle définition de 2024
**CEE** : Certificat d'Économie d'Énergie
**CET** (Chauffe Eau Thermodynamique) : PAC dédiée uniquement à l'ECS avec un ballon intégré
**DS** (Double Service) : système assurant le Chauffage et l'Eau Chaude Sanitaire
**ECS :** Eau Chaude Sanitaire
**EU :** Eaux usées
**EJD** (Effet Joule (Direct)) : chauffage électrique simple (ne faisant pas appel à une PAC)
**GES** : Gaz à effet de serre
**PAC :** Pompe A Chaleur. Peut être A/O (Air-Eau), A/A (Air/Air) ou O/O (Eau/Eau)
**SCOP :** Coefficient de Performance Saisonnier
**SDES** : Statistique publique de l'énergie, des transports, du logement et de l'environnement
**SEER :** Ratio d'Efficacité Énergétique Saisonnier
**SNBC** : Stratégie Nationale Bas Carbone
**STR :** Structure
**TT :** Toiture Terrasse
**UE :** Unité Extérieure
**VMC :** Ventilation Mécanique Contrôlée

# Remerciements à :


- **Emmanuel CHABUT** (EDF – Direction de la Stratégie et du Développement du pôle Clients, Services & Territoires)
- **Aude LANE** (EDF – Direction de la Stratégie et du Développement du pôle Clients, Services & Territoires)
- **Paul GARRET** (EDF R&D)
- **David LEBANNIER** (POUGET CONSULTANTS)
- **Adrien TOUZET** (POUGET CONSULTANTS)
- **Laurent GRIGNON-MASSÉ** (CONSULTANT INDÉPENDANT DÉCARBONATION DES BÂTIMENTS)
- **Emmanuel TOFFOLO** (PROMOTELEC SERVICES)

**Pour la réalisation de ce guide.**

## Avec le soutien des membres de Promotelec :

### Acteurs du bâtiment et de l'immobilier

### Institutionnels et associations de consommateurs

### Acteurs des réseaux et de l'électricité

Association Promotelec | PROMOTELEC SERVICES | EDF | pouget Consultants