

# Etudes de cas : Décarbonation et ses incidences techniques & financières



28/07/2023



**TRIBU  
ENERGIE**  
Toute notre énergie pour 4 fois moins de CO<sub>2</sub>



Contact : **N.TCHANG**  
140-142 rue du Chevaleret 75013 PARIS  
Tel : 01.43.15.00.06  
Mail : [mail@tribu-energie.fr](mailto:mail@tribu-energie.fr)  
web : [www.tribu-energie.fr](http://www.tribu-energie.fr)

# CONTEXTE & MÉTHODOLOGIE



# Contexte

Une concertation a été lancée par les pouvoirs publics dans le cadre de la décarbonation du bâtiment pour s'inscrire dans la SNBC.

Concernant le secteur résidentiel, une sortie progressive du chauffage gaz serait entamée.

Cela repose sur le remplacement de 40% des chaudières des maisons individuelles d'ici 2030, supposant que 7% du parc (constitué de 5,7 millions de maisons individuelles chauffées au gaz) quitte le gaz chaque année, et le remplacement de 10 à 20 % des chaudières des logements collectifs. L'ensemble représente la suppression d'un quart des chaudières gaz en 2030 par rapport à aujourd'hui.



# Objectif de l'étude

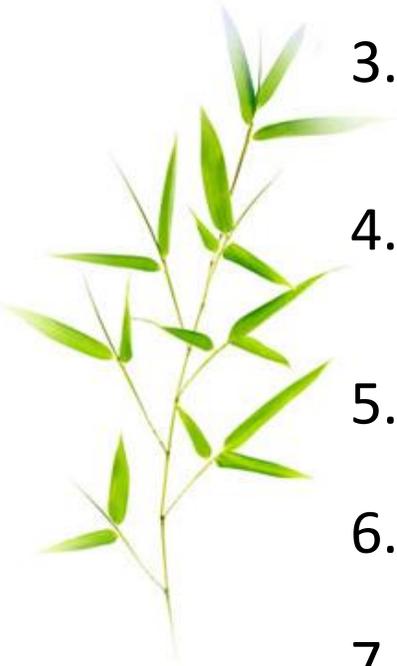
L'objectif de l'étude est de montrer les incidences techniques et financières pour différentes solutions de remplacement de ces générateurs pour :

- 3 maisons
- 1 immeuble collectif en chauffage collectif
- 2 appartements (avec et sans balcon)



# Méthodologie adoptée pour l'étude

1. Définition de 6 bâtiments représentatifs actuellement en chaudière gaz
2. Calcul des puissances de chauffage
3. Saisie des bâtiments selon la méthode du DPE (3CL-DPE 2021) et calcul des consommations énergétiques
4. Estimation des couts d'investissement ; de maintenance ; d'abonnement pour différentes solutions techniques alternatives
5. Calculs des aides financières Ma prime rénov (ménage intermédiaire) et CEE
6. Calculs des couts cumulés des différentes solutions énergétiques
7. Définition des atouts et contraintes



# Les hypothèses économiques

Les couts indiqués dans l'étude sont issus (2023) :

- retours UMGCCP ; ratios interne Tribu Energie ; batchiffrage ; catalogues tarifs industriels prix publics.
- Les couts induits sont selon la solution de remplacement : désembouage préalable / pot à boue ; liaisons hydraulique et frigorifique ; mise en place de robinets thermostatiques ; PAC air/eau haute température lorsque des travaux d'enveloppe n'ont pas été réalisés et que les émetteurs ne sont pas adaptés ; reprise du tableau électrique ; coffrage.
- Les prix de l'énergie sont les prix publics EDF et ENGIE 2023
- Les aides prises en compte sont CEE et Ma prime rénov 2023 pour un ménage intermédiaire
- Actualisation du cout de l'énergie ; abonnement ; maintenance : 5%

# Les hypothèses Carbone

Le calcul des émissions carbone a été réalisé avec les valeurs actuelles du DPE. Or le verdissement du réseau nationale gaz prévoit une part de biogaz de 20% en 2030 qui n'est pas considéré dans le coefficient de conversion actuel.





# PANEL DE BÂTIMENTS ÉTUDIÉS

# Répartition des logements selon les zones climatiques

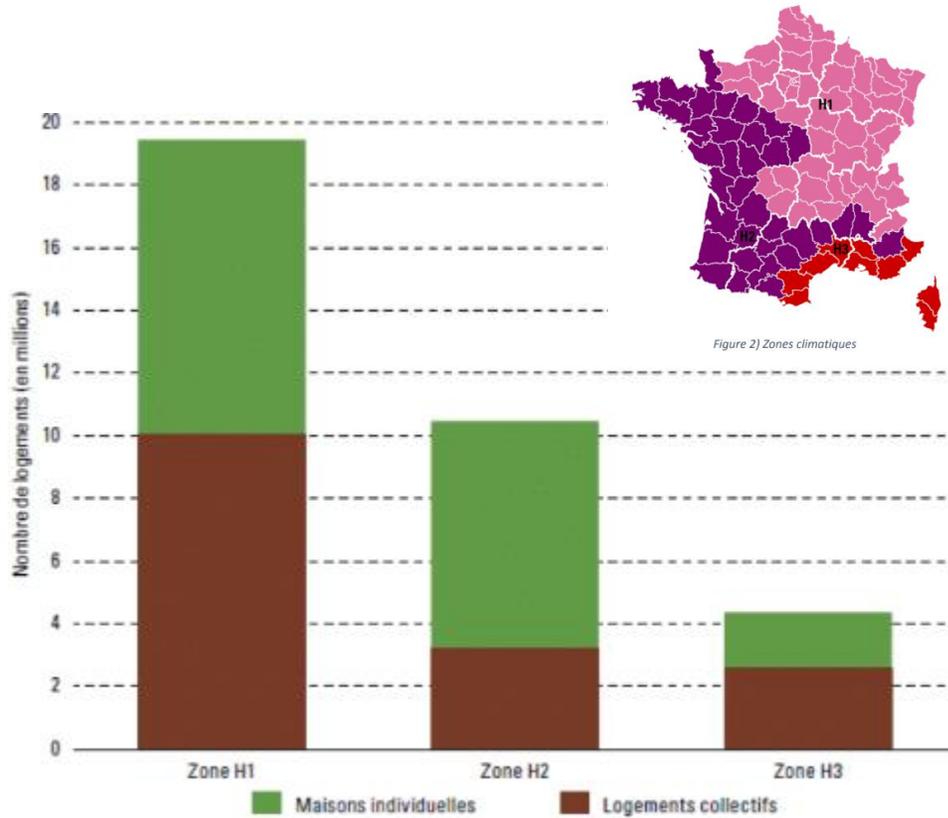


Figure 3) Répartition des logements par zones climatiques (INSEE 2015)

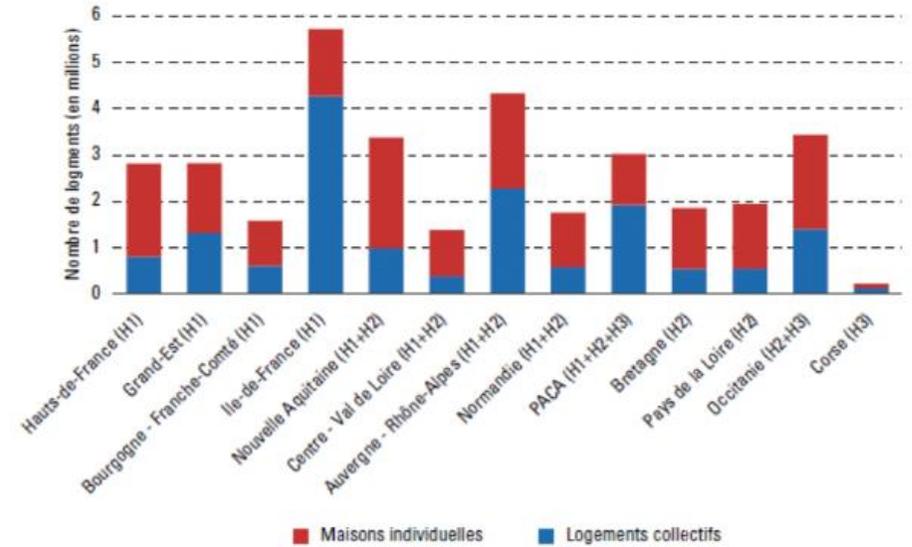


Figure 4) Répartition des logements par régions administratives (FILOCOM 2013)

# Répartition des résidences principales selon les années de construction

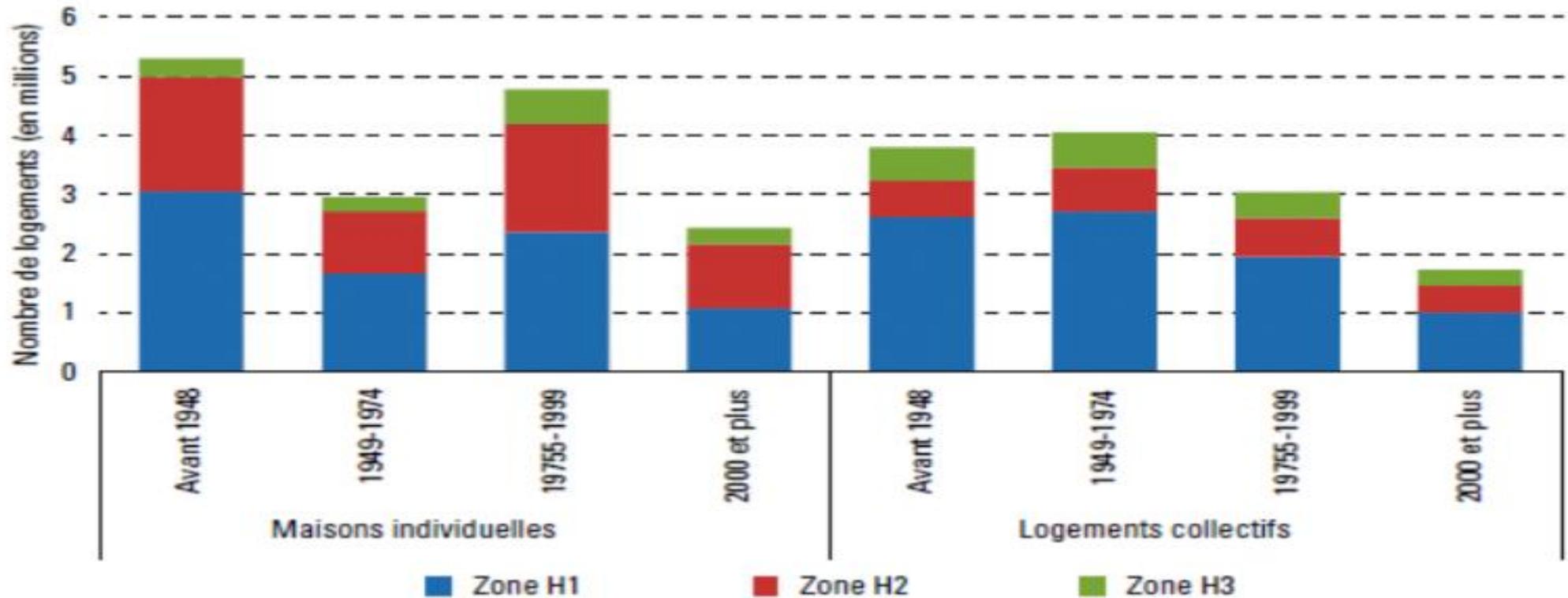


Figure 5) Répartition des résidences principales par périodes de construction (FILOCOM 2013)

Période constructive	Avant 1948	1948-1974	1974-2000	Après 2000
Part des maisons individuelles	36%	18%	30%	16%

Période constructive	Avant 1948	1948-1974	1974-2000	Après 2000
Part des logements collectifs	29%	32%	25%	14%

# Parc de maisons individuelles



PÉRIODES	TYPES	DONNÉES SUR LE PARC DE MAISONS INDIVIDUELLES		
		Nombre de logements du parc de MI (%)	Consommations énergétiques finales tous usages (%)	Consommations énergétiques de chauffage <sup>A</sup> (kWh/m <sup>2</sup> .an)
« Ancien » Avant 1948	Maison rurale	10 %	10 %	175
	Maison bourgeoise	1 %	2 %	139
	Maison de bourg	13 %	12 %	167
	Villa éclectique	4 %	6 %	183
	Pavillon de banlieue	11 %	13 %	202
« Récent non isolé » 1948 – 1974	Pavillon de la reconstruction	13 %	15 %	209
	Pavillon 1968 – 1974	10 %	11 %	164
« Récent isolé » 1975 – 2000	Pavillon 1975 – 1981	13 %	12 %	134
	Pavillon 1982 – 1989	12 %	10 %	100
	Pavillon 1990 – 2000	12 %	10 %	89

<sup>A</sup> Cf Consommation énergétique de chauffage pour l'ensemble du parc (résidences principales, résidences secondaires, logements vacants).

Figure 6) Maisons individuelles types par périodes constructives et données sur le parc (PACTE 2017)

# Parc d'immeubles collectifs

PÉRIODES	TYPES	DONNÉES SUR LE PARC D'IMMEUBLES COLLECTIFS		
		Nombre de logements du parc d'IC (%)	Consommations énergétiques finales tous usages (%)	Consommations énergétiques de chauffage (*) (kWh/m².an)
« Ancien » Avant 1948	Immeuble de bourg	11 %	11 %	132
	Immeuble Haussmannien et assimilés	10 %	11 %	143
	Immeuble éclectique	4 %	4 %	171
	Immeuble de type HBM	1 %	1 %	146
« Récent non isolé » 1948 – 1974	Immeuble pastiche	3 %	3 %	139
	Immeuble « bourgeois »	2 %	3 %	213
	Habitat intermédiaire 1968 – 1974	3 %	5 %	187
	Petit collectif divers 1948-1974	20 %	25 %	157
	« Barres » 1948 – 1974	12 %	14 %	140
	Tours 1948 – 1974	< 1 %	< 1 %	150
« Récent isolé » 1975 – 2000	Habitat intermédiaire 1975 – 1981	1 %	1 %	95
	Petit collectif divers 1975 – 1981	5 %	4 %	74
	« Barres » 1975 – 1981	6 %	5 %	120
	Tours 1975 – 1981	< 1 %	< 1 %	74
	Immeubles 1982 – 1989	8 %	5 %	61
	Immeubles 1990 – 2000	11 %	7 %	56

(\*) Cf. Consommation énergétique de chauffage pour l'ensemble du parc (résidences principales, résidences secondaires, logements vacants)

Figure 7) Logements collectifs types par périodes constructives et données sur le parc (PACTE 2017)

# Travaux énergétiques réalisés sur le parc

TRAVAUX ÉNERGÉTIQUES RÉALISÉS ENTRE 2006 ET 2016	LOGEMENTS COLLECTIFS			MAISONS INDIVIDUELLES		
	Avant 1948	1949-1974	Après 1975	Avant 1948	1949-1974	Après 1975
Isolation du plancher haut ou de la toiture   Combles	5,00 %	1,70 %	1,60 %	18,60 %	22,20 %	14,30 %
Isolation du plancher haut ou de la toiture   Toiture terrasse	2,40 %	3,70 %	2,30 %	13,40 %	9,50 %	5,30 %
Isolation par l'intérieur / Isolation par l'extérieur	4,80 %	5,80 %	2,50 %	12,00 %	11,20 %	4,40 %
Baies vitrées   Remplacement total	15,90 %	17,10 %	10,20 %	32,80 %	31,40 %	19,40 %
Baies vitrées   Remplacement partiel	9,80 %	14,00 %	5,40 %	14,40 %	14,80 %	7,70 %
Baies vitrées   Volets uniquement	6,60 %	13,10 %	7,30 %	18,20 %	19,80 %	14,40 %
Remplacement ou installation d'un système de chauffage principal – réseau fluide	18,40 %	12,70 %	10,90 %	31,80 %	30,80 %	21,10 %
Remplacement ou installation d'un système de production d'eau chaude sanitaire — réseau fluide	9,70 %	7,90 %	6,80 %	17,10 %	14,50 %	10,90 %
Amélioration du dispositif de régulation du chauffage – réseau fluide	6,20 %	5,00 %	3,10 %	8,20 %	8,00 %	4,20 %
Calorifugeage de tout ou partie d'une installation de production ou de distribution de chaleur ou d'eau chaude sanitaire – réseau fluide	0,90 %	0,60 %	0,80 %	1,10 %	1,60 %	0,30 %
Remplacement ou installation d'énergies renouvelables pour le chauffage – réseau fluide	0,40 %	1,10 %	0,60 %	6,80 %	4,70 %	5,80 %
Remplacement ou installation d'énergies renouvelables pour l'eau chaude sanitaire — réseau fluide	0,40 %	0,60 %	0,30 %	3,30 %	1,60 %	2,90 %
Remplacement ou installation d'un équipement de production d'électricité à partir d'une source d'énergie renouvelable – chauffage et ECS à effet joule	0,30 %	0,40 %	0,20 %	2,40 %	2,20 %	3,80 %
Mise en place ou remplacement d'un système de ventilation mécanique contrôlée (VMC)	7,10 %	5,40 %	4,00 %	14,50 %	14,10 %	12,60 %

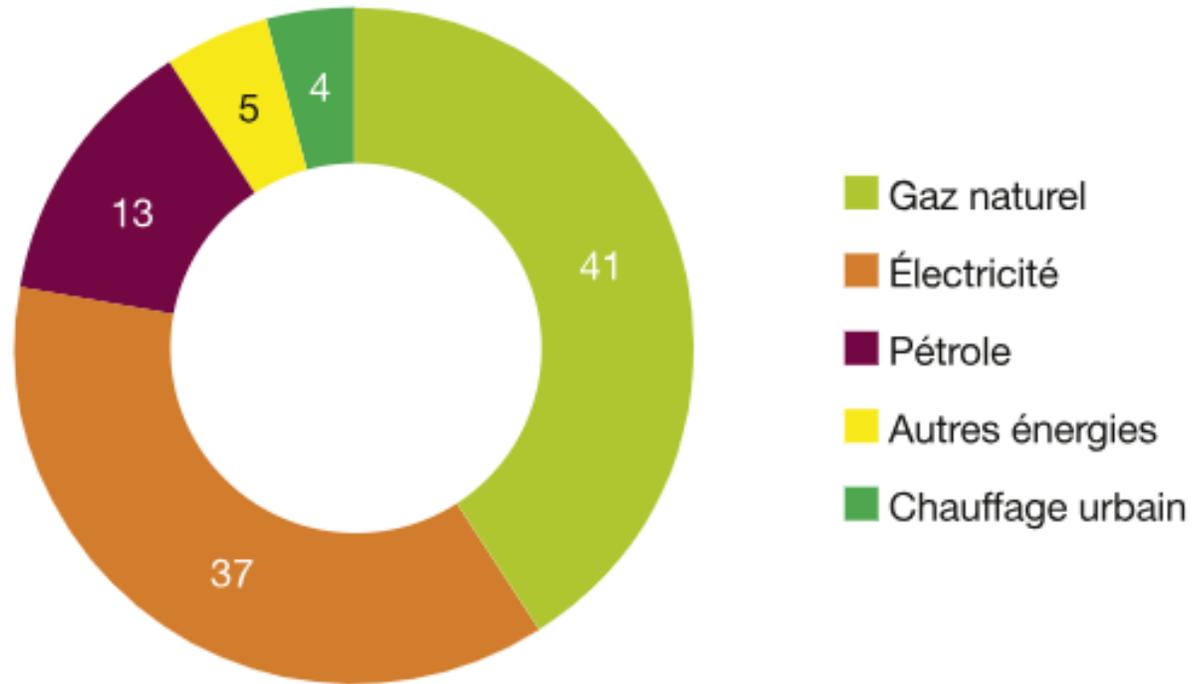
Figure 8) Travaux énergétiques réalisés sur le parc entre 2006 et 2016 (PACTE 2017)

roits réservés

# Energie de chauffage des logements

## RÉPARTITION DU PARC DE LOGEMENTS SELON L'ÉNERGIE DE CHAUFFAGE EN 2018

En %



Champ : France entière.

Source : Ceren

# Données CEREN 2023

## DÉTAIL DU PARC 2020 DES RÉSIDENCES PRINCIPALES SELON LA DATE DE CONSTRUCTION DU LOGEMENT EN FRANCE METROPOLITAINE

(milliers de logements)

source Ceren©

Résidences Principales		Construites					TOTAL
		avant 1975	de 1975 à 1981	de 1982 à 1989	de 1990 à 1998	en 1999 ou après	
<b>Immeubles Collectifs</b>		<b>6 926</b>	<b>1 393</b>	<b>802</b>	<b>971</b>	<b>2 908</b>	<b>12 998</b>
Chauffage Central Collectif	Urbain	666	153	65	54	257	1 195
	Charbon	5	2	1	1	0	9
	Fioul	365	51	24	9	22	471
	<b>Gaz</b>	<b>2 072</b>	<b>398</b>	<b>130</b>	<b>112</b>	<b>427</b>	<b>3 139</b>
	Autres	56	23	6	4	28	117
Chauffage Central Individuel	Charbon-Bois	5	0	1	0	0	6
	Fioul	15	3	1	1	3	23
	<b>Gaz</b>	<b>1 954</b>	<b>358</b>	<b>196</b>	<b>272</b>	<b>877</b>	<b>3 657</b>
	GPL	4	0	0	1	4	9
	Électricité	1 639	388	340	490	1 239	4 096
	Autres	2	0	1	1	1	5
Sans Chauffage Central	Charbon	2	0	0	0	0	2
	Bois	23	2	3	1	21	49
	Fioul	32	2	4	2	6	45
	Gaz	39	2	0	1	0	42
	GPL	1	0	0	0	0	1
	Électricité	45	11	32	21	24	133
<b>Maisons Individuelles</b>		<b>7530</b>	<b>1900</b>	<b>1743</b>	<b>1325</b>	<b>4074</b>	<b>16 572</b>
Chauffage Central Individuel	Charbon-Bois	4	0	0	0	0	5
	Bois	151	30	23	9	49	261
	Fioul	1 762	346	133	144	186	2 570
	<b>Gaz</b>	<b>2 981</b>	<b>528</b>	<b>389</b>	<b>453</b>	<b>1 009</b>	<b>5 360</b>
	GPL	162	45	33	47	73	359
	Électricité	1 806	856	1 010	556	2 302	6 529
	Autres	21	3	5	8	55	93
Sans Chauffage Central	Charbon	48	3	6	0	0	57
	Bois	447	58	105	71	316	996
	Fioul	88	4	4	14	13	122
	Gaz	11	1	0	0	3	16
	GPL	9	1	2	4	0	16
	Électricité	42	25	35	20	68	189

tous droits réservés



# Cas d'études proposés

## MAISONS :

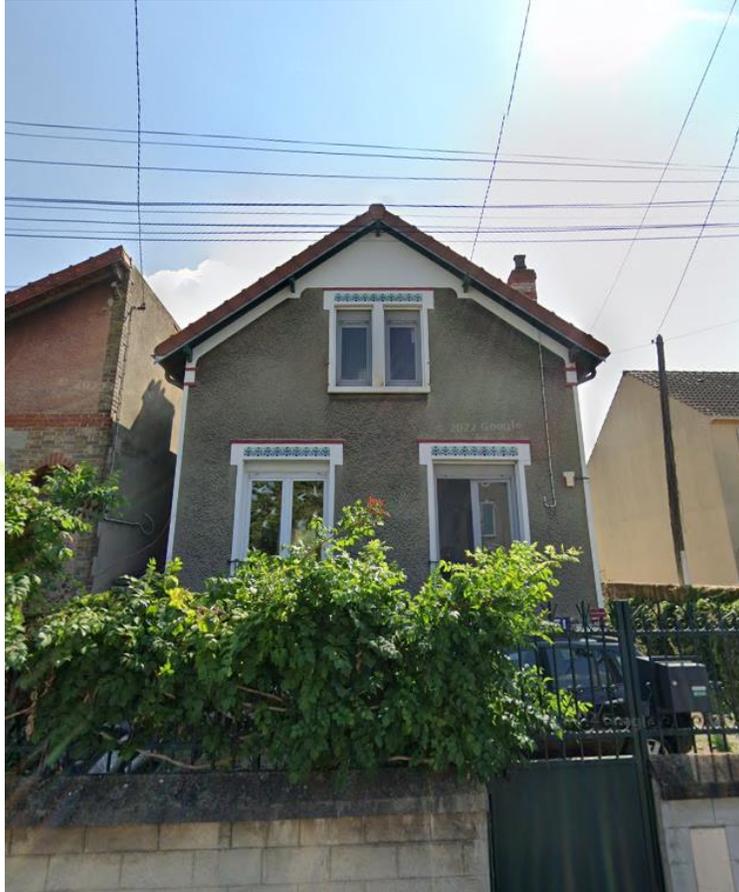
- M1 : Centre de bourg ancien < 1948
- M2 : Indépendante années 70
- M13 : Maisons accolées années 80 – jardinet tout petit

## COLLECTIFS :

- ICC1 : chaufferie collective < 1948
- ICI2 : chaudière individuelle avec balcon après 2012
- ICI3 : chaudière individuelle sans balcon (toiture terrasse)

années80

# M1 : Centre de bourg



<b>SHAB</b>	<b>100m<sup>2</sup></b>
Nb de logements	1
Nb d'étages	R+1
Année construction	< 1948
Nombre pièces principales	T5
Chauffage	Chaudière gaz haut rendement
Murs	Maçonneries non isolées
Baies	PVC 4/8/4 et 4/12/4
Toiture	10cm de laine de verre
Plancher bas / sous-sol	Non isolé
Puissance chauffage (kW)	21
Emplacement chauffage	Sous-sol, facilement accessible
Emplacement UE en cas de PAC	Jardin arrière

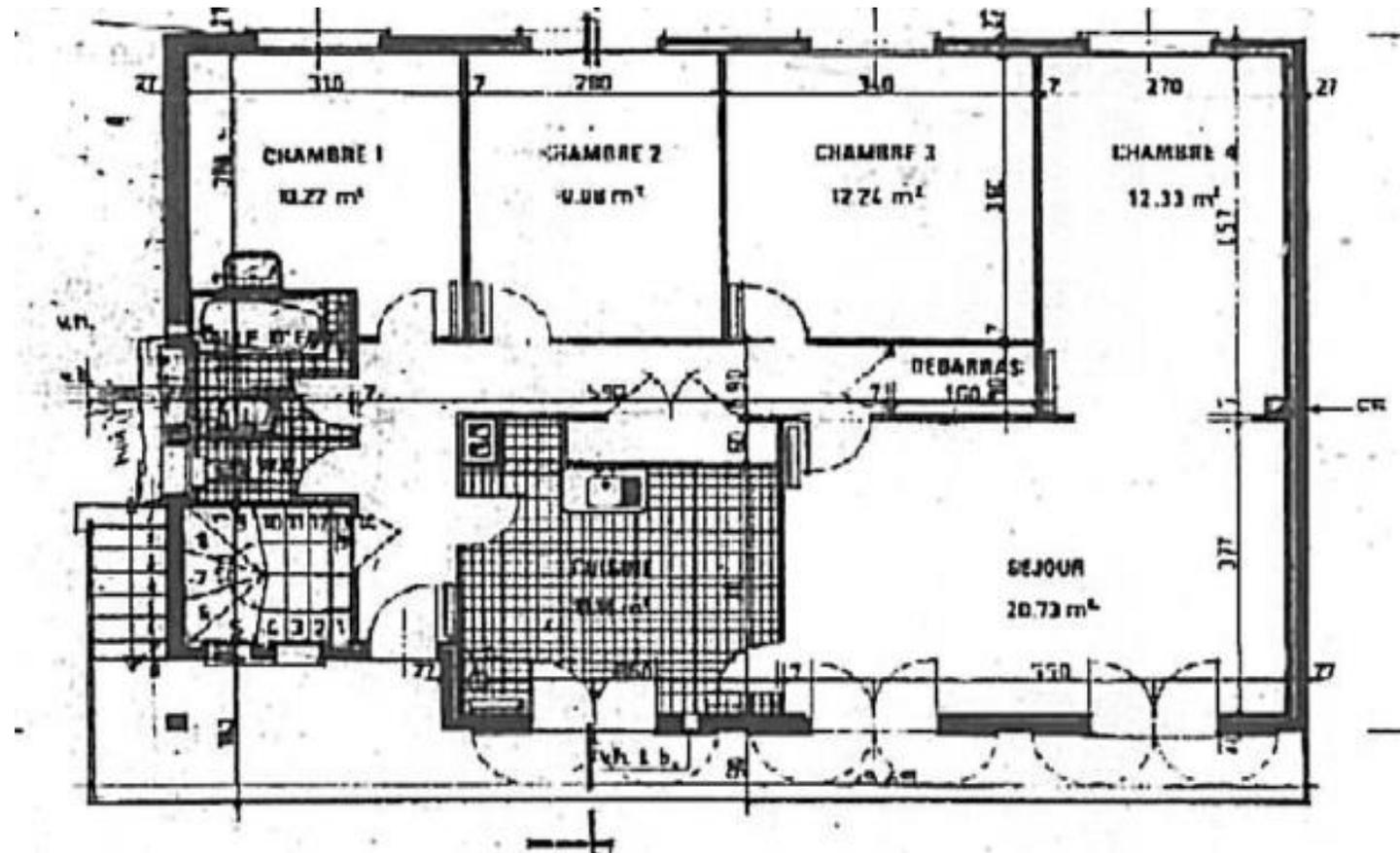


# M2 : Indépendante



<b>SHAB</b>	<b>92m<sup>2</sup></b>
Nb de logements	1
Nb d'étages	R+0
Année construction	1972
Nombre pièces principales	T5
Chauffage	Chaudière gaz haut rendement
Murs	Maçonneries non isolées
Baies	bois 4/12/4
Toiture	10cm de laine de verre
Plancher bas / sous-sol	Non isolé
Puissance chauffage (kW)	28
Emplacement chauffage	Sous-sol, facilement accessible
Emplacement UE en cas de PAC	Jardin arrière

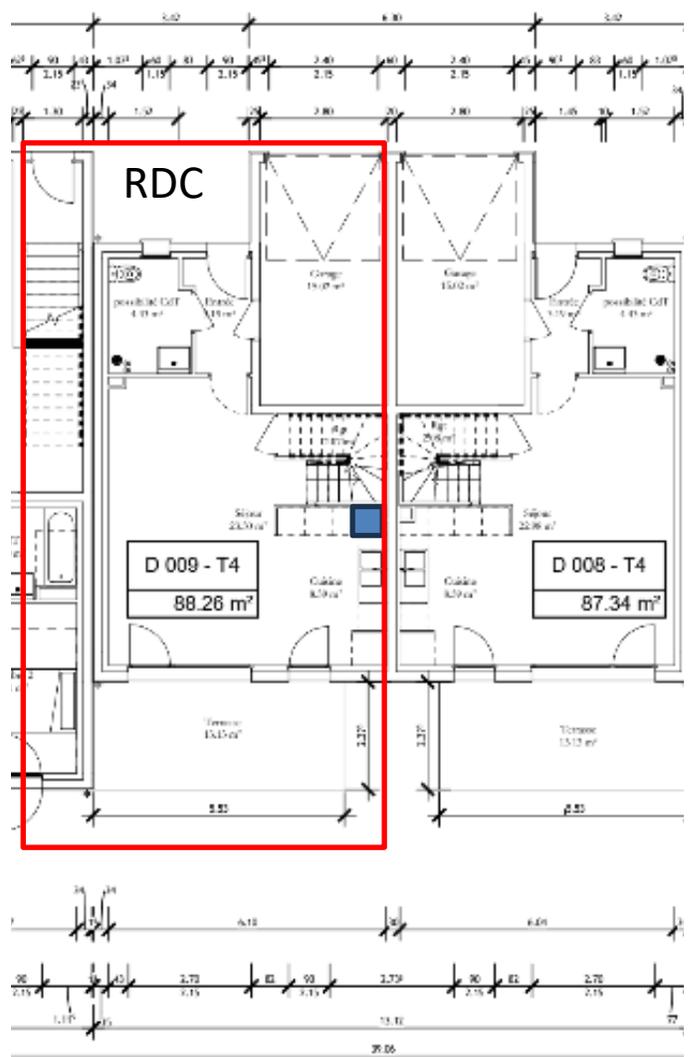
# M2 : indépendante années 70



# MI3 : maisons accolées

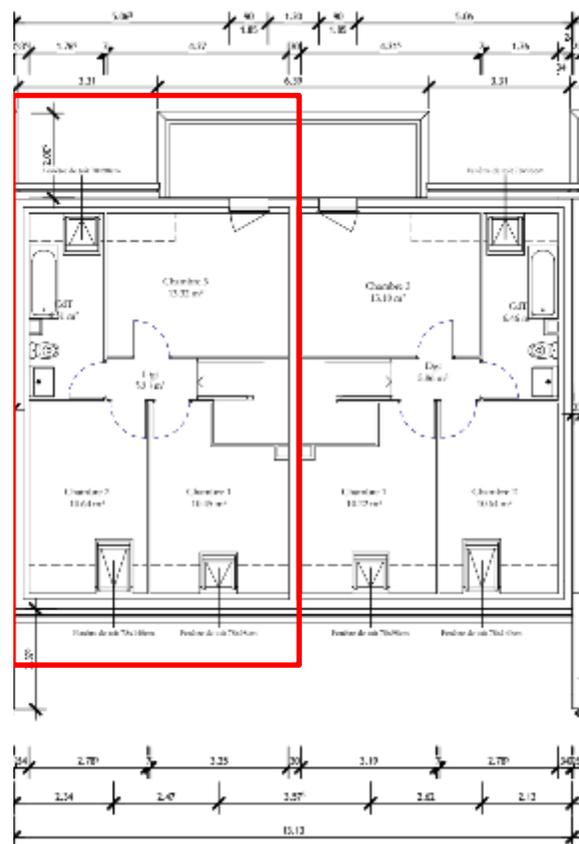


<b>SHAB</b>	<b>88,3m<sup>2</sup></b>
Nb de logements	1
Nb d'étages	R+combles
Année construction	2010
Nombre pièces principales	T4
Chauffage	Chaudière gaz condensation
Murs	Maçonneries ITI 8cm
Baies	PVC 4/16argon/4
Toiture	20cm de laine de verre
Plancher bas / TP et garage	Isolé en sous face
Puissance chauffage (kW)	12
Emplacement chauffage	cuisine
Emplacement UE en cas de PAC	Jardin arrière





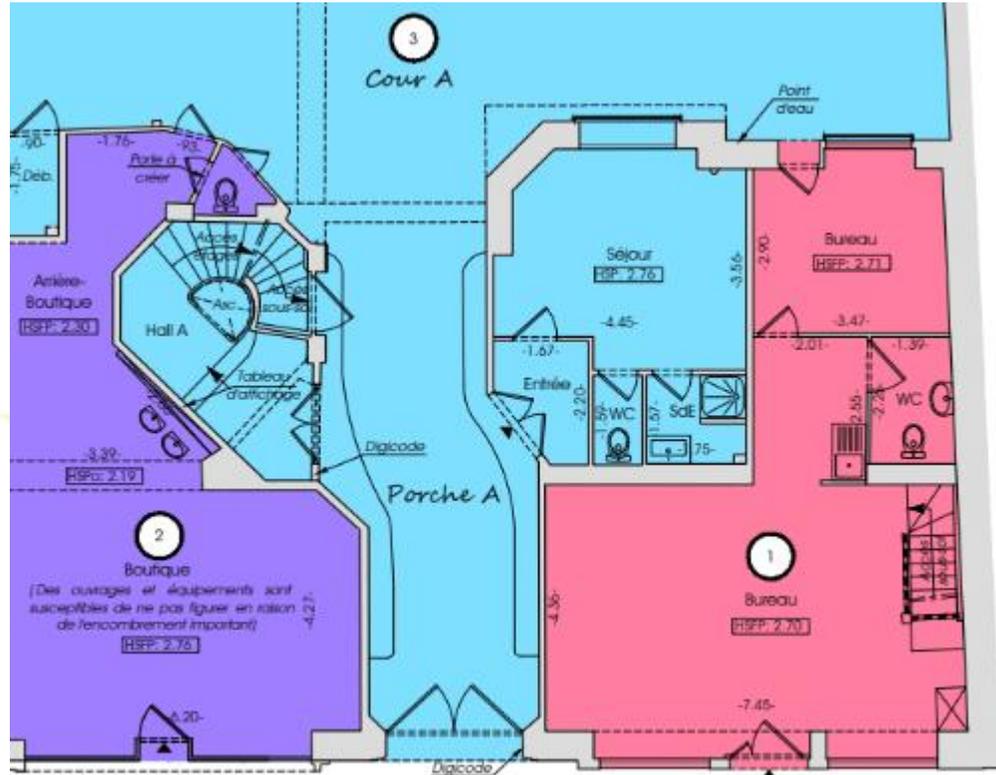
1<sup>er</sup> étage



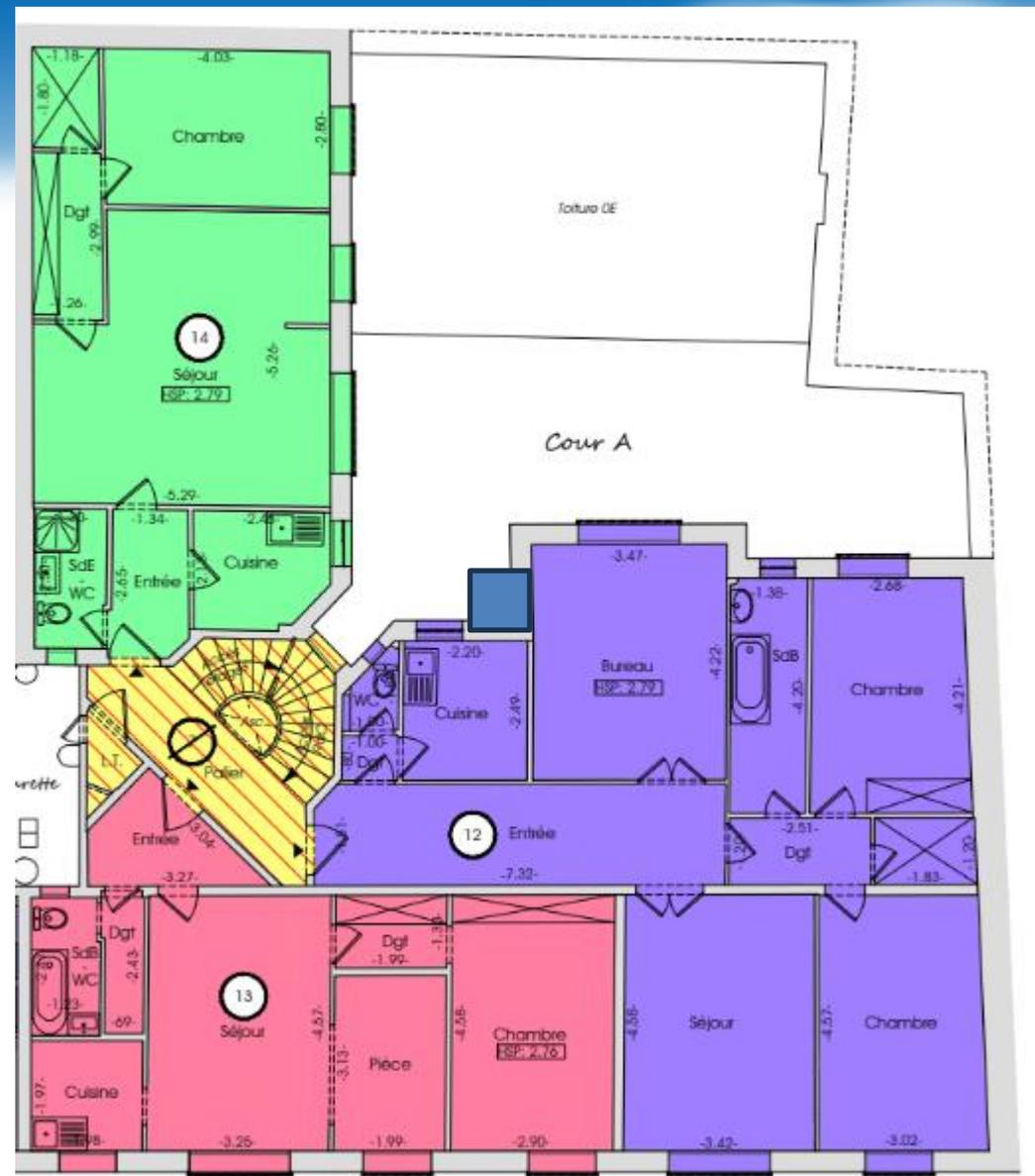
# ICC1 : Immeuble collectif patrimonial



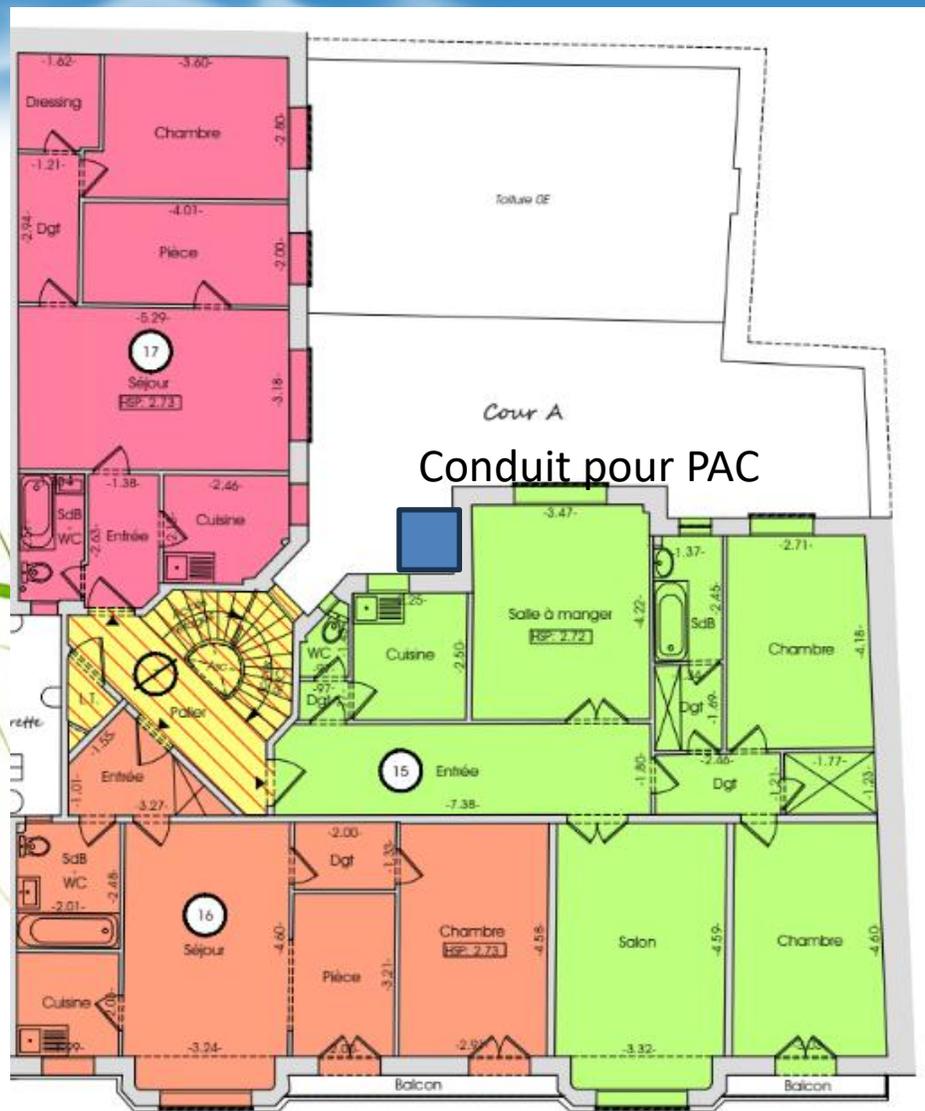
<b>SHAB</b>	<b>1449m<sup>2</sup></b>
Nb de logements	25
Nb d'étages	R+8
Année de construction	< 1948
Chauffage	Chaudières gaz collectives basse température
Murs	Pierres de taille
Baies	Bois simple vitrage
Toiture	Combles non isolée
Plancher bas	Non isolé sous porche et sous-sol
Puissance chauffage (kW)	331
Emplacement chaufferie	Sous-sol
Emplacement UE	Création d'un conduit dans la cour intérieure sur toute la hauteur de la façade



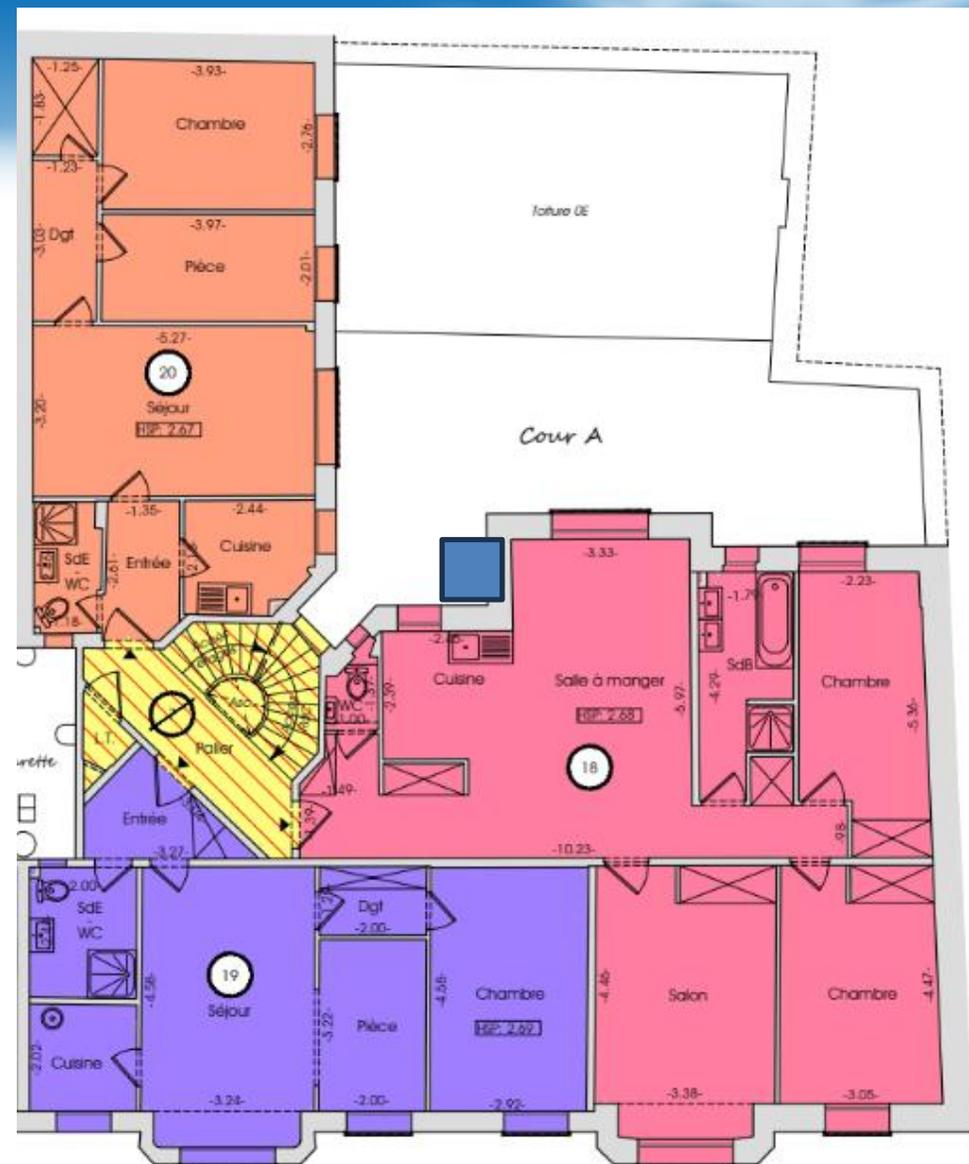
RDC



R+1



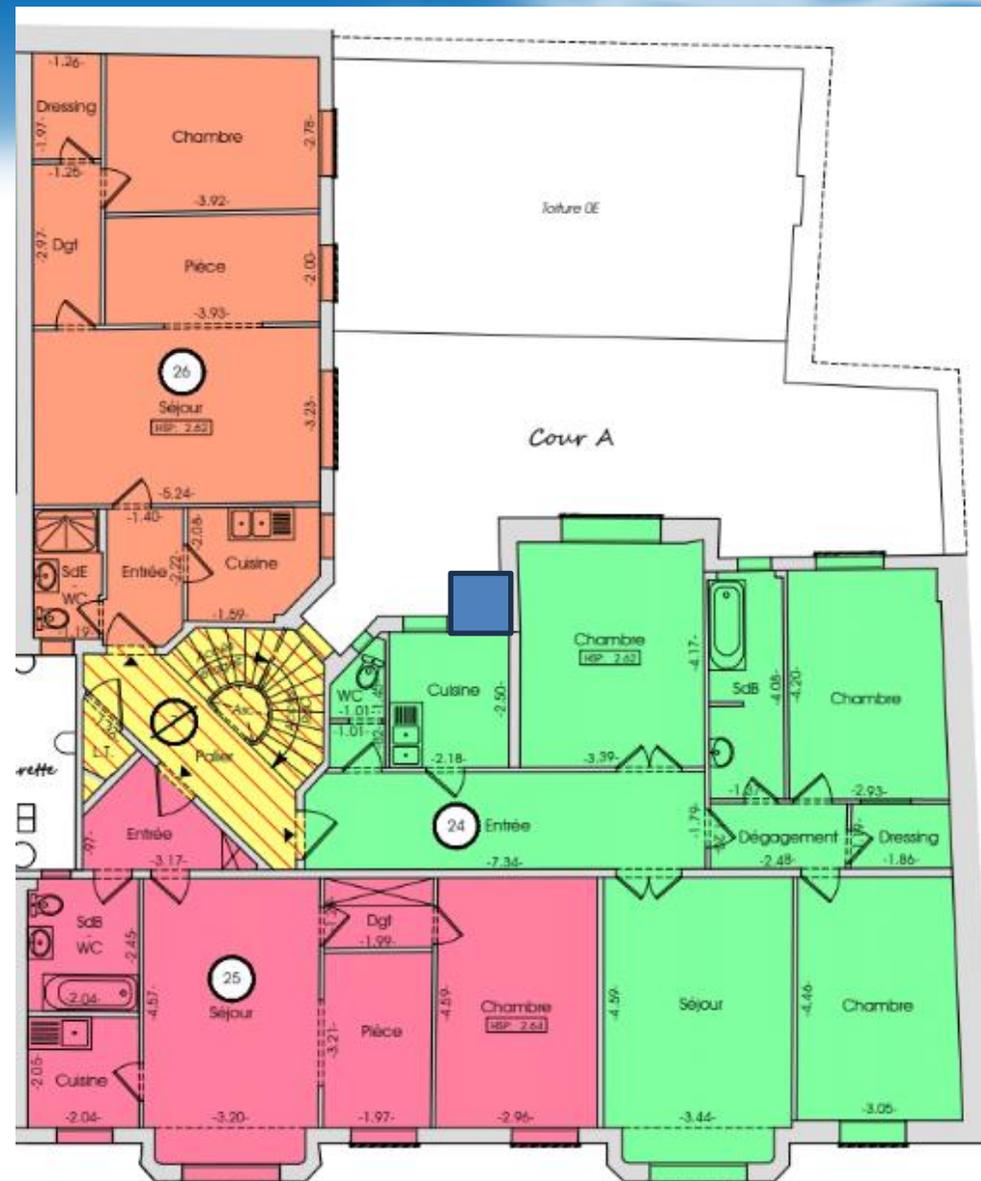
R+2



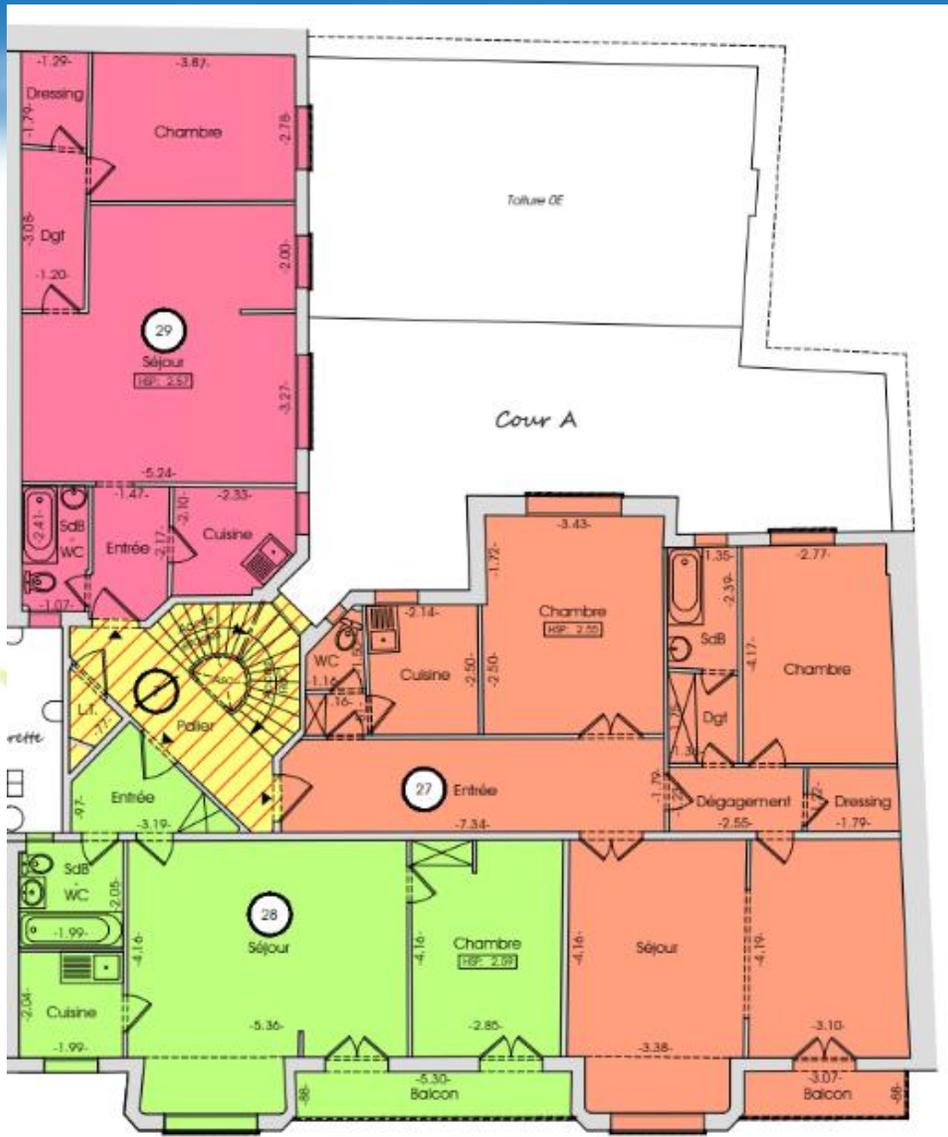
R+3



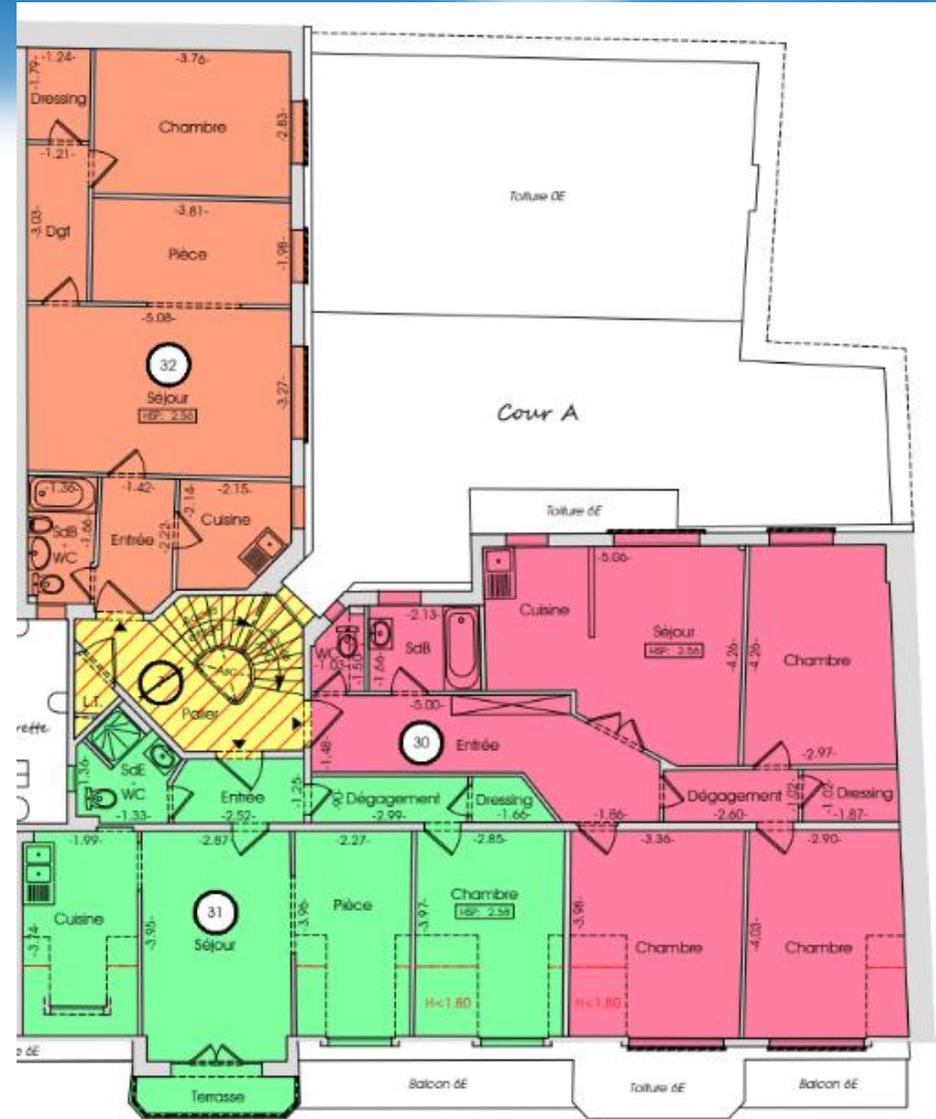
R+4



R+5



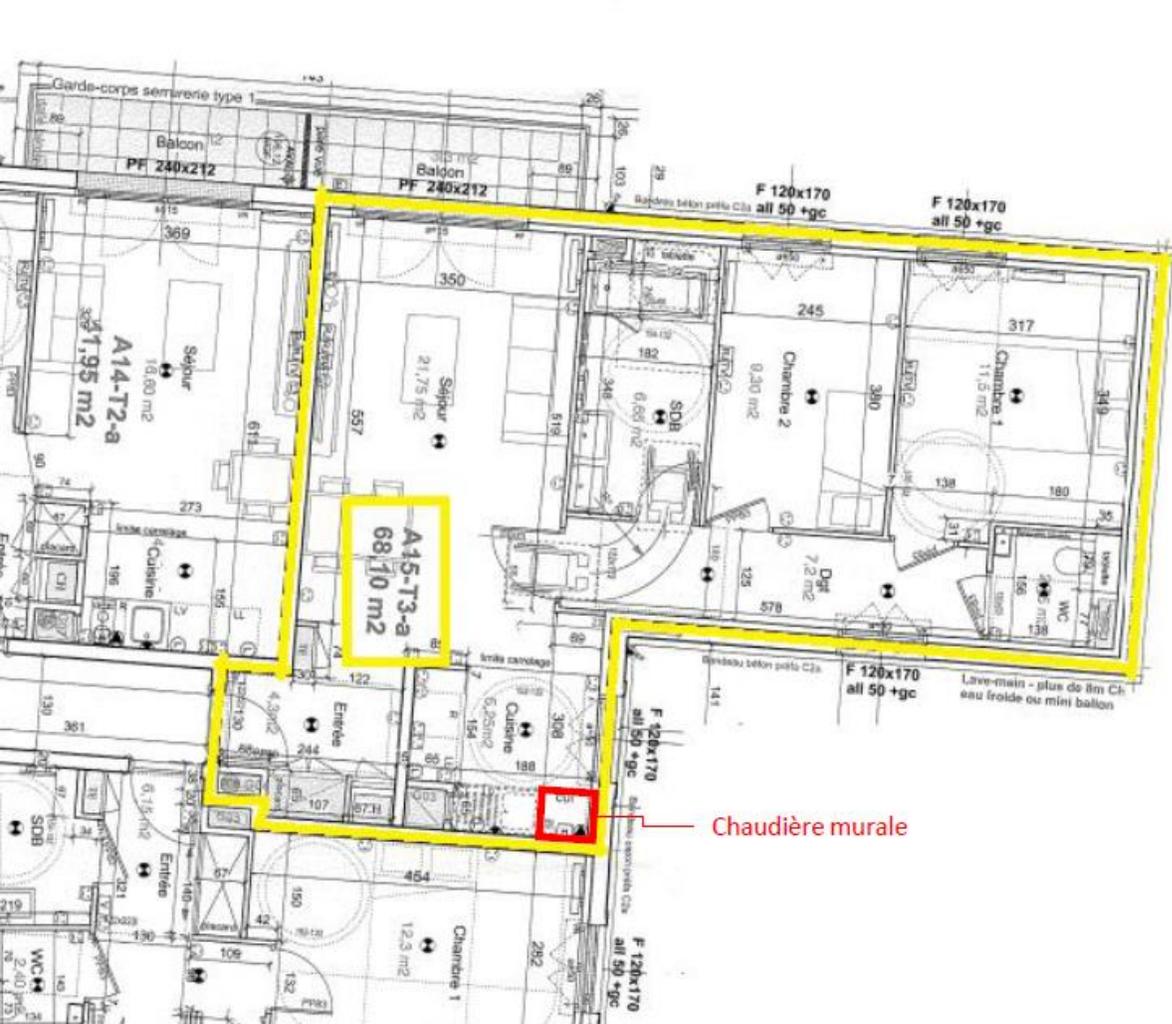
R+6



R+7



# ICI2 : Appartement avec chaudière gaz et balcon

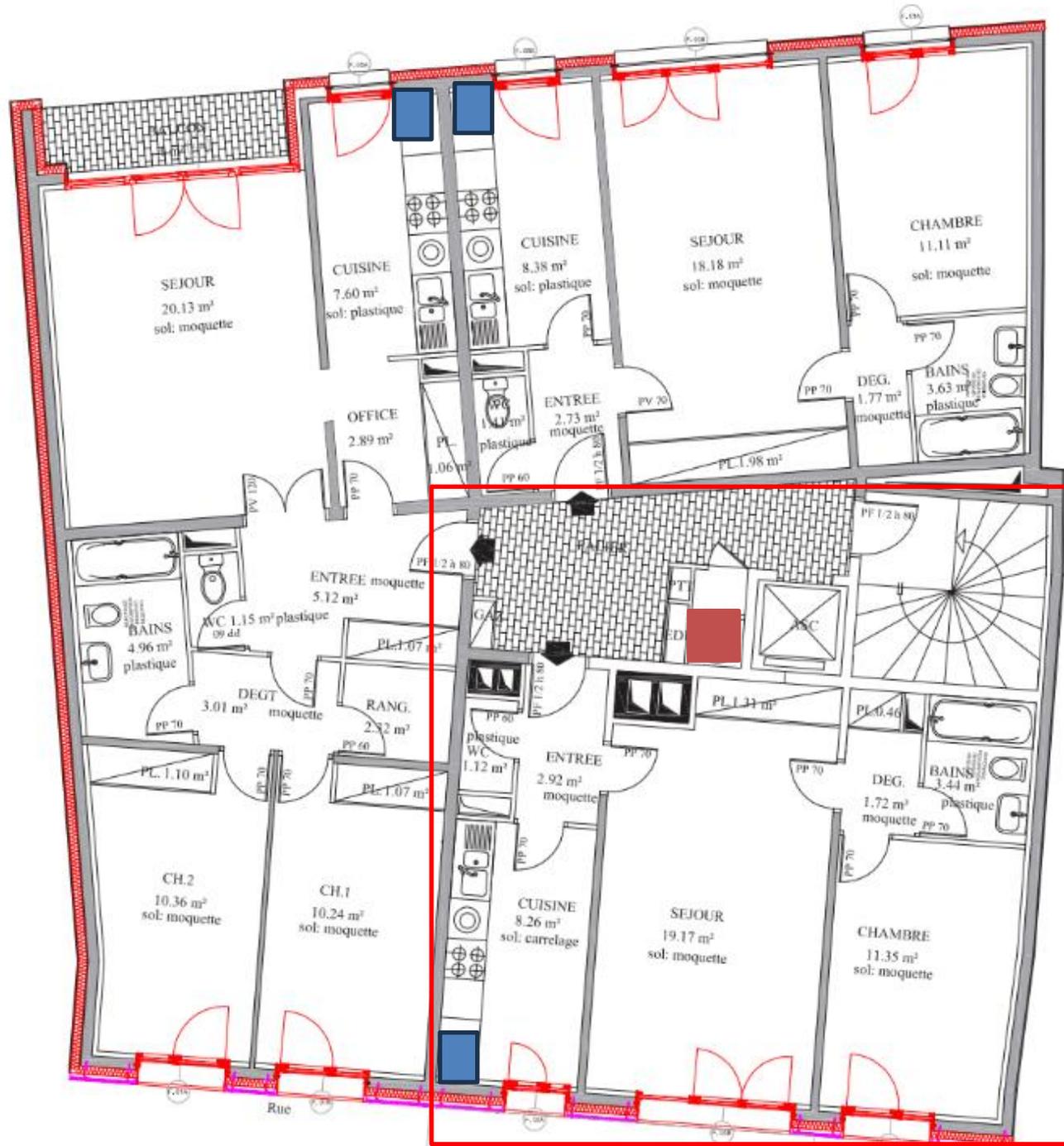


<b>SHAB</b>	<b>68m<sup>2</sup></b>
Nb de logements	1 ; T3
Nb d'étages	En étage intermédiaire
Chauffage	Chaudière gaz haut rendement ventouse
Année de construction	RT2012
Murs	Béton + ITI 10cm
Baies	PVC 4/16argon/4
Toiture	po
Plancher bas / sous-sol	po
Puissance chauffage (kW)	9
Emplacement chaudière	Cuisine
ECS	T3
Emplacement UE	Balcons

# ICI3 : Appartement avec chaudière gaz sans balcon



<b>SHAB</b>	<b>68m<sup>2</sup></b>
Nb de logements	17 (13F2 + 4F3)
Nb d'étages	R+3
Année de construction	Années 80
Chauffage	Chaudières gaz condensation ventouse
Murs	Béton + isolation 10cm
Baies	PVC 4/16argon/4
Toiture	Terrasse 10cm
Plancher bas/cave	po
Puissance chauffage (kW)	1T3 48m <sup>2</sup> = 9kW
Emplacement chaufferie	Sous-sol
Emplacement UE	En toiture terrasse





MI1

# Atouts et contraintes



	Chaudière condensation avec ballon intégré	PAC Air/Eau HT double service ECS	Pac Air/Eau (en conservant la chaudière comme relève de la pac)	Chaudière biomasse	PAC hybride	Chaudière électrique	Poele bois + radiateurs effet joule
Contraintes	Tubage inox à réaliser	Unité extérieure à l'arrière du jardin bruyante pouvant déranger les propriétaires et le voisinage. Nécessite de traverser la maison avec une liaison frigorifique jusqu'au jardin ---> Esthétique et complexité	Unité extérieure à l'arrière du jardin bruyante pouvant déranger les propriétaires et le voisinage. Nécessite de traverser la maison avec une liaison frigorifique jusqu'au jardin ---> Esthétique et complexité	Réserve de granulés à avoir à disposition et rechargement à effectuer ou création d'un local de stockage. Création d'un conduit d'évacuation des fumées	Unité extérieure à l'arrière du jardin bruyante pouvant déranger les propriétaires et le voisinage. Nécessite de traverser la maison avec une liaison frigorifique jusqu'au jardin ----> Esthétique et complexité	Augmentation de la puissance souscrite électrique, passage en triphasé	Positionner le poêle à bois dans une pièce de vie centrale du rez de chaussée, éloigné des flux d'air, avec une plaque de protection sur le sol. Réserve de bûches à avoir à disposition. Création d'un conduit d'évacuation des fumées Chauffe-eau thermodynamique (CET) volumineux et bruyant.
Perte de surface intérieure	0	1m <sup>2</sup> (PAC)	1m <sup>2</sup> (PAC)	5m <sup>2</sup> (silo + chaudière en sous-sol)	1m <sup>2</sup> (PAC hybride)	0	1 m <sup>2</sup> (poêle à bois) + 1 m <sup>2</sup> pour le CET
Autorisations administratives	Non nécessaire	Non nécessaire	Non nécessaire	Non nécessaire	Non nécessaire	Non nécessaire	Non nécessaire
Impact architectural / extérieur ex taille des UE	Aucun, chaudière en sous-sol	Unité extérieure à l'arrière du jardin de 1,7m*1m*0,6m	Unité extérieure à l'arrière du jardin de 1m*1,2m*0,5m	Création d'un conduit d'évacuation des fumées en toiture ou sur ventouse s'il n'y en a pas	Unité extérieure à l'arrière du jardin de 0,9m*0,6m*0,7m	Aucun, chaudière en sous-sol	Création d'un conduit d'évacuation des fumées en toiture s'il n'y en a pas, d'une ventouse pour le CET
Impact architectural / intérieur		PAC en console murale intérieure de 1,7m*0,5m*0,5m (ECS compris)	PAC en console murale intérieure de 1m*0,4m*0,3m	Aucun, chaudière en sous-sol (1,4m*0,8m*0,8m)	PAC hybride murale intérieure de 1,8m*0,6m*0,7m (ballon ECS de 120L intégré)	Aucun, chaudière en sous-sol de 0,4m*0,6m*0,3m (hors ECS)	Poêle dans une pièce de vie
Poids	35 kgs	226kg UE et 47kg PAC	136kg UE et 47kg PAC + chaudière en sous-sol d'environ 4 kg	Environ 300kg	92kg UE et 135kg PAC hybride	40 kg	200 kgs
Acoustique dB	45 dB intérieur	61dB en extérieur, Attention aux plaintes des voisins	51dB en extérieur, Attention aux plaintes des voisins	46 dB en intérieur	47 dB en intérieur	45 dB en intérieur	-
Augmentation puissance électrique souscrite	Aucune	6kVA	3 kVA	Aucune	3 kVA	24 kVA	24 kVA
Adéquation émetteurs existant		Non nécessaire (HT)	Des travaux d'isolation ayant été réalisés, les émetteurs pourront fonctionner à moyenne température	Non nécessaire (HT)	Des travaux d'isolation ayant été réalisés, les émetteurs pourront fonctionner à moyenne température	Non nécessaire (HT)	Remplacer par radiateurs à effet Joule

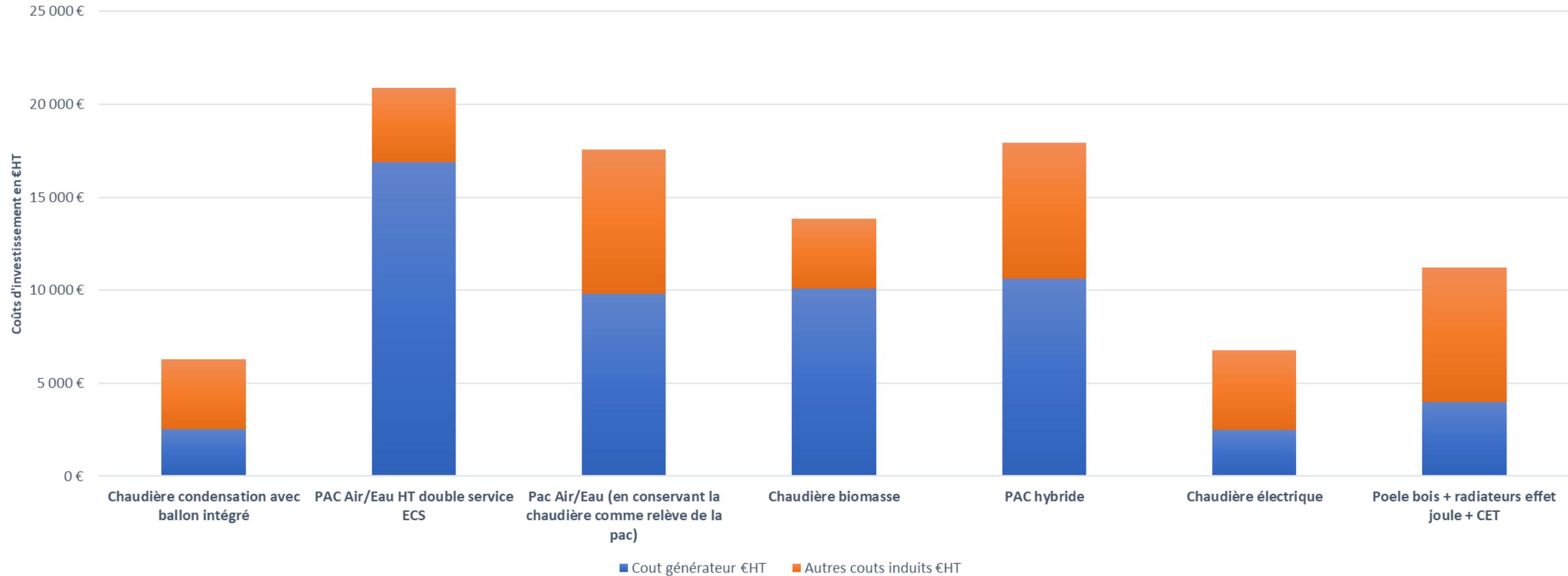
# Hypothèses de chiffrage



	Chaudière condensation avec ballon intégré	PAC Air/Eau HT double service ECS	Pac Air/Eau (en conservant la chaudière comme relève de la pac)	Chaudière biomasse	PAC hybride	Chaudière électrique	Poele bois + radiateurs effet joule
Chiffrage	Chaudière condensation + tubage inox + désembouage des émetteurs et robinets thermostatiques + raccords hydrauliques	PAC 20-25kW réversible + désembouage des émetteurs + robinets Th + coffrage + raccords hydrauliques + électricité disjoncteur et ligne + raccordement frigo	Pac 11 kW chaudière en relève de la chaudière actuelle + tubage inox + relève chaudière + désembouage des émetteurs et robinets thermostatiques + coffrage + raccords hydrauliques + électricité disjoncteur et ligne + raccordement frigo + mise en service	Chaudière biomasse + tubage inox + désembouage émetteurs et robinets thermostatiques + raccords hydrauliques	Pac 11 kW avec chaudière à condensation de 24kW en relève + tubage inox + désembouage des émetteurs + coffrage + raccords hydrauliques + électricité disjoncteur et ligne + raccordement frigo + mise en service + robinets thermostatiques	Chaudière électrique + désembouage émetteurs et robinets thermostatiques + raccords hydrauliques + électricité disjoncteur et ligne + passage triphasé	Poele bois + tubage inox + 6 radiateurs effet joule + CET + ventouse/façade

*Les émetteurs sont conservés car des travaux d'isolation ont été réalisés et permettent un fonctionnement à moyenne température.*

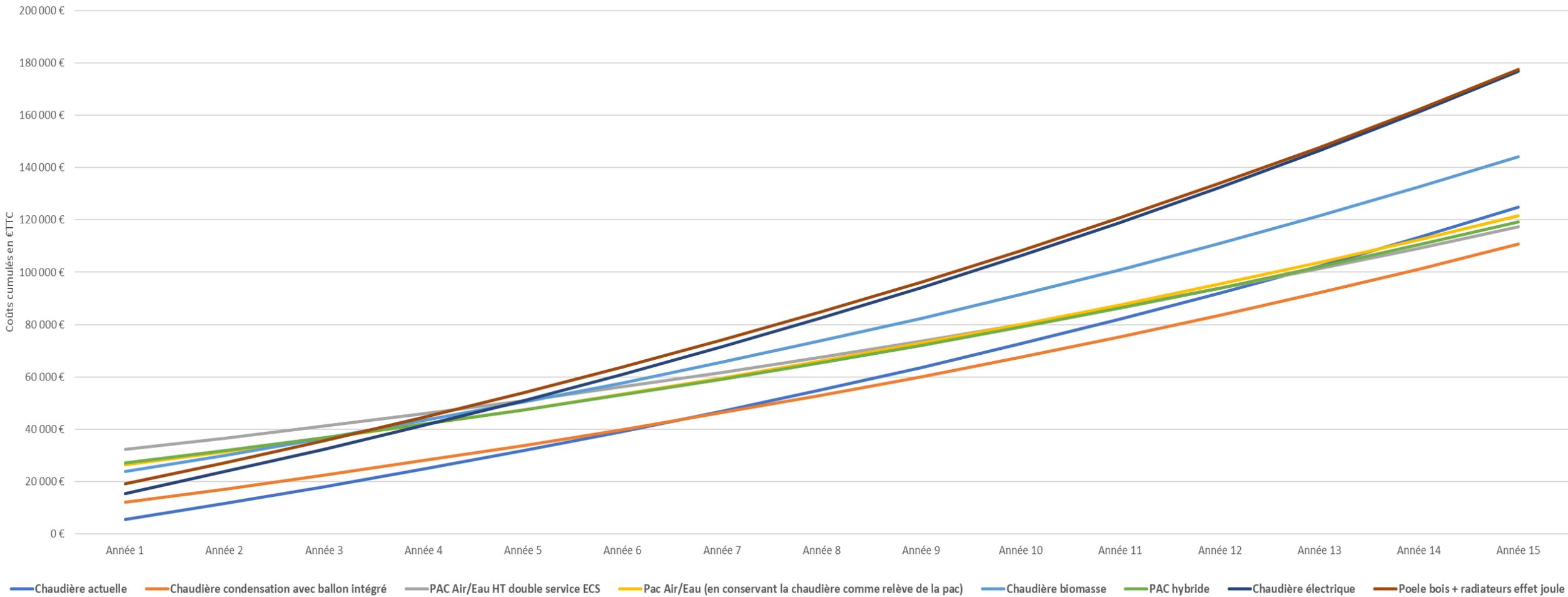
# Coûts d'investissement selon les systèmes énergétiques



# Coûts cumulés sans aides financières



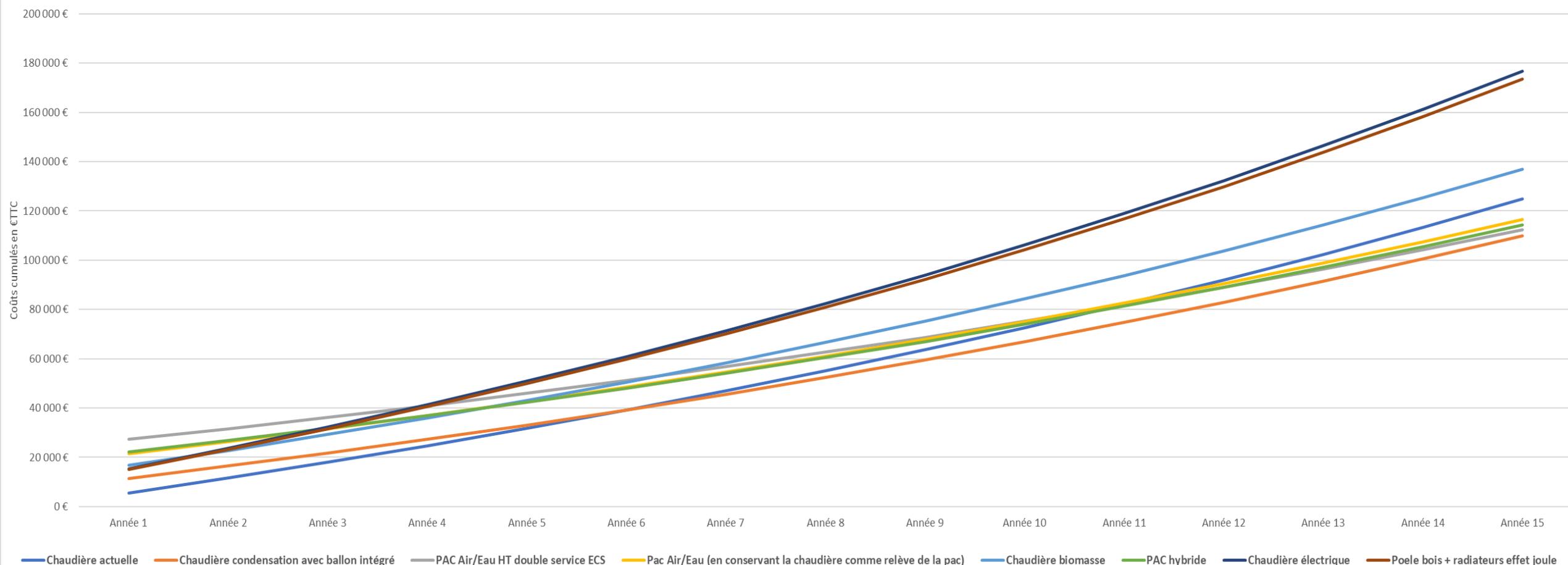
Coûts cumulés €TTC sur 15ans hors aides financières



# Coûts cumulés avec aides financières



Coûts cumulés €TTC sur 15ans avec aides financières



# En synthèse



- La puissance de chauffage nécessaire (hors ECS) est élevée, 21kW, malgré quelques anciens travaux d'isolation (combles et fenêtres), l'offre industrielle pour ces gammes de puissance est réduite.
- La solution PAC air/eau est la plus onéreuse à l'investissement avec ou sans aides financières sauf décision d'un dispositif de soutien exceptionnel.
- Pour les solutions PAC, l'installation de l'unité extérieure peut être placée dans le jardin arrière mais attention, cela nécessitera un capotage acoustique car les maisons avoisinantes sont très proches.
- En raison des consommations énergétiques importantes et des charges énergétiques limitées en PAC air/eau sur la base des tarifs électriques actuels, la solution devient intéressante en coûts cumulés au bout de 15 ans, même si la chaudière gaz condensation reste la plus économique.
- La solution PAC hybride s'avère également compétitive en coûts cumulés et permet ainsi de limiter la puissance électrique et le passage en triphasé par la présence de l'appoint gaz.
- Les solutions les moins onéreuses à l'investissement sont les solutions de chauffage effet joule (chaudière électrique et radiateurs effet joule +CET), même si les charges énergétiques s'avèrent importantes par la suite. Ces solutions nécessitent de passer en alimentation électrique triphasée.



MI2

# Atouts et contraintes



	Chaudière condensation avec ballon intégré	PAC Air/Eau HT double service ECS	Pac Air/Eau (en conservant la chaudière comme relève de la pac)	Chaudière biomasse	PAC hybride	Poele bois + radiateurs effet joule + CET
Contraintes	Tubage inox à réaliser	Augmentation de la puissance souscrite. Unité extérieure à l'arrière du jardin bruyante pouvant déranger les propriétaires et le voisinage.	Augmentation de la puissance souscrite. Unité extérieure à l'arrière du jardin bruyante pouvant déranger les propriétaires et le voisinage.	Réserve de granulés à avoir à disposition et rechargement à effectuer. Création d'un conduit d'évacuation des fumées si non existant.	Unité extérieure à l'arrière du jardin bruyante pouvant déranger les propriétaires et le voisinage. Nécessite de traverser la maison avec une liaison frigorifique jusqu'au jardin ---> Esthétique et complexité	Augmentation de la puissance souscrite et passage en triphasé. Positionner le poêle à bois dans une pièce de vie centrale du rez de chaussée, éloigné des flux d'air, avec une plaque de protection sur le sol. Réserve de bûches à avoir à disposition. Création d'un conduit d'évacuation des fumées si non existant. CET volumineux et bruyant.
Perte de SHAB	0	1m <sup>2</sup> (PAC)	1m <sup>2</sup> (PAC)	5m <sup>2</sup> (silo + chaudière en sous-sol)	1m <sup>2</sup> (PAC hybride)	1 m <sup>2</sup> (poêle à bois)
Autorisations copropriétés	Non nécessaire	Non nécessaire	Non nécessaire	Non nécessaire	Non nécessaire	Non nécessaire
Impact architectural / extérieur ex taille des UE	Aucun, chaudière en sous-sol	Unité extérieure à l'arrière du jardin de 1,7m*1m*0,6m	Unité extérieure à l'arrière du jardin de 1m*1,2m*0,5m	Création d'un conduit d'évacuation des fumées en toiture ou sur ventouse s'il n'y en a pas	Unité extérieure à l'arrière du jardin de 0,9m*0,6m*0,7m	Création d'un conduit d'évacuation des fumées en toiture ou ventouse s'il n'y en a pas, d'un conduit pour la PAC du CET
Impact architectural / intérieur		PAC en console murale intérieure de 1,7m*0,5m*0,5m (ECS compris)	PAC en console murale intérieure de 0,8m*0,6m*0,4m	Aucun, chaudière en sous-sol (1,4m*0,8m*0,8m)	Pac hybride en console murale de 1,8m*0,6m*0,7m (ballon ECS de 120 L intégré)	Poêle dans une pièce de vie
Poids	35 kgs	226kg UE et 80kg PAC	145kg UE et 47kg PAC (chaudière en sous-sol de 40kg environ)	Environ 300kg	92kg UE et 135kg PAC hybride	200 kgs poêle à bois
Acoustique	45 dB en intérieur	63dB en extérieur, Attention aux plaintes des voisins	58dB en extérieur, Attention aux plaintes des voisins	46 dB en intérieur	48dB en extérieur	-
Augmentation puissance électrique souscrite	Aucune	6kVA	3 kVA	Aucune	3 kVA	24 kVA

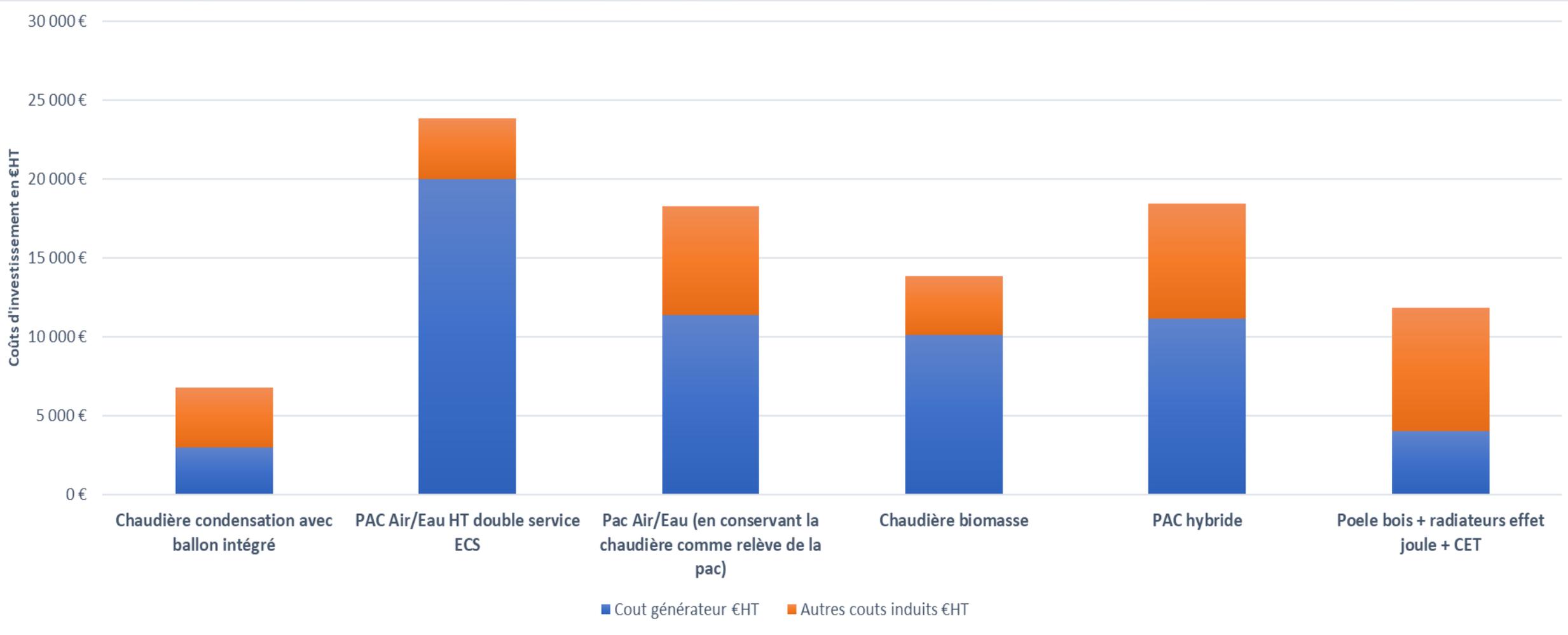
# Hypothèses de chiffrage



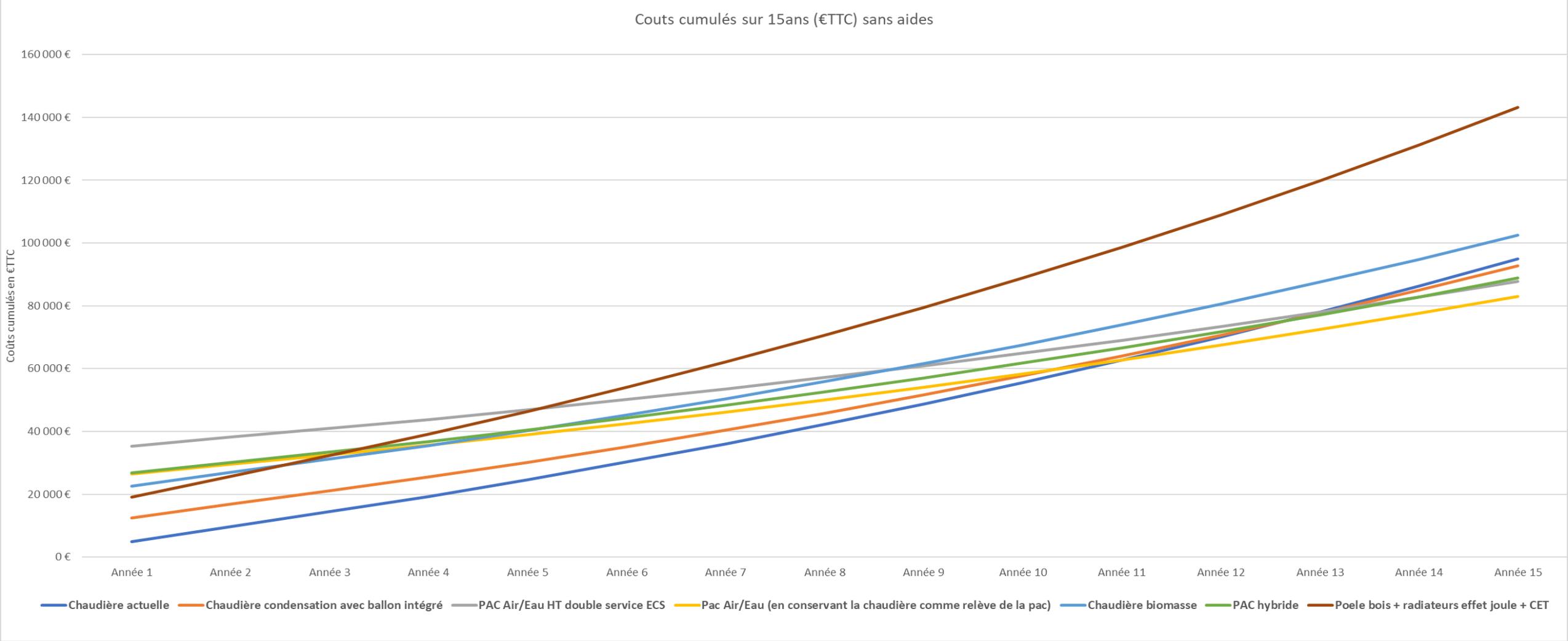
	Chaudière condensation avec ballon intégré	PAC Air/Eau HT double service ECS	Pac Air/Eau (en conservant la chaudière comme relève de la pac)	Chaudière biomasse	PAC hybride	Poele bois + radiateurs effet joule + CET
Chiffrage	Chaudière condensation + tubage inox + desembouage des émetteurs et robinets thermostatiques + raccordements hydrauliques	PAC 25-32kW réversible + desembouage des émetteurs + robinets thermostatiques + coffrage + raccordements hydrauliques + électricité disjoncteur et ligne + raccordement frigo	Pac 14 kW chaudière en relève de la chaudière actuelle + tubage inox + relève chaudière + desembouage des émetteurs et robinets thermostatiques + coffrage + raccordements hydrauliques + électricité disjoncteur et ligne + raccordement frigo	Chaudière biomasse + tubage inox + desembouage émetteurs et robinets thermostatiques + raccordements hydrauliques	Pac 14 kW avec chaudière à condensation de 24kW en relève + tubage inox + desembouage des émetteurs + coffrage + raccordements hydrauliques + électricité disjoncteur et ligne + raccordement frigo + robinets thermostatiques	Poele bois + tubage inox + 6 radiateurs effet joule + CET + ventouse/façade

*Les émetteurs sont conservés car des travaux d'isolation ont été réalisés et permettent un fonctionnement à moyenne température.*

# Coûts d'investissement selon les systèmes énergétiques



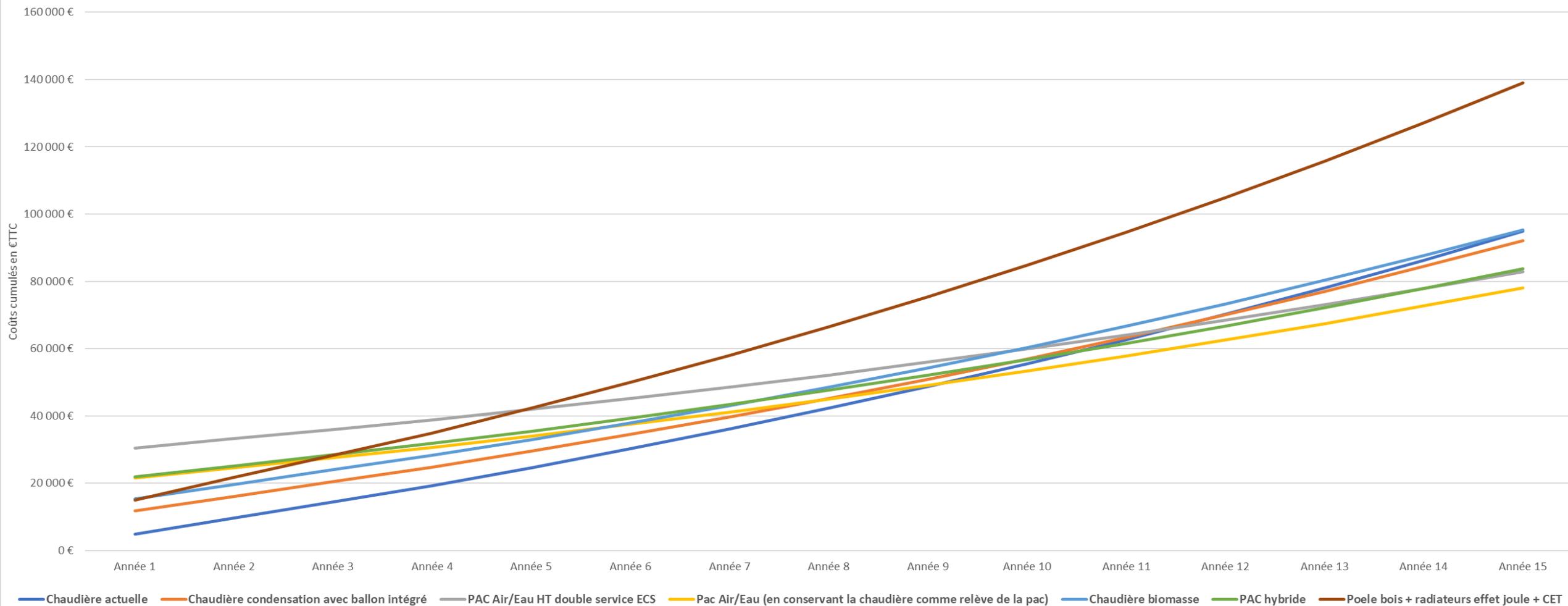
# Couts cumulés sans aides financières



# Coûts cumulés avec aides financières



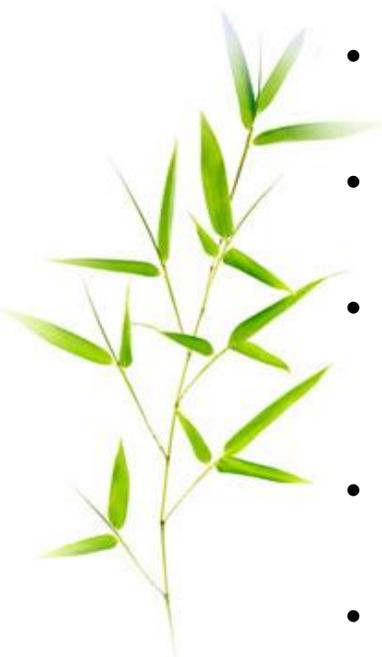
Coûts cumulés sur 15ans (€TTC) avec aides



# En synthèse



- Les constats sont assez similaires à celles de la MI1.
- La puissance de chauffage nécessaire (hors ECS) est élevée, 28kW, malgré quelques anciens travaux d'isolation (combles et fenêtres), l'offre industrielle pour ces gammes de puissance est réduite.
- La solution PAC air/eau est la plus onéreuse à l'investissement avec ou sans aides financières sauf décision d'un dispositif de soutien exceptionnel..
- Pour les solutions PAC air/eau , l'installation de l'unité extérieure peut être placée dans le jardin arrière mais attention, cela nécessitera un capotage acoustique car les maisons avoisinantes sont proches.
- En raison des consommations énergétiques importantes et des charges énergétiques limitées en PAC air/eau sur la base des tarifs électriques actuels, la solution devient intéressante en coûts cumulés au bout de 15ans, même si la chaudière gaz condensation reste la plus économique.
- La solution PAC hybride s'avère également compétitive en couts cumulés et permet ainsi de limiter la puissance électrique et le passage en triphasé par la présence de l'appoint gaz.
- Les solutions les moins onéreuses à l'investissement sont les solutions chauffage effet joule (radiateurs effet joule +CET), même si les charges énergétiques s'avèrent importantes par la suite. Ces solutions nécessitent de passer en alimentation électrique triphasée.





MI3

# Atouts et contraintes

	Remplacement en fin de vie Chaudière condensation avec ballon intégré	PAC Air/Eau HT double service ECS	PAC hybride	Chaudière biomasse	Poele bois + radiateurs effet joule + CET
Contraintes	Le tubage EVAPDC n'est pas nécessaire car le bâtiment est récent et a déjà fait l'objet d'un tubage	Augmentation de la puissance souscrite. Unité extérieure à l'arrière du jardin ou sur le balcon bruyante pouvant déranger les propriétaires et le voisinage. Nécessite de traverser la maison avec une liaison frigorifique estimée à 10 ml jusqu'au jardin ---> Esthétique et complexité	Augmentation de la puissance souscrite. Unité extérieure à l'arrière du jardin ou sur le balcon bruyante pouvant déranger les propriétaires et le voisinage. Nécessite de traverser la maison avec une liaison frigorifique estimée à 10 ml jusqu'au jardin ---> Esthétique et complexité.	Réserve de granulés à avoir à disposition et rechargement à effectuer. Création d'un conduit d'évacuation des fumées si non existant. Très contraignant sans sous-sol ou local technique.	Augmentation de la puissance souscrite et passage en triphasé. Positionner le poêle à bois dans une pièce de vie centrale du rez de chaussée, éloigné des flux d'air, avec une plaque de protection sur le sol. Réserve de bûches à avoir à disposition. Création d'un conduit d'évacuation des fumées si non existant. CET volumineux et bruyant.
Perte de SHAB nulle car remplacement de l'emplacement de la chaudière ou poêle qui prend le même espace après enlèvement de la chaudière	0	1 m <sup>2</sup> (PAC hybride) mais enlèvement de la chaudière en surface habitable	1 m <sup>2</sup> (PAC)	5m <sup>2</sup> (silo + chaudière en intérieur) : semble irréalisable	1 m <sup>2</sup> pour le poêle mais enlèvement de la chaudière en surface habitable
Autorisations copropriétés	Non nécessaire	Non nécessaire	Non nécessaire	Non nécessaire	Non nécessaire
Impact architectural / extérieur ex taille des UE	Aucune	Unité extérieure à l'arrière du jardin de 1m*1,2m*0,5m	Unité extérieure à l'arrière du jardin de 1m*1,2m*0,5m	Création d'un conduit d'évacuation des fumées en toiture ou sur ventouse s'il n'y en a pas	Création d'un conduit d'évacuation des fumées en toiture ou ventouse s'il n'y en a pas, d'un conduit pour la PAC du CET
Impact architectural / intérieur	Chaudière de dimensions 0,7m*0,4m*0,3m remplaçant l'ancienne	PAC en console murale intérieure de 1,7m*0,6m*0,5m (ECS compris) plus volumineuse que la chaudière initiale et raccords frigorifiques longs	PAC en console murale intérieure de 1m*0,4m*0,3m Chaudière 0,7m*0,4m*0,3m	Chaudière au sol de dimensions 1,2m*0,6m*0,8m + silo	Poêle dans une pièce de vie et CET volumineux
Poids	29 kgs	226kg UE et 80kg PAC	145kg UE et 47kg PAC + 40kgs chaudière	200kg environ	200 kgs poêle
Acoustique	48 dB	51	58	46 dB	-
Augmentation puissance électrique souscrite	Aucune	6kVA	3 kVA	Aucune	24 kVA
Adéquation émetteurs existant	Emetteurs adaptés	Non nécessaire (HT)	Non nécessaire (HT)	Emetteurs adaptés	Remplacer par radiateurs à effet Joule



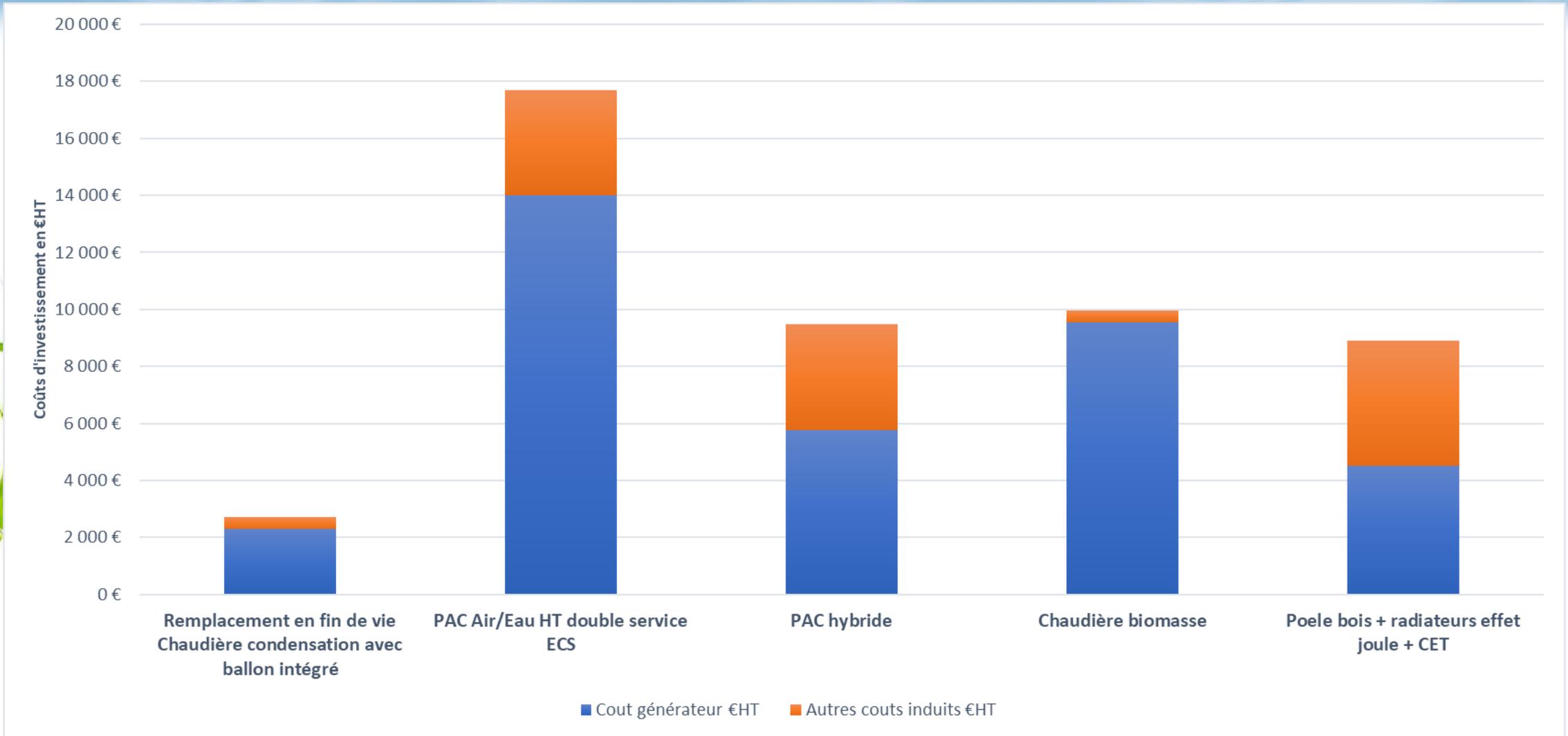
# Hypothèses de chiffrage



	Remplacement en fin de vie Chaudière condensation avec ballon intégré	PAC Air/Eau HT double service ECS	PAC hybride	Chaudière biomasse	Poele bois + radiateurs effet joule + CET
Chiffrage	Chaudière condensation + raccordements hydrauliques	PAC 11kW réversible + coffrage + raccordements hydrauliques + électricité disjoncteur et ligne + raccordement frigo long avec jardin	Pac 3 kW avec chaudière à condensation de 12kW en relève + coffrage + raccordements hydrauliques + électricité disjoncteur et ligne + raccordement frigo long avec jardin + robinets thermostatiques	Chaudière biomasse + raccordements hydrauliques	Poele bois + tubage inox + 6 radiateurs effet joule + CET + ventouse/façade + raccordement frigo long avec UE CET

*Les émetteurs sont conservés comme ils sont récents, et ils sont adaptés pour un fonctionnement en PAC air/eau comme conçu pour une chaudière condensation.*

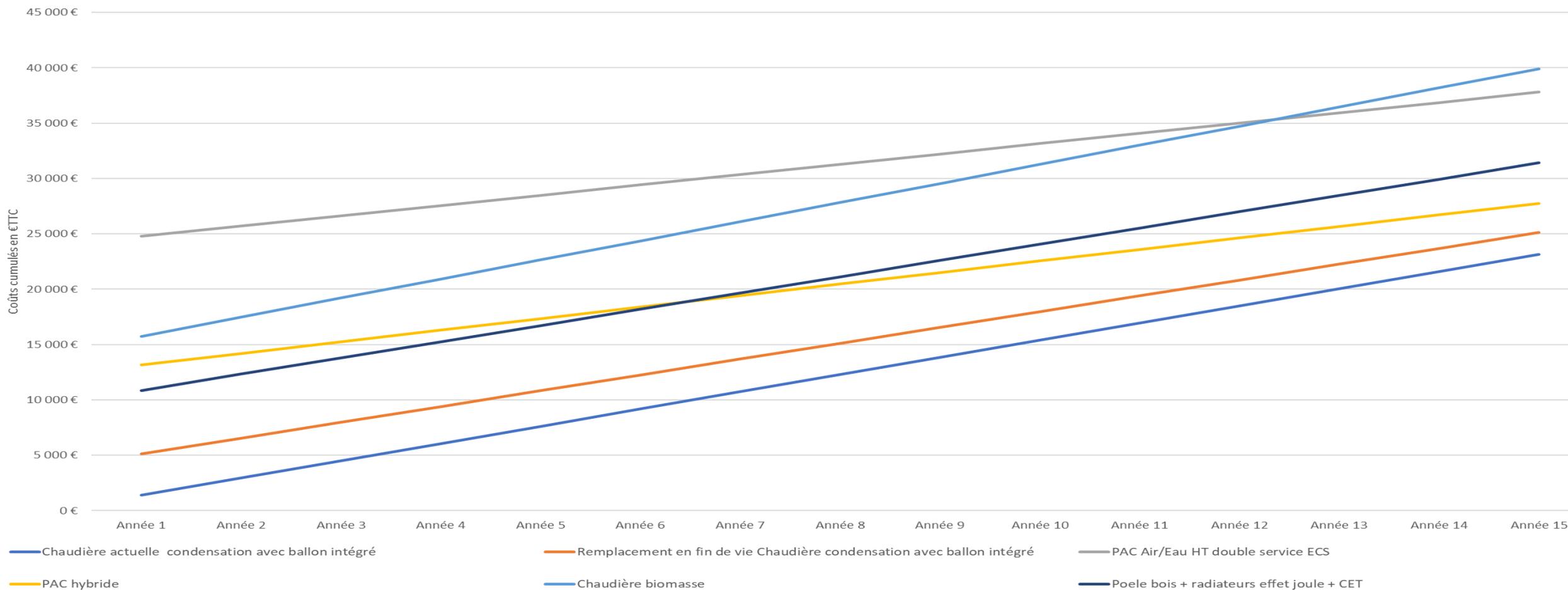
# Coûts d'investissement selon les systèmes énergétiques



# Couts cumulés sans aides financières



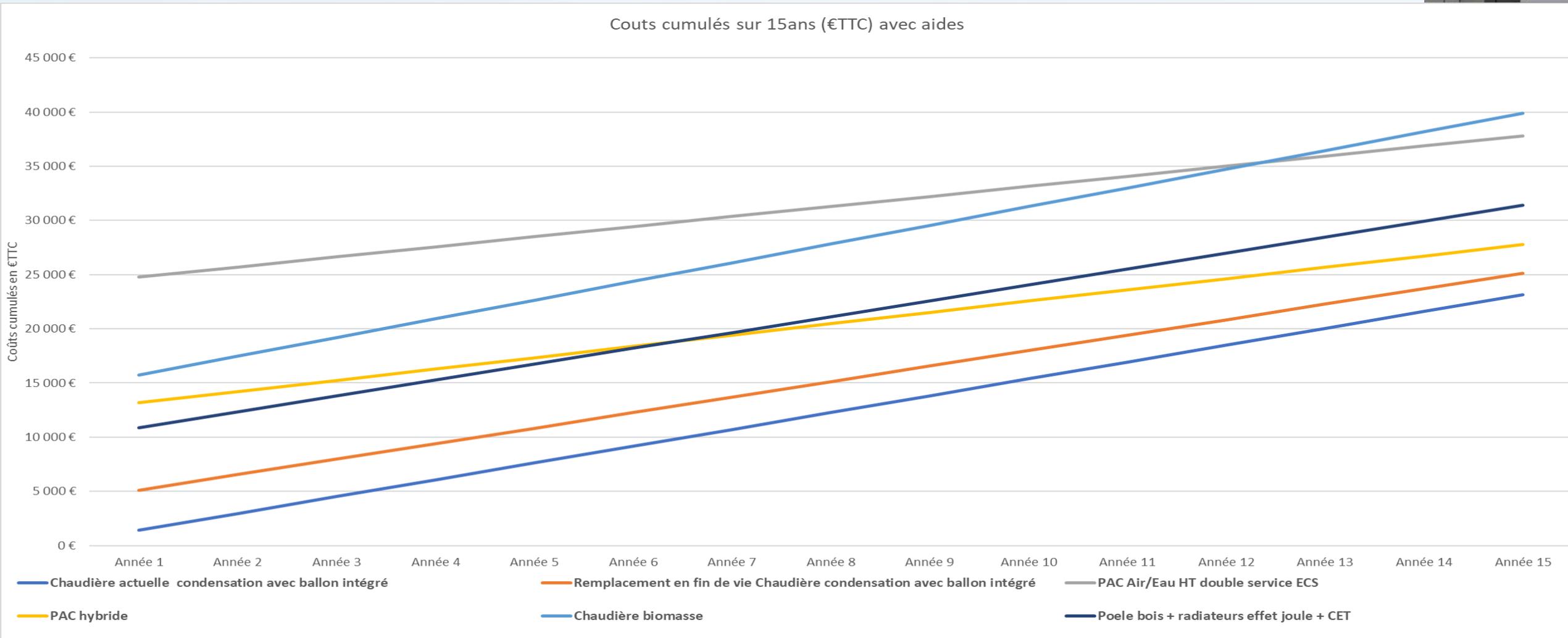
Couts cumulés sur 15ans (€TTC) sans aides



# Coûts cumulés avec aides financières



Coûts cumulés sur 15ans (€TTC) avec aides



# En synthèse



- La solution PAC air/eau est la plus onéreuse à l'investissement avec ou sans aides financières et également en coûts cumulés sauf décision d'un dispositif de soutien exceptionnel.
- En effet, la maison étant récente, les consommations de chauffage sont faibles et le surcout de la PAC air/eau ne permet pas d'être compensé par les économies de charges.
- Pour les solutions PAC air/eau, sur le cas présenté, il est possible d'installer l'unité extérieure dans le jardin arrière mais attention, cela nécessitera un capotage acoustique pour éviter les nuisances pour les occupants.
- Après le remplacement d'une chaudière gaz condensation à l'identique, les solutions les moins onéreuses à l'investissement sont les solutions chaudière électrique et poêle bois + radiateurs effet joule + CET, les charges énergétiques sont d'ailleurs limitées par la suite en raison des faibles consommations de chauffage.
- En coûts cumulés sur 15ans, la PAC Hybride est l'investissement le plus intéressant en comparaison du remplacement par une chaudière THPE.
- L'interdiction de remplacement par une chaudière gaz conduirait à remplacer de manière privilégiée par un système effet joule.
- Dans un certain nombre de cas, les maisons accolées présenteront les mêmes difficultés que les immeubles collectifs résidentiels avec chaudière individuelle (emplacement de l'unité extérieure de la PAC, eau chaude sanitaire instantanée, ...)



# EN MAISON

# En maison

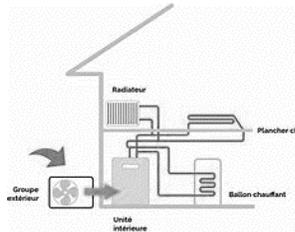
Le remplacement des chaudières gaz en maison individuelle s'avère souvent techniquement possible, même s'il y a des précautions :



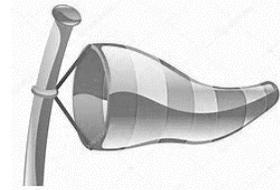
Limitier les nuisances sonores pour les voisins et les occupants



Intégration esthétique



Limitier les longueurs entre des liaisons frigorifiques entre UE et chaufferie



UE ne doit pas être face au vent



Coût d'investissement élevé

- Il y a un paradoxe car le remplacement de chaudières gaz par des pompes à chaleur s'avère intéressant d'un point de vue calculatoire en termes de coûts cumulés lorsque les consommations énergétiques sont importantes (amortissement des surcoûts d'investissement). L'installation d'une PAC air-eau dans une maison déperditive implique une puissance et donc un coût d'investissement important, et aussi le passage en courant triphasé.
- *NB : Bien que souvent la démarche administrative ne soit pas réalisée, il est aussi nécessaire de déposer une déclaration préalable de travaux compte tenu que l'on intervient sur l'aspect visuel de l'extérieur de la maison y compris lorsque l'UE est au sol dans le jardin à l'arrière.*

# En maison

Dès que la maison est neuve ou a fait l'objet d'une rénovation globale, les besoins de chauffage sont faibles, les économies de charges énergétiques ne permettent pas de compenser le surcout d'investissement avec ou sans aides.

**L'interdiction de remplacement de chaudière gaz risque donc d'inciter à mettre en place des systèmes électriques directs type effet joule.**

Cela présente une aberration car cela augmentera les factures d'énergie. De plus, cela demande la souscription d'une puissance électrique encore plus importante qu'avec une PAC air-eau.

La motivation de remplacement par une PAC air/eau pourrait sinon être liée à la fonction rafraîchissement en ces périodes de réchauffement climatique.

En termes de couts cumulés, même avec une inflation annuelle de 5% sur le prix des énergies, la solution gaz condensation s'avère la plus économique.





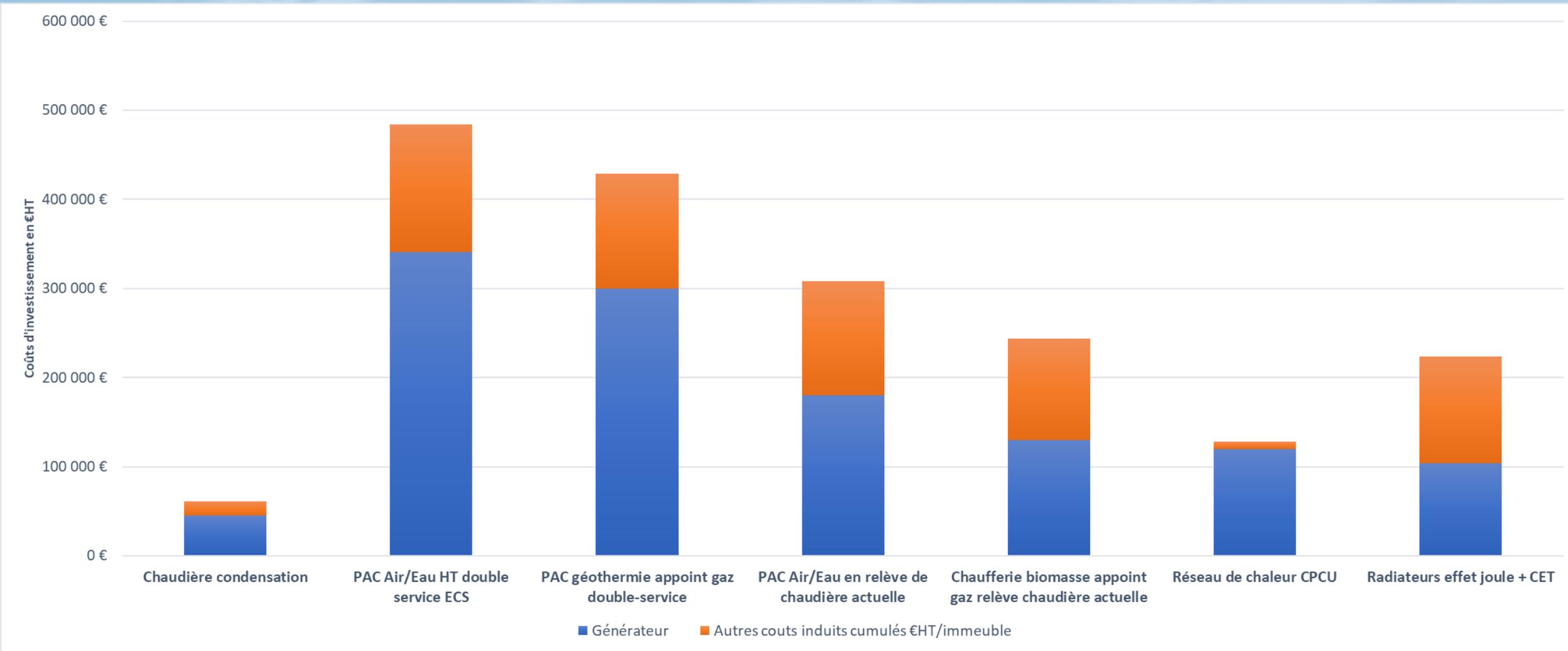
# ICC1

# Atouts et contraintes



	Chaudière condensation	PAC Air/Eau HT double service ECS	PAC géothermie appoint gaz double-service	PAC Air/Eau en relève de chaudière actuelle	Chaufferie biomasse appoint gaz relève chaudière actuelle	Réseau de chaleur CPCU	Radiateurs effet joule + CET
Contraintes	Le tubage EVAPDC n'est pas nécessaire car le bâtiment dispose déjà d'un tubage	Unité extérieure dans la cour de l'immeuble impossible pour des questions esthétiques (périmètre classés) et acoustiques --> implantation des toitures en sous-sol donc achat de surface. En dehors d'un périmètre classé, une solution aurait été de placer les UE en toiture (cout très important)	Il faut que le site dispose d'une nappe !! Accès au forage sur cour pas facile	Unité extérieure dans la cour de l'immeuble impossible pour des questions esthétiques (périmètre classés) et acoustiques --> implantation des toitures en sous-sol donc achat de surface. En dehors d'un périmètre classé, une solution aurait été de placer les UE en toiture (cout très important)	Réserve de granulés / silo à créer à proximité de la chaufferie. Création d'un conduit d'évacuation des fumées supplémentaire pour la chaudière biomasse	Aucune à condition que le RCU soit à proximité	! intégration des ventouses pour les CET en façade compliqués en raison du caractère patrimoniale CET volumineux et bruyant.
Perte de surface	0	30m <sup>2</sup> pour implanter les unités extérieures	30m <sup>2</sup> pour implanter la/les PAC(s)	30m <sup>2</sup> pour implanter la/les PAC(s)	30m <sup>2</sup> pour implanter la/les chaudière(s) biomasse et local silo	0	25*1 m <sup>2</sup> (CET)
Autorisations	aucune	Ville/ABF pour tubage et copropriété/achat caves	Administrative pour forage et copropriété/achat caves	Ville/ABF pour tubage et copropriété/achat caves	Ville/ABF pour tubage et copropriété/achat caves	aucun	ABF et copropriété : percement des ventouses en façades
Impact architectural / extérieur ex taille des UE	Aucun, chaudière en sous-sol	Conduit / façade sur cour apparent		Conduit / façade sur cour apparent	Conduit / façade sur cour apparent	aucun	Percement des ventouses en façade
Impact architectural / intérieur	aucun	! Soit remplacement des radiateurs existants soit PAC haute température	! Soit remplacement des radiateurs existants soit pAC haute température	! Soit remplacement des radiateurs existants soit pAC haute température	aucun	aucun	dépose des anciens radiateurs pour les remplacer par des radiateurs effet Joule
Unités extérieures	aucun	8 x (1450m x 2330m x 1300m)	Forage si nappe disponible	4x(1920mx1920mx1110m)		aucun	si percement ventouse en façade pas possible, UE pour chaque appartement compliqué
Acoustique	aucun	Nécessite une isolation acoustique des Cave		Nécessite une isolation acoustique des Cave		aucun	aucun
Augmentation puissance électrique souscrite	Aucune	Attention, passage en triphasé indispensable et augmentation de la puissance souscrite +400kVA --> demande Enedis bloc transformateur ?	Attention, passage en triphasé indispensable et augmentation de la puissance souscrite +400kVA --> demande Enedis bloc transformateur ?	Attention, passage en triphasé indispensable et augmentation de la puissance souscrite +200kVA --> demande Enedis bloc transformateur ?	Attention, passage en triphasé indispensable et augmentation de la puissance souscrite +200kVA --> demande Enedis bloc transformateur ?	aucun	Augmentation des puissances souscrites individuellement

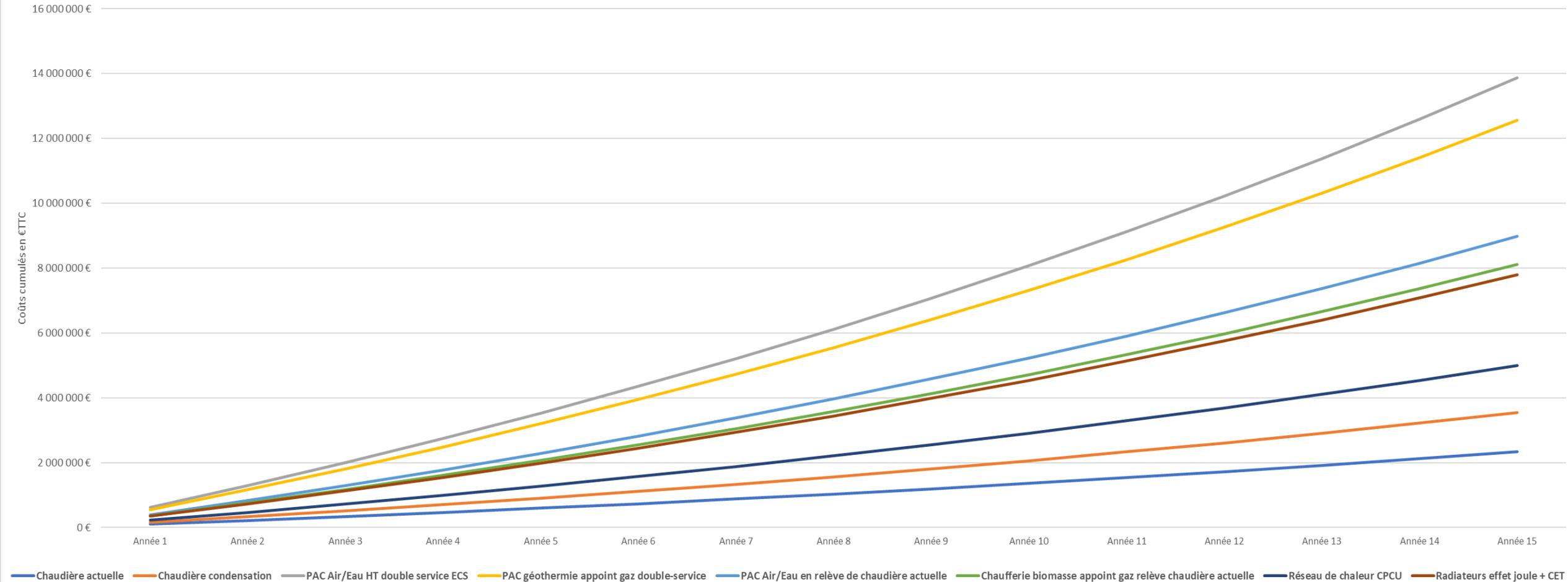
# Coûts d'investissement selon les systèmes énergétiques



# Coûts cumulés sans aides financières



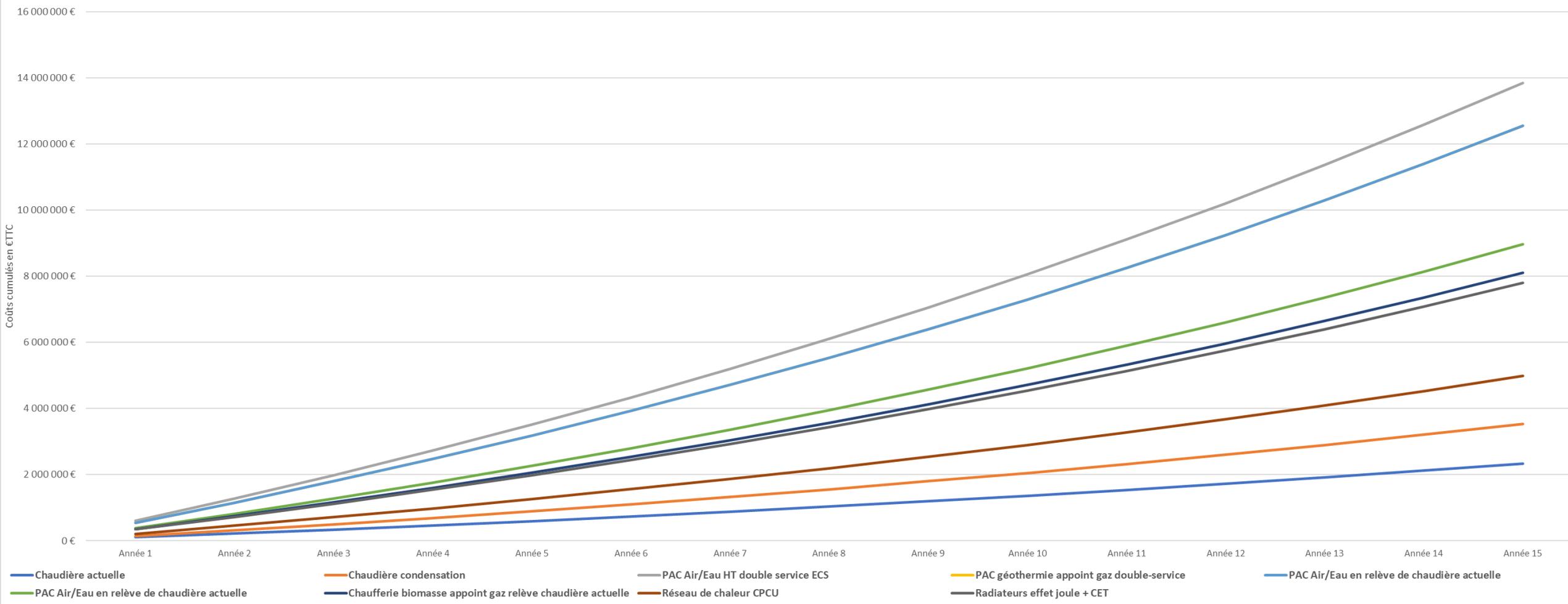
Coûts cumulés sur 15ans (€TTC) sans aide



# Coûts cumulés avec aides financières



Coûts cumulés sur 15ans (€TTC) avec aide



# En synthèse



- La solution de remplacement de la chaufferie gaz par le raccordement au réseau de chaleur quand il existe est la solution technique la moins contraignante même si elle ne s'avère pas toujours la plus économique.
- La solution PAC air/eau est la plus onéreuse à l'investissement avec ou sans aides financières et également en coûts cumulés sauf décision d'un dispositif de soutien exceptionnel.
- Pour les solutions PAC air/eau , l'installation de l'unité extérieure peut être placée dans le sous-sol mais dans ce cas il faudra acheter des caves et créer un conduit extérieur montant en toiture ou bien recourir à une grue pour installer les UE en toiture, mais attention, c'est impossible sur cet immeuble en raison de ses caractéristiques patrimoniales et cela nécessiterait un capotage acoustique pour éviter les nuisances ainsi que la reprise de l'ensemble des liaisons hydrauliques qui sont actuellement en sous-sol.
- En coûts cumulés sur 15 ans où la chaudière THPE reste la solution technico économique la plus avantageuse suivie de la solution PAC hybride, mais attention car celle-ci nécessite plus de place en chaufferie et pour les UE, elle induit donc des contraintes importantes.
- La solution la moins onéreuse à l'investissement après la chaudière THPE sont les solutions effet joule.
- **L'interdiction de remplacement par une chaudière gaz pourrait conduire sauf aides en compensation au bénéfice de solution PAC à des systèmes de chauffage effet joule.**





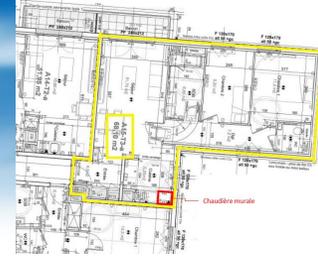
ICI2

# Atouts et contraintes



	Chaudière condensation	PAC Air/Eau HT double service ECS	PAC hybride	Radiateurs effet joule + CE électrique	Radiateurs effet joule + CET
Contraintes	Le tubage EVAPDC n'est pas nécessaire car le bâtiment est récent et a déjà fait l'objet d'un tubage	L'unité extérieure sera placée en balcon mais cela nécessite de traverser l'appartement avec une liaison frigorifique --> Complexité et esthétique	L'unité extérieure sera placée en balcon mais cela nécessite de traverser l'appartement avec une liaison frigorifique --> Complexité et esthétique	Augmentation de la puissance souscrite et passage en triphasé.	Augmentation de la puissance souscrite et passage en triphasé. CET volumineux et bruyant avec unité extérieure à mettre en place (liaison frigorifique qui traverse l'appartement) --> Esthétique et complexité
Perte de SHAB	0	PAC remplace la chaudière en intérieur	PAC hybride qui remplace la chaudière existante	0	1 m <sup>2</sup> (CET remplaçant chaudière existante mais plus volumineux)
Autorisations copropriétés	Non	Oui	Oui	Non	Oui
Impact architectural / extérieur ex taille des UE	Aucun	UE en balcon de 1,1m*1m*0,5m	Unité extérieure en balcon de 1m*1,2m*0,5m	Aucun	Aucun (petite UE CET)
Impact architectural / intérieur	Chaudière de dimensions 0,7m*0,4m*0,3m remplaçant l'ancienne	Liaison frigorifique traversant l'appartement sur 10m. PAC de 1,7m*0,6m*0,5m	PAC en console murale intérieure de 1m*0,4m*0,3m Chaudière 0,7m*0,4m*0,3m	Volume du chauffe-eau électrique (environ 1,2m*0,5m)	Liaison frigorifique traversant l'appartement sur 10m et volume du CET (environ 1,8m*0,6m)
Poids	29 kgs	UE 108kg et PAC 80kg	145kg UE et 47kg PAC + 40kgs chaudière	35kg environ	Environ 90kg non rempli
Acoustique	48 dB	51	58	-	41
Augmentation puissance électrique souscrite	0	6 kVA	3 kVA	9 kVA	9 kVA
Adéquation émetteurs existant	Emetteurs adaptés	Non nécessaire (HT)	Non nécessaire (HT)	Remplacer par radiateurs effet Joule	Remplacer par radiateurs effet Joule

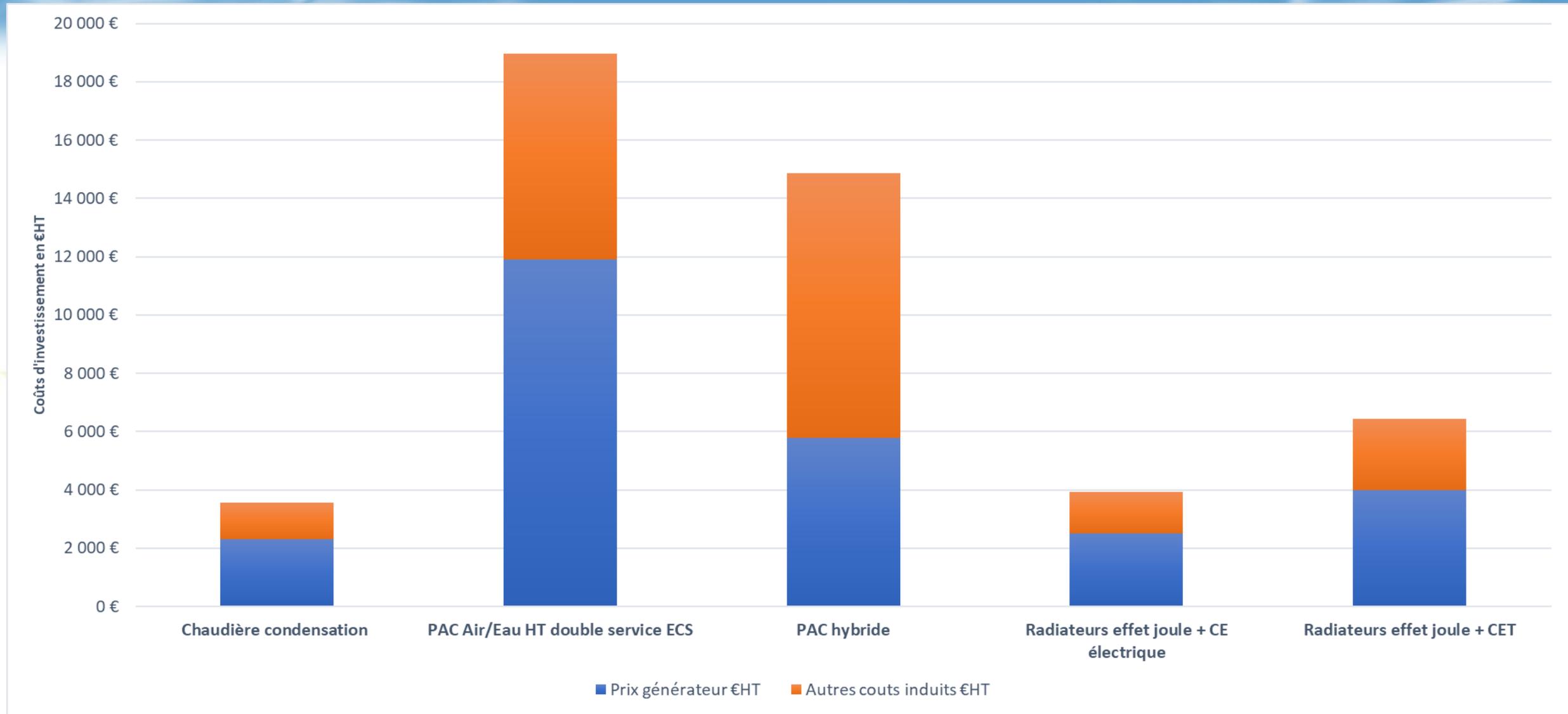
# Hypothèses de chiffrage



	Chaudière condensation	PAC Air/Eau HT double service ECS	PAC hybride	Radiateurs effet joule + CE électrique	Radiateurs effet joule + CET
Chiffrage	Chaudière à condensation + désembouage + robinets thermostiques + raccordements hydrauliques	PAC + raccordements frigorifiques + désembouage + électricité disjoncteur et ligne + coffrage + robinets thermostatiques	Pac 3 kW avec chaudière à condensation de 12kW en relève + désembouage + coffrage + raccordements hydrauliques + électricité disjoncteur et ligne + raccordement frigo long avec jardin + robinets thermostatiques	6 radiateurs effet joule + chauffe-eau électrique + passage triphasé + électricité disjoncteur et ligne	6 radiateurs effet joule + CET + passage triphasé + raccordements frigorifiques + électricité disjoncteur et ligne

*! Les émetteurs sont conservés comme ils sont récents, mais ils ne sont pas adaptés pour un fonctionnement en régime de température optimale pour une PAC air/eau . Le surcout de la PAC air/eau est donc minimisé car un remplacement de l'ensemble des radiateurs n'a pas été chiffré.*

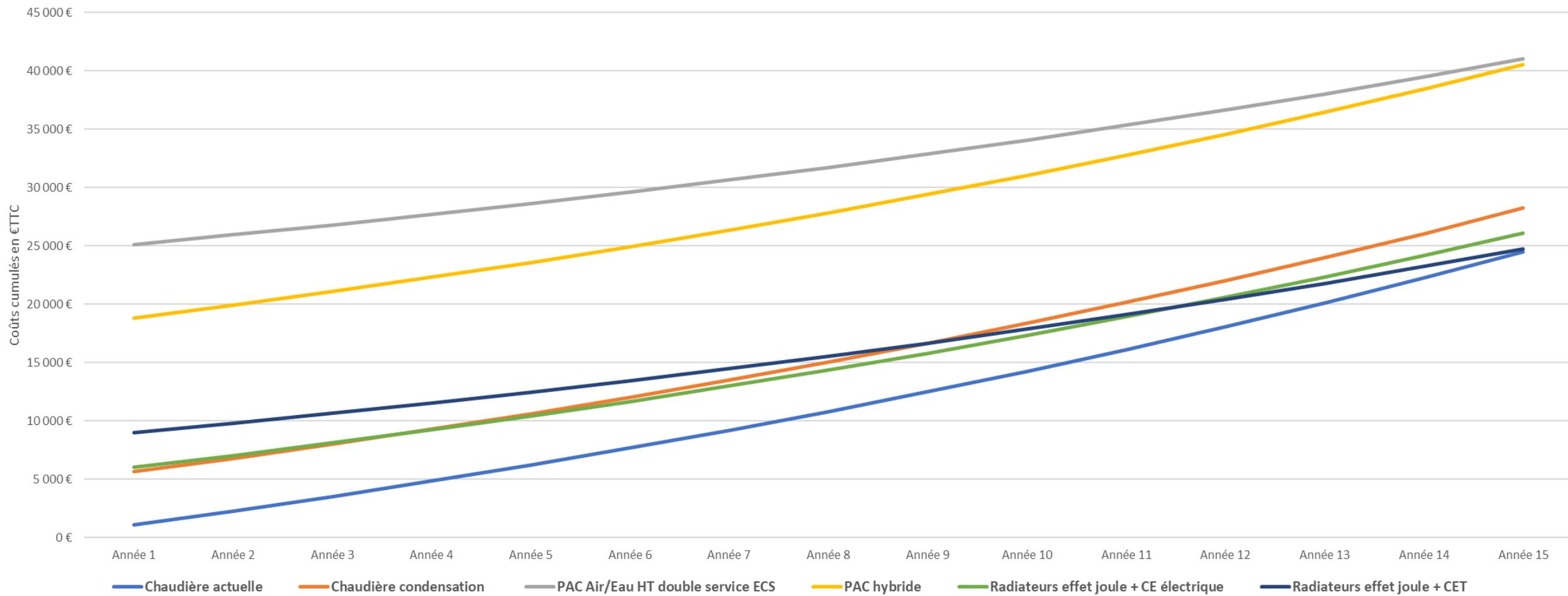
# Coûts d'investissement selon les systèmes énergétiques



# Coûts cumulés sans aides financières



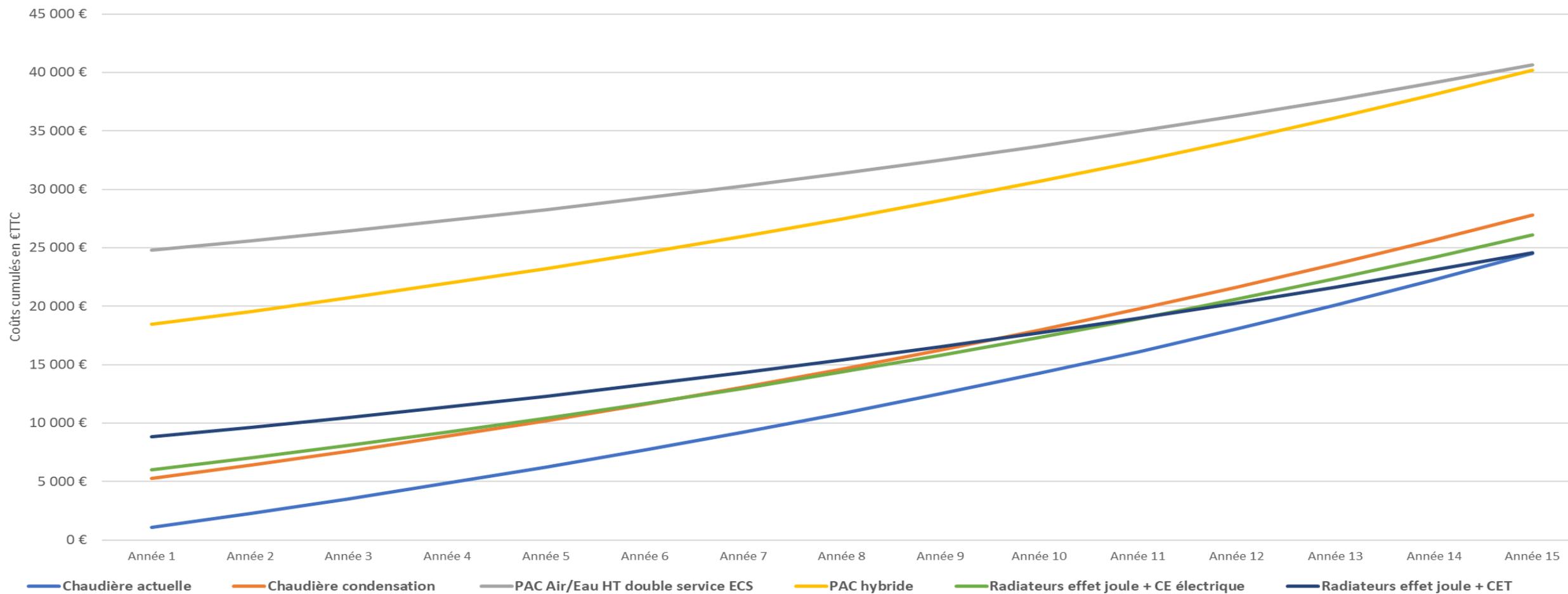
Coûts cumulés sur 15ans (€TTC) sans aides



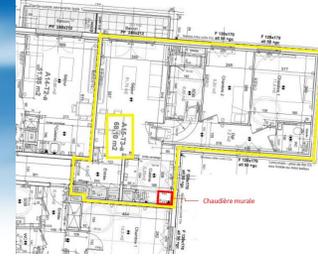
# Coûts cumulés avec aides financières



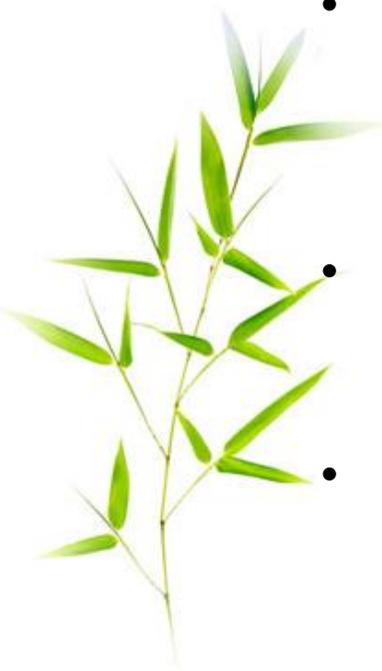
Coûts cumulés sur 15ans (€TTC) avec aides



# En synthèse



- La solution PAC air/eau est la plus onéreuse à l'investissement et en coûts cumulés avec ou sans aides financières sauf décision d'un dispositif de soutien exceptionnel.
- Pour les solutions PAC air/eau , l'installation de l'unité extérieure peut être placée sur le balcon mais attention, cela nécessitera un capotage acoustique pour éviter les nuisances ; de réaliser une liaison frigorifique traversant tout l'appartement (souci esthétique, coût et risque COP) ; attention du règlement de copropriété qui peut interdire l'installation d'UE sur les balcons.
- Les solutions les moins onéreuses à l'investissement sont les solutions effet joule, le bâtiment étant bien isolé les charges sont modérées et les solutions sont parmi les plus économiques en coûts cumulés sur 15ans.
- **L'interdiction de remplacement par une chaudière gaz pourrait conduire potentiellement sauf aides en compensation au bénéfice de solution PAC à des systèmes de chauffage effet joule.**





ICI3

# Atouts et contraintes



	Chaudière condensation	PAC Air/Eau HT double service ECS	PAC hybride	Radiateurs effet joule + CE électrique	Radiateurs effet joule + CET
Contraintes	Le tubage EVAPDC n'est pas nécessaire car le bâtiment est récent et a déjà fait l'objet d'un tubage	L'unité extérieure sera placée en toiture mais cela nécessite de traverser tous les étages avec une liaison frigorifique --> Esthétique et complexité	L'unité extérieure sera placée en toiture mais cela nécessite de traverser tous les étages avec une liaison frigorifique --> Esthétique et complexité	Augmentation de la puissance souscrite et passage en triphasé.	Augmentation de la puissance souscrite et passage en triphasé. CET volumineux et bruyant avec unité extérieure à mettre en place (liaison frigorifique qui traverse l'appartement) --> Esthétique et complexité
Perte de SHAB	0	PAC remplace la chaudière en intérieur	PAC hybride qui remplace la chaudière existante	0	1 m <sup>2</sup> (CET remplaçant chaudière existante mais plus volumineux)
Autorisations copropriétés	Non	Oui	Oui	Non	Oui
Impact architectural / extérieur ex taille des UE	Aucun	UE en toiture de 1,1m*1m*0,5m	Unité extérieure en toiture de 1m*1,2m*0,5m	Aucun	Aucun (petite UE CET)
Impact architectural / intérieur	Chaudière de dimensions 0,7m*0,4m*0,3m remplaçant l'ancienne	Liaison frigorifique traversant le plancher haut. PAC de 1,7m*0,6m*0,5m	Liaison frigorifique traversant le plancher haut. PAC en console murale intérieure de 1m*0,4m*0,3m Chaudière 0,7m*0,4m*0,3m	Volume du chauffe-eau électrique (environ 1,2m*0,5m)	Liaison frigorifique traversant le plancher haut et volume du CET (environ 1,8m*0,6m)
Poids	29 kgs	UE 108kg et PAC 80kg	145kg UE et 47kg PAC + 40kgs chaudière	35kg environ	Environ 90kg non rempli
Acoustique	48 dB	51	58	-	41
Augmentation puissance électrique souscrite	0	3 kVA	3 kVA	6 kVA	6 kVA
Adéquation émetteurs existant	Emetteurs adaptés	Non nécessaire (HT)	Non nécessaire (HT)	Remplacer par radiateurs effet Joule	Remplacer par radiateurs effet Joule

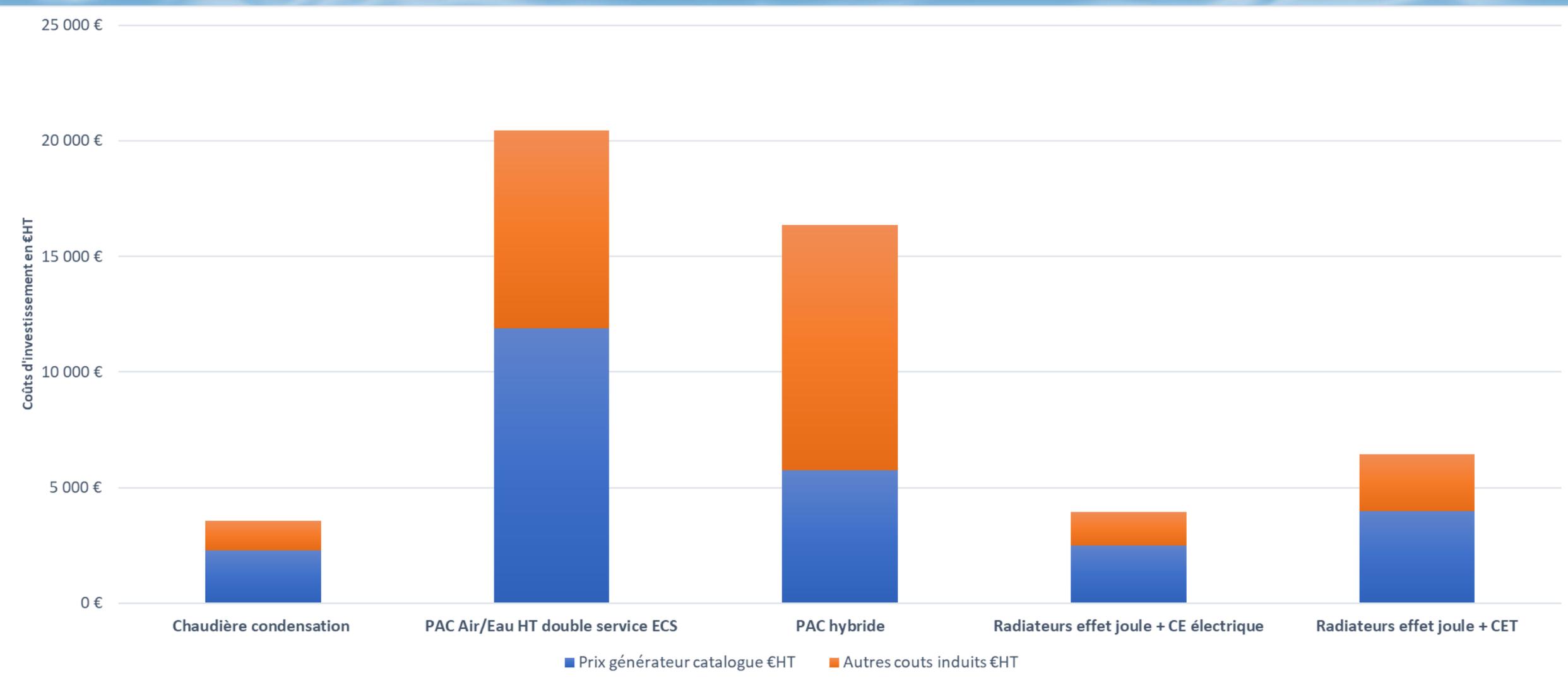
# Hypothèses de chiffrage



	Chaudière condensation	PAC Air/Eau HT double service ECS	PAC hybride	Radiateurs effet joule + CE électrique	Radiateurs effet joule + CET
Chiffrage	Chaudière à condensation + désembouage + robinets thermostriques + raccords hydrauliques	PAC 8 kW + accès toiture + raccords frigorifiques longs + désembouage + électricité disjoncteur et ligne + coffrage + robinets thermostatiques	Pac 3 kW avec chaudière à condensation de 12kW en relève + accès toiture + désembouage + coffrage + raccords hydrauliques + électricité disjoncteur et ligne + raccordement frigo long avec jardin + robinets thermostatiques	6 radiateurs effet joule + chauffe-eau électrique + électricité disjoncteur et ligne + passage triphasé	6 radiateurs effet joule + CET + raccords frigorifiques + électricité disjoncteur et ligne + passage triphasé

*! Les émetteurs sont conservés comme ils sont récents, mais ils ne sont pas adaptés pour un fonctionnement en régime de température optimale pour une PAC air/eau . Le surcout de la PAC air/eau est donc minimisé car un remplacement de l'ensemble des radiateurs n'a pas été chiffré.*

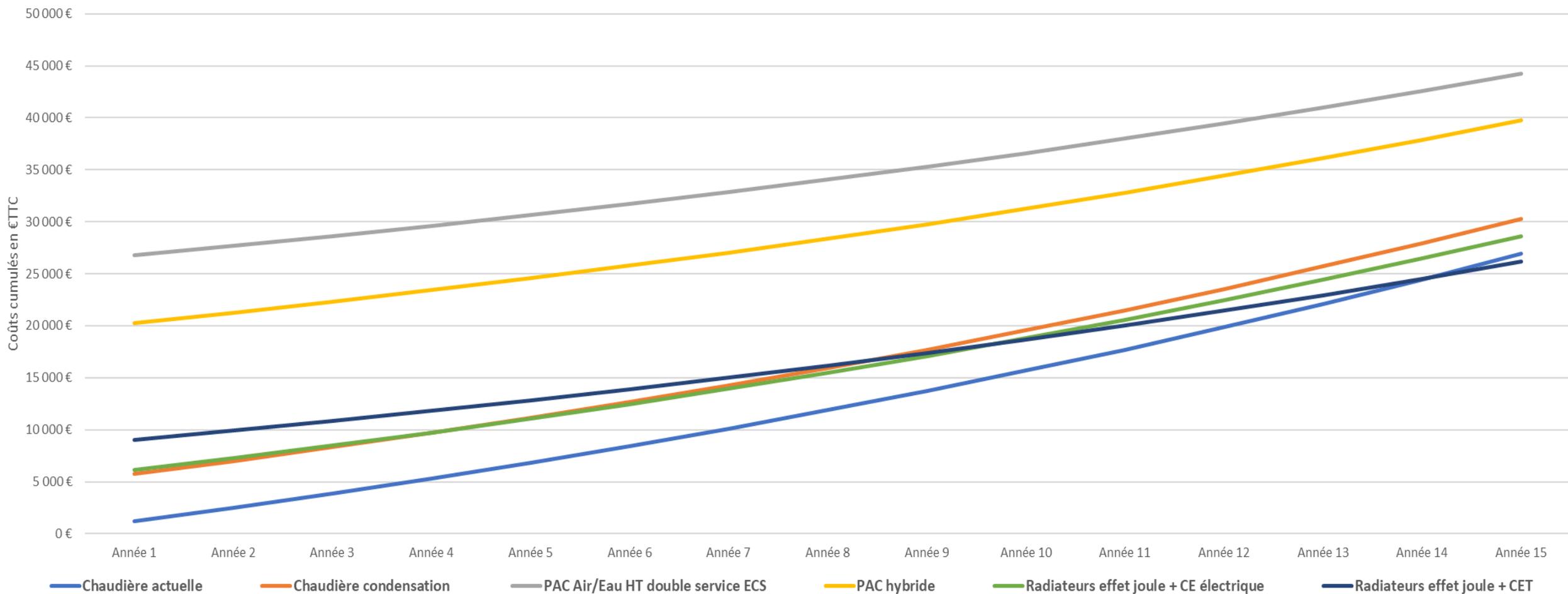
# Coûts d'investissement selon les systèmes énergétiques



# Coûts cumulés sans aides financières



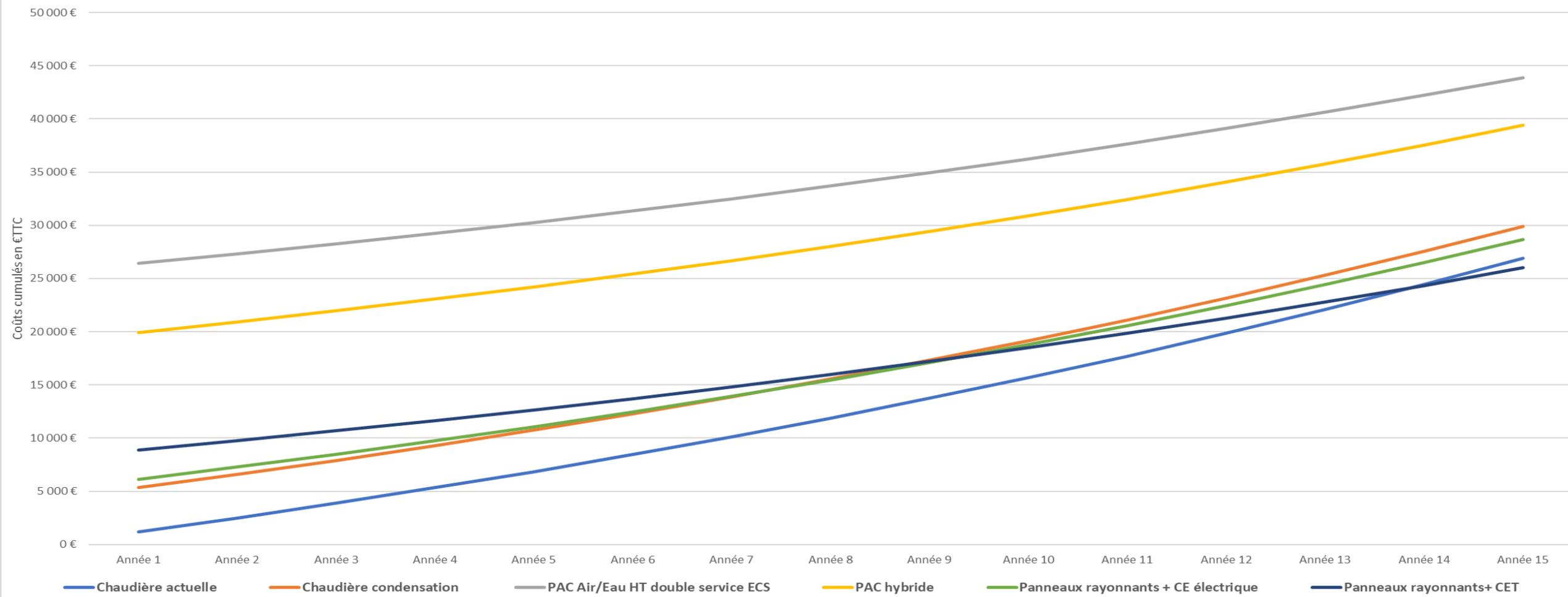
Coûts cumulés sur 15ans (€TTC) sans aides



# Coûts cumulés avec aides financières



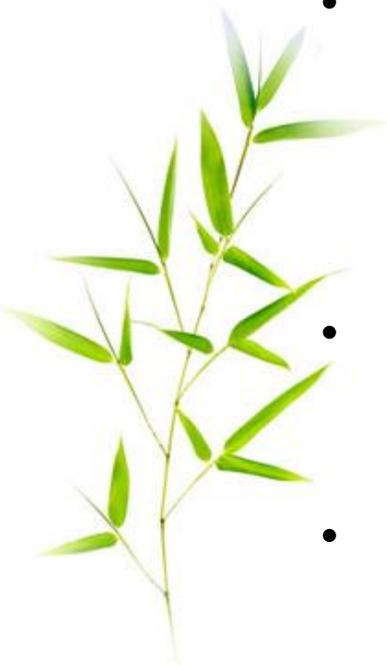
Coûts cumulés sur 15ans (€TTC) avec aides



# En synthèse



- La solution PAC air/eau est la plus onéreuse à l'investissement et en coûts cumulés avec ou sans aides financières sauf décision d'un dispositif de soutien exceptionnel.
- Pour les solutions PAC air/eau , l'installation de l'unité extérieure ne peut être placée sur le balcon car il n'y en a pas, elle devra donc être installée en toiture mais attention, cela nécessitera un traitement acoustique, notamment plots anti-vibratiles pour éviter les nuisances ; de réaliser une liaison frigorifique traversant les différents niveaux (réutilisation du conduit EVAPDC de la chaudière, coût et perte de COP) et une autorisation de la copropriété.
- Les solutions les moins onéreuses à l'investissement sont les solutions de chauffage effet joule (radiateurs effet joule+CET), le bâtiment étudié étant bien isolé les charges sont modérées et les solutions sont parmi les plus économiques en coûts cumulés sur 15ans.
- **L'interdiction de remplacement par une chaudière gaz pourrait conduire potentiellement sauf aides en compensation au bénéfice de solution PAC à des systèmes de chauffage effet joule.**





# EN COLLECTIF

# En immeuble – chauffage collectif

En chauffage collectif, le remplacement de chaudières gaz par une ou des pompes à chaleur est souvent complexe.



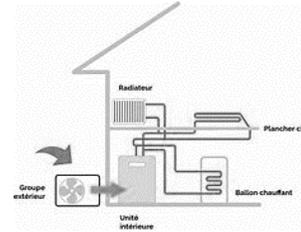
Limiter les nuisances sonores pour les voisins et les occupants :

- Capotage acoustique
- Plots anti-vibratiles



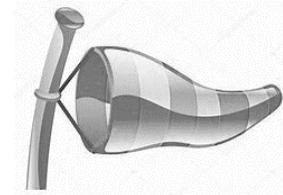
Intégration architecturale UE

- En toiture terrasse
- En sous-sol ; locaux techniques
- A l'extérieur



Limiter les longueurs entre des liaisons frigorifiques entre UE et chaufferie

Taille des locaux techniques



UE ne doit pas être face au vent

Ressource nappe

Sol adapté ...



Cout d'investissement élevé

Puissances élevées

Si un réseau de chaleur « vertueux » est à proximité, ce sera la solution idéale de remplacement, même si en coûts cumulés, elle est un peu plus onéreuse qu'un remplacement par chaudière gaz.

Sinon, les solutions PAC air/eau que ce soit sur air extérieur ou en géothermie, peuvent s'avérer à la fois complexe techniquement, et très onéreuse en matériel mais aussi en couts induits (achat de surfaces ; grutage ;...) sauf dispositif de soutien exceptionnel.

La solution suivante limitée en cout d'investissement est le remplacement par des radiateurs effet joule.

# En appartement – chauffage individuel

En appartement, le remplacement de chaudière gaz par une pompe à chaleur est souvent complexe.



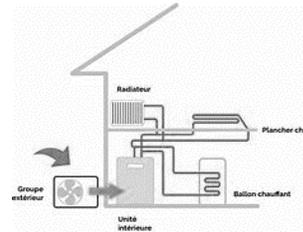
Limitier les nuisances sonores pour les voisins et les occupants :

- Capotage acoustique
- Plots anti-vibratiles

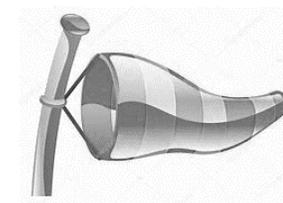


Intégration architecturale UE

- En toiture terrasse
- Balcons
- extérieurs



Limitier les longueurs entre des liaisons frigorifiques entre UE et chaufferie  
Perte de surface habitable



UE ne doit pas être face au vent



Cout d'investissement élevé

En couts cumulés, la solution la plus économique est celle de la chaudière gaz suivie par le remplacement de chauffage effet joule+CET.

**L'interdiction de remplacement de chaudière gaz pourrait conduire à mettre en place des solutions effet joule.**

La motivation de remplacement par une PAC air/eau pourrait sinon être liée à la fonction rafraîchissement en ces périodes de réchauffement climatique.

# En immeuble

*NB - Il sera nécessaire :*

- *D'avoir l'accord de la majorité des copropriétaires*
- *De déposer une déclaration préalable de travaux compte tenu que l'on intervient sur l'aspect visuel de l'extérieur de l'immeuble (UE ou conduit) ; la démarche est d'autant plus impérative que le bâtiment est proche d'un monument/site historique.*



# GLOSSAIRE ET ABRÉVIATIONS



# Abréviations

- CET : chauffe-eau thermodynamique
- UE : unité extérieure
- MI : maison individuelle
- IC : Immeuble collectif
- PAC : pompe à chaleur
- COP : coefficient de performance
- EVAPDC : évacuation des produits de combustion

