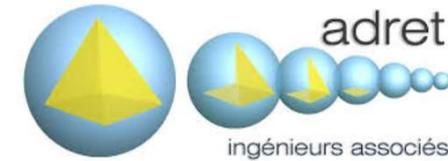


ENSEIGNEMENT



- **Bâtiment étudié** : groupe scolaire chauffé au gaz : partie élémentaire, partie maternelle et restauration. Surface : 2394 m²
- Conso de référence : 128 kWh/m²/ an (H2b)
- **Une « philosophie d'étude » de long-terme, directement à 2050**
- **Étude réalisée via STD**
- **Cas de référence** : groupe scolaire (élémentaire, maternelle, restauration) des années 1960
- Les cas suivants ont été étudiés :
 - **Chaudière gaz à condensation (HPE)**
 - **PAC gaz à absorption couplée à une chaudière gaz à condensation,**
 - **PAC élec air/eau double service,**
 - **Chaudière bois à granulés**
 - **Cogénération de gaz**

+ modélisation des zones géographiques de référence en France : H1, H2 et H3



Groupe scolaire Ampère (nouvelle façade sur cour)

ENSEIGNEMENT

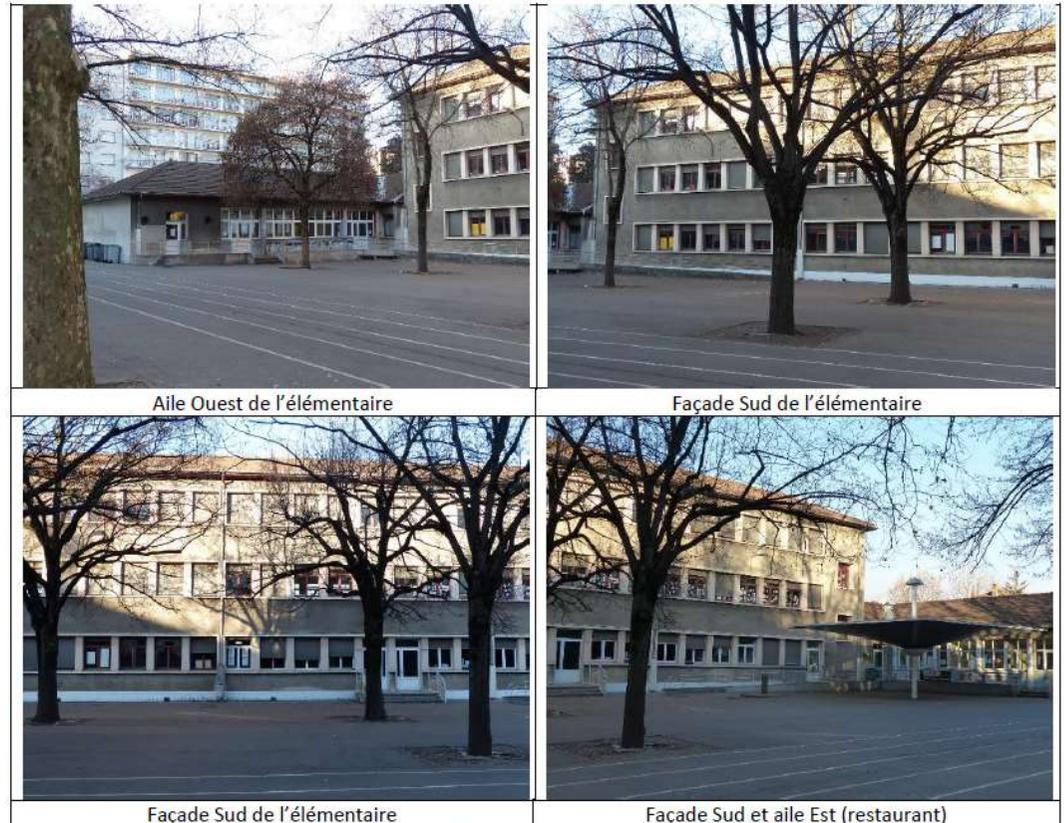


Caractéristiques du bâti

- Enveloppe très peu isolée
- Combles non isolés
- Murs extérieurs non isolés
- Planchers bas donnant sur un vide sanitaire non isolés
- Menuiseries extérieures en simple vitrage ou double vitrage peu performant
- Infiltrations importantes

Caractéristiques des systèmes

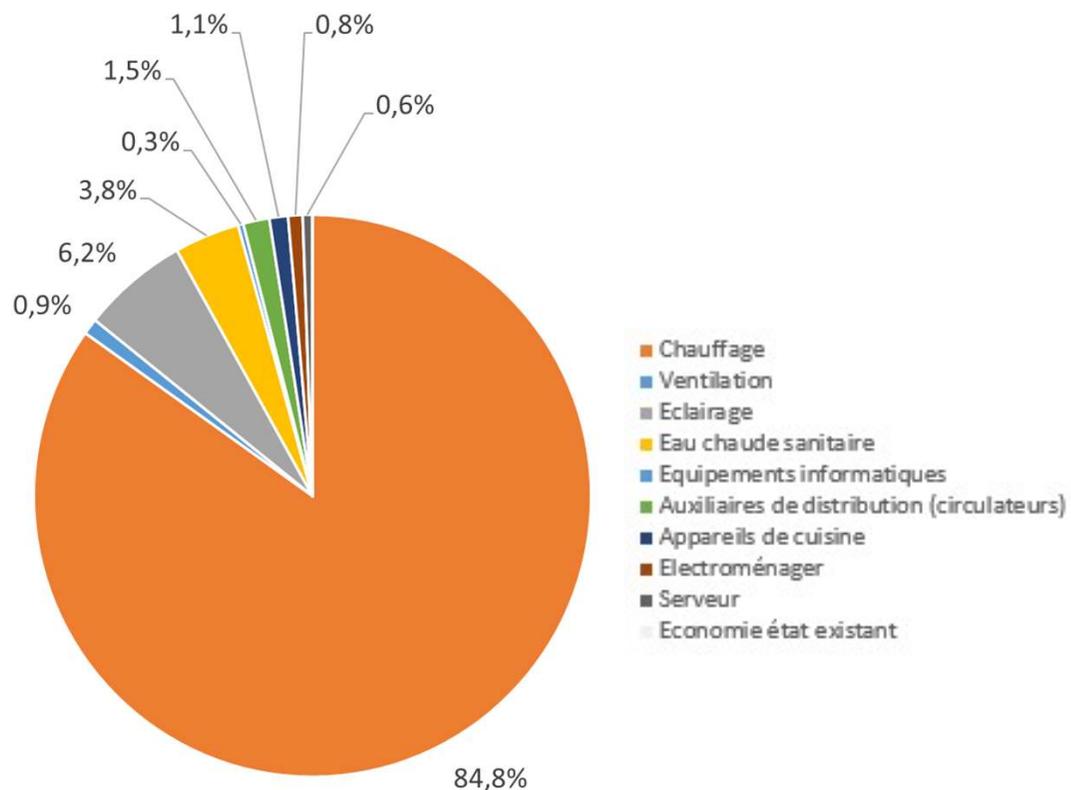
- Chaufferie gaz plutôt bien entretenue
- Pas de ventilation
- ECS en ballon dans les sanitaires
- Éclairage par tubes fluorescentes



ENSEIGNEMENT



Répartition de la consommation énergétique (exemple en H2b)



	Consommations totales
H1a	148,2 kWh/m ² /an
H2b	128,4 kWh/m ² /an
H3	102 kWh/m ² /an

	Seuil valeur absolue 2030
H1a	89.1 kWh/m ² /an
H2b	79.1 kWh/m ² /an
H3	63.1 kWh/m ² /an



Décret Tertiaire

Premiers résultats sur l'Enseignement **zone H1a**

ENSEIGNEMENT zone H1a



Pour atteindre les -60% d'économie d'énergie en 2050, les travaux suivants ont été nécessaire (simulation STD)

	Chaudière condensatio n	PAC abso + chaudière	Pompe à chaleur électrique	Chaudière bois à granulés	Cogénération gaz
Changement de la génération et remplacement de la régulation par un optimiseur de relance	X	X	X	X	X
Installation de ballons thermodynamiques	X				
Mise en place d'une VMC double flux	X	X	X	X	X
Eclairage LED				X	X
Batteries de stockage d'électricité					X
Isolation des combles + ITE + isolation du plancher bas sur vide sanitaire + remplacement des menuiserie par du double vitrage	X	X	X	X	X

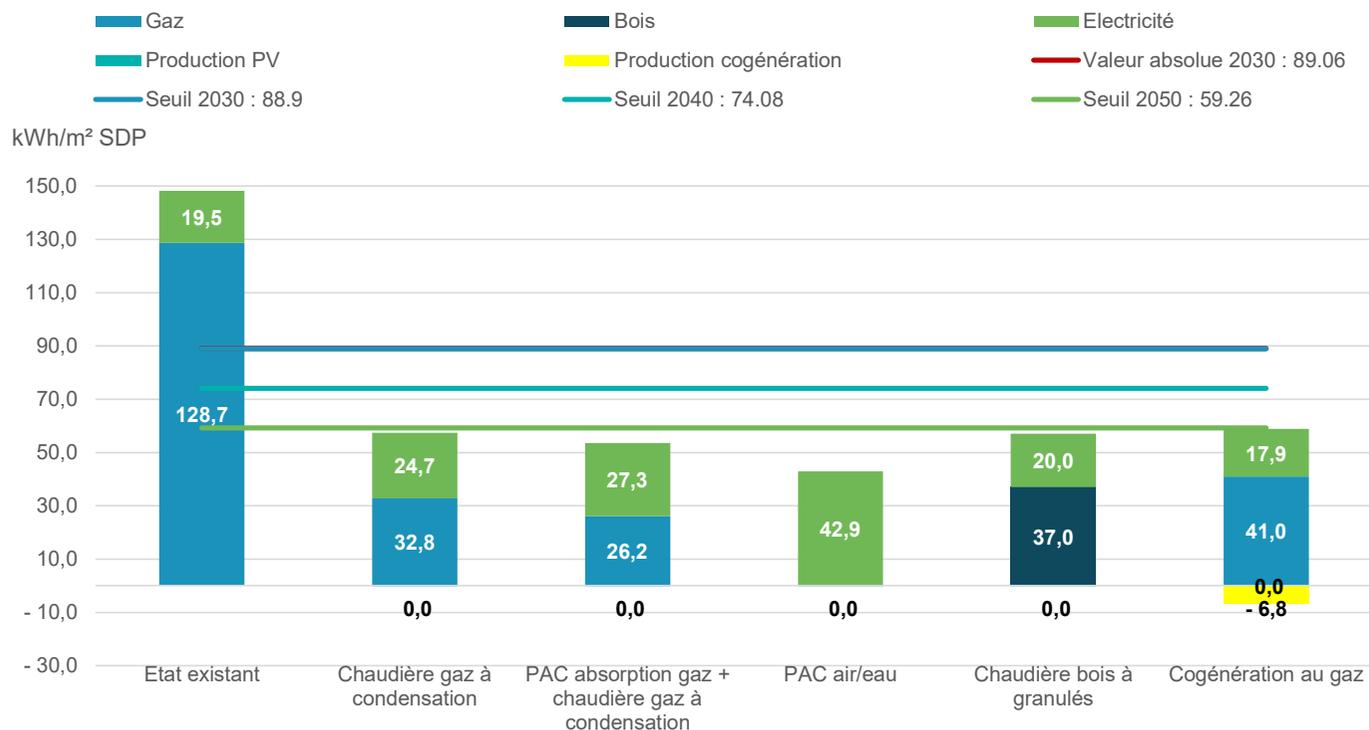
Un socle commun d'intervention sur le bâti,
indispensable à tous les systèmes pour atteindre le -60%

ENSEIGNEMENT zone H1a



Résultats obtenus : en kWh/m² SDP

Comparaison des différentes solutions techniques en zone H1a



Les solutions gaz permettent d'atteindre l'objectif -60% d'économie d'énergie.

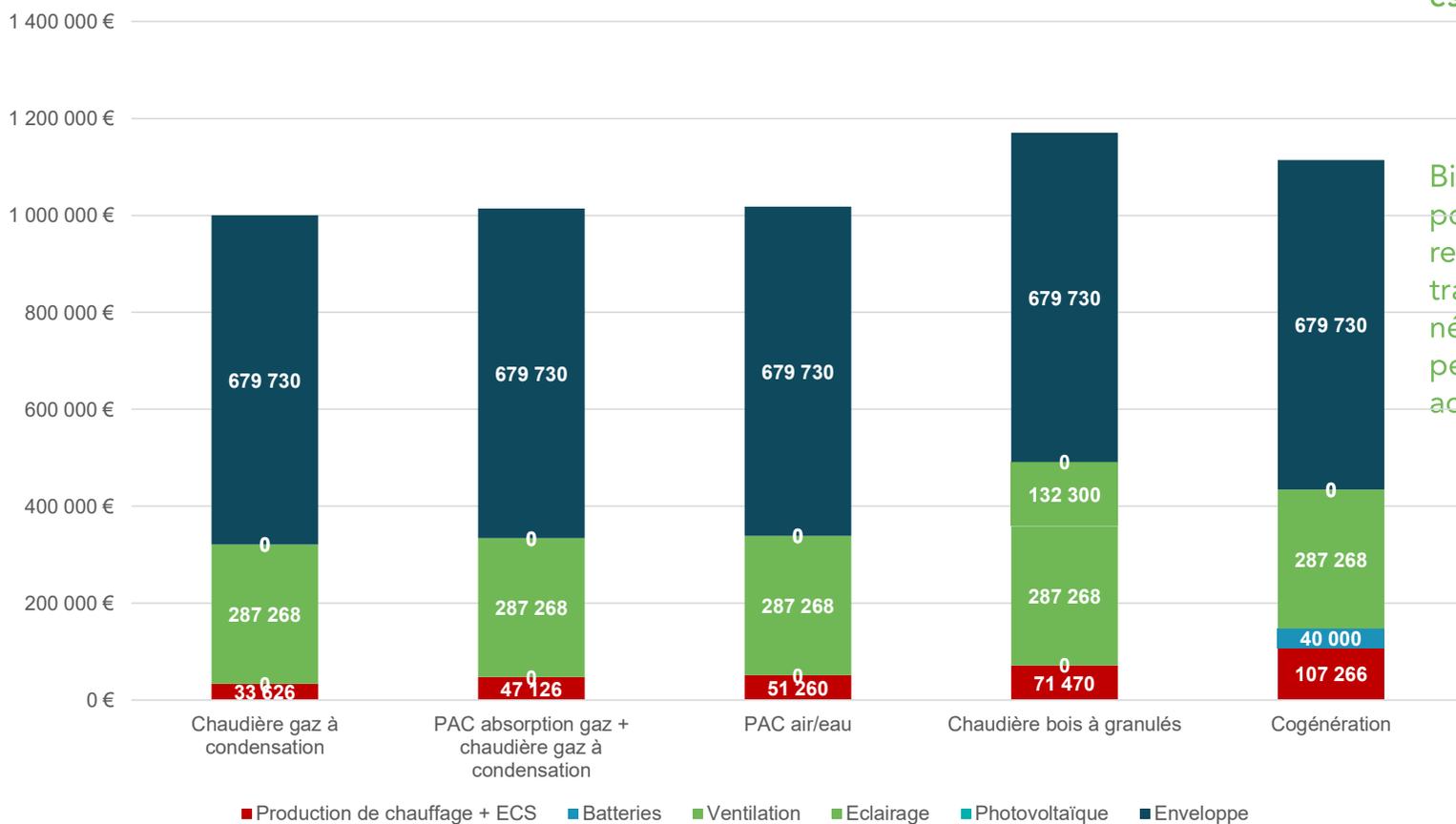
La pompe à chaleur électrique va même au-delà mais l'ensemble des autres travaux étaient nécessaires.

ENSEIGNEMENT zone H1a



Résultats obtenus : investissement

Répartition des coûts d'investissement par scénario en zone H1a



La solution chaudière condensation est la moins coûteuse.

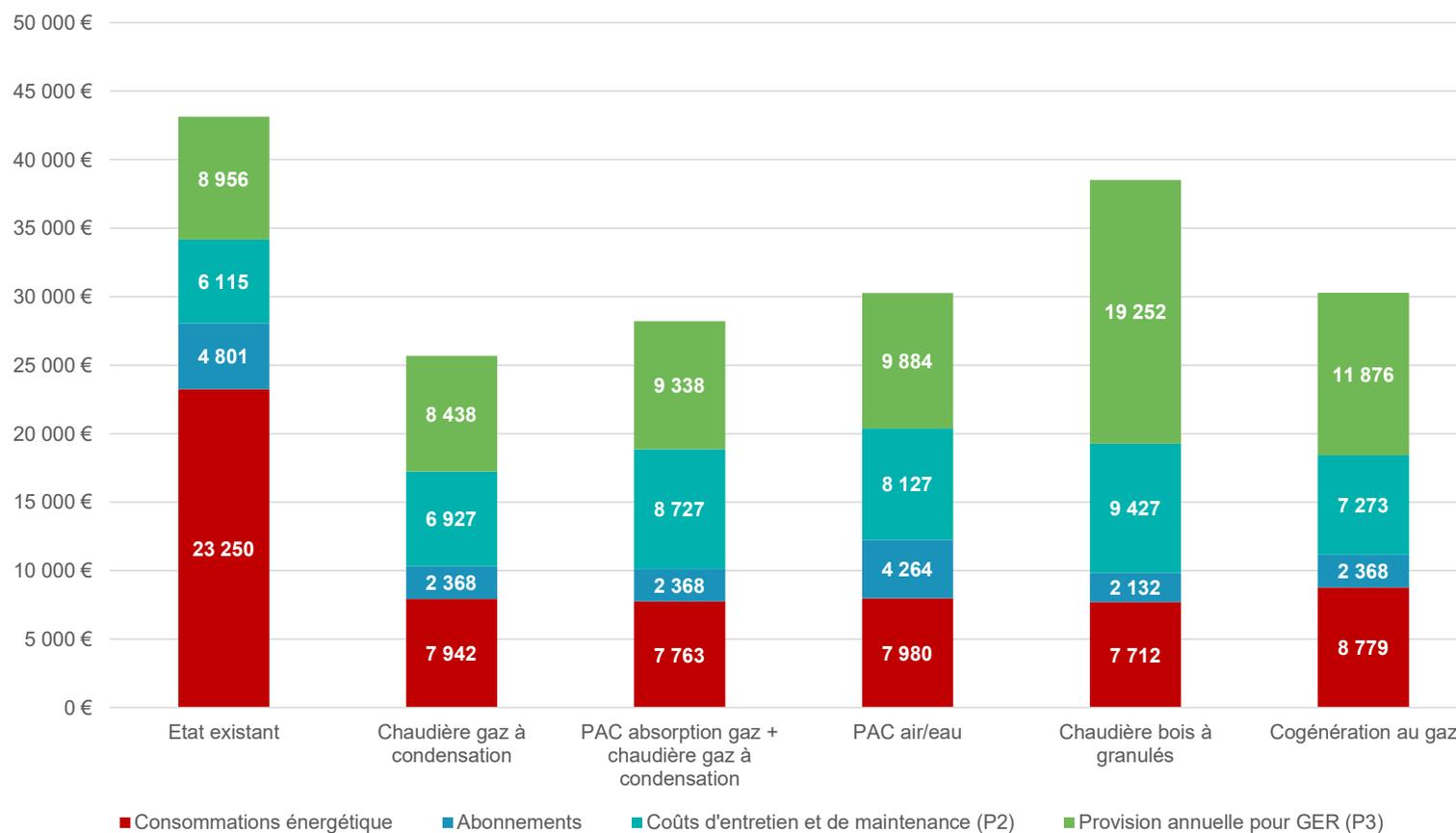
Bien que plus performantes les pompes à chaleur (abso et électrique) restent avec un surcoût car tous les travaux sur l'enveloppe restaient nécessaires. Leurs performances ne permet donc pas une optimisation des actions sur le bâti.

ENSEIGNEMENT zone H1a



Résultats obtenus : Facture annuelle

Répartition des coûts annuels par scénario en zone H1a



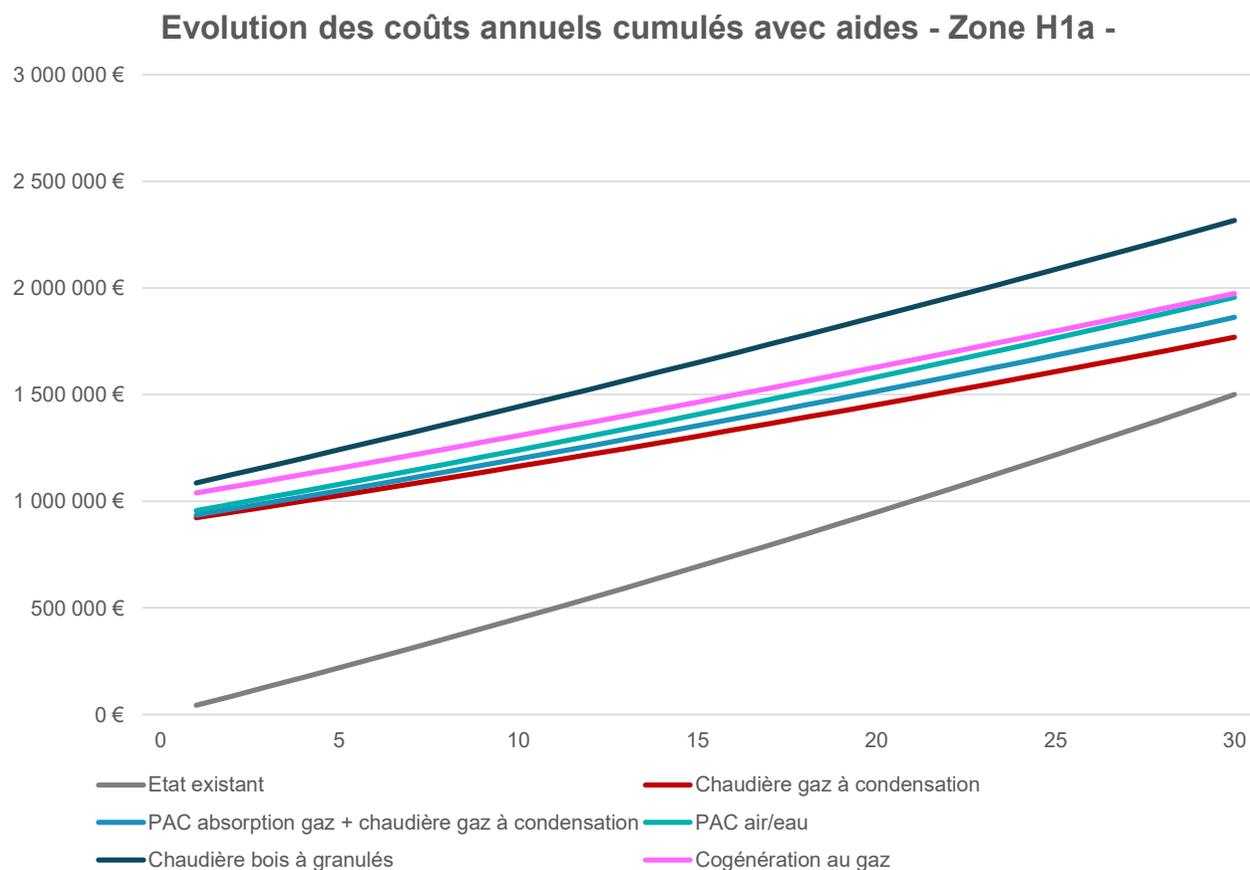
La solution chaudière condensation est la moins coûteuse.

Les autres solutions sont pénalisées par des coûts de maintenance plus importants.

ENSEIGNEMENT zone H1a



Résultats obtenus : Temps de retour sur 30 ans



Aucune des solutions ne présentent un temps de retour inférieur à 30 ans

Les temps de retour sont de :

- 41 ans pour la solution condensation
- 45 ans pour la solution pac abso
- 51 ans pour la solution pac électrique
- 74 ans pour la solution bois
- 49 ans pour la solution cogénération

ENSEIGNEMENT zone H1a



Hypothèses prises : Investissement

Type d'investissement	Montant en € HT
Chaudière gaz à condensation	10156
PAC à absorption gaz	18000
PAC air/eau	32290
Chaudière bois à granulés	48000
Cogénération	73640
Rénovation de la panoplie de chauffage	11000
Installation de robinets thermostatiques	2970
Remplacement de la régulation par un optimiseur de relance	5 000
Mise en œuvre d'une ventilation mécanique double flux avec récupérateur d'énergie d'efficacité 90 %	287 268
Remplacement des sources lumineuses par des LED avec détection de présence et sondes de luminosité	132 300

Type d'investissement	Montant en € HT
Mise en place d'un ballon thermodynamique pour la production d'ECS de la cuisine	4 500
Isolation des combles ($R > 7.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)	64 935
Isolation thermique par l'extérieur ($R > 4.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)	381 241
Isolation des planchers donnant sur un vide sanitaire ($R > 4.4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)	49 220
Remplacement des menuiseries par du double vitrage ($U_w = 1.4$)	184 333
Stockage d'électricité	40 000

ENSEIGNEMENT zone H1a



Autres hypothèses : prix des énergies

Energie	Composantes	Valeur du cas existant	Valeur après rénovation
Electricité	Puissance électrique souscrite	66 kVA	42 Kva 84 kVA si PAC électrique
	Coût abonnement électrique	4 552 €/an	2 132 €/an 4264 si PAC électrique
	Coût kWh électrique	159,7 €/MWh	77,7 €/MWh
Gaz	Coût abonnement gaz	249 €/an	236 €/an
	Coût kWh gaz	51,3 €/MWh	42,28 €/MWh
Bois	Coût kWh bois granulés	45 €/MWh	45 €/MWh

	Electricité	Gaz	Bois
Evolution du coût des énergies (Enerprix)	1,55%	1,24%	1,45%

Evolution du coût des abonnements	1,00%
Evolution des coûts d'entretien et de maintenance	1,00%

CEE :

- Le MWhcumac est valorisé à 6 €HT/MWhcumac -> même si actuellement elle est dans les 8 €HT/Mwhcumac, c'est une valeur historiquement haute, le BET a préféré prendre une valeur plus réaliste.

Fonds chaleur pour le cas granulé bois

ENSEIGNEMENT zone H1a



Autres hypothèses : maintenance P2/P3 (H1a)

		<i>Etat existant</i>	<i>Chaudière gaz à condensation</i>	<i>PAC absorption gaz + chaudière gaz à condensation</i>	<i>PAC air/eau</i>	<i>Chaudière bois à granulés</i>	<i>Cogénération au gaz</i>
COÛTS DE MAINTENANCE (P2) en €/an	Production de chauffage	2 000	2 000	3 800	3 200	4 500	2 230
	Ventilation	150			962		
	Eclairage CFO/CFA	1 655			1 655		
	Plomberie	2 310			2 310		
	TOTAL	6 115	6 927	8 727	8 127	9 427	7 158
PROVISION ANNUELLE POUR GER (P3) en €/an	-	8 956	8 438	9 338	9 884	19 432	11 876



Décret Tertiaire

Premiers résultats sur l'Enseignement **zone H2b**

ENSEIGNEMENT zone H2b



Pour atteindre les -60% d'économie d'énergie en 2050, les travaux suivants ont été nécessaire (simulation STD)

	Chaudière condensatio n	PAC abso + chaudière	Pompe à chaleur électrique	Chaudière bois à granulés	Cogénératio n gaz
Changement de la génération et remplacement de la régulation par un optimiseur de relance	X	X	X	X	X
Installation de ballons thermodynamiques				X	
Mise en place d'une VMC double flux	X	X	X	X	X
Batteries de stockage d'électricité					X
Isolation des combles + ITE + isolation du plancher bas sur vide sanitaire + remplacement des menuiserie par du double vitrage	X	X	X	X	X

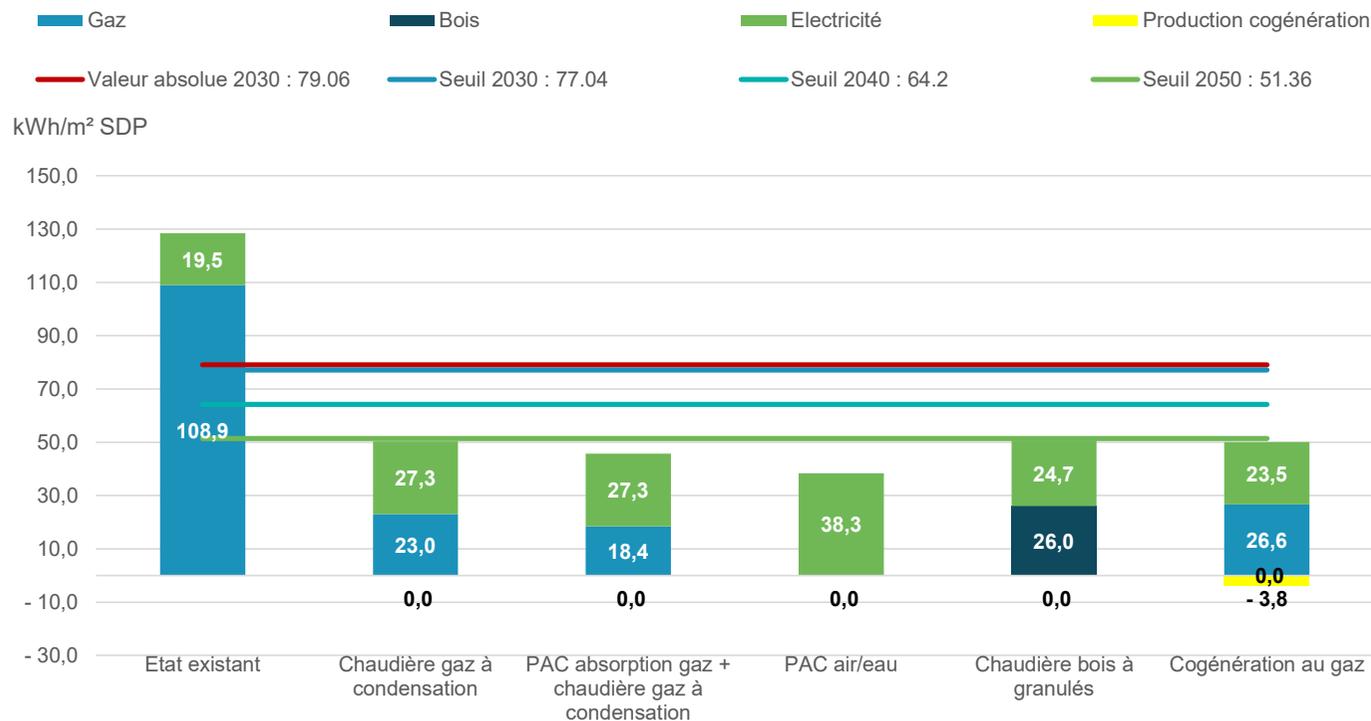
Un socle commun d'intervention sur le bâti,
indispensable à tous les systèmes pour atteindre le -60%

ENSEIGNEMENT zone H2b



Résultats obtenus : en kWh/m² SDP

Comparaison des différentes solutions techniques en zone H2b



Les solutions gaz permettent d'atteindre l'objectif -60% d'économie d'énergie.

La pompe à chaleur électrique va même au-delà mais l'ensemble des autres travaux étaient nécessaires.

ENSEIGNEMENT zone H2b

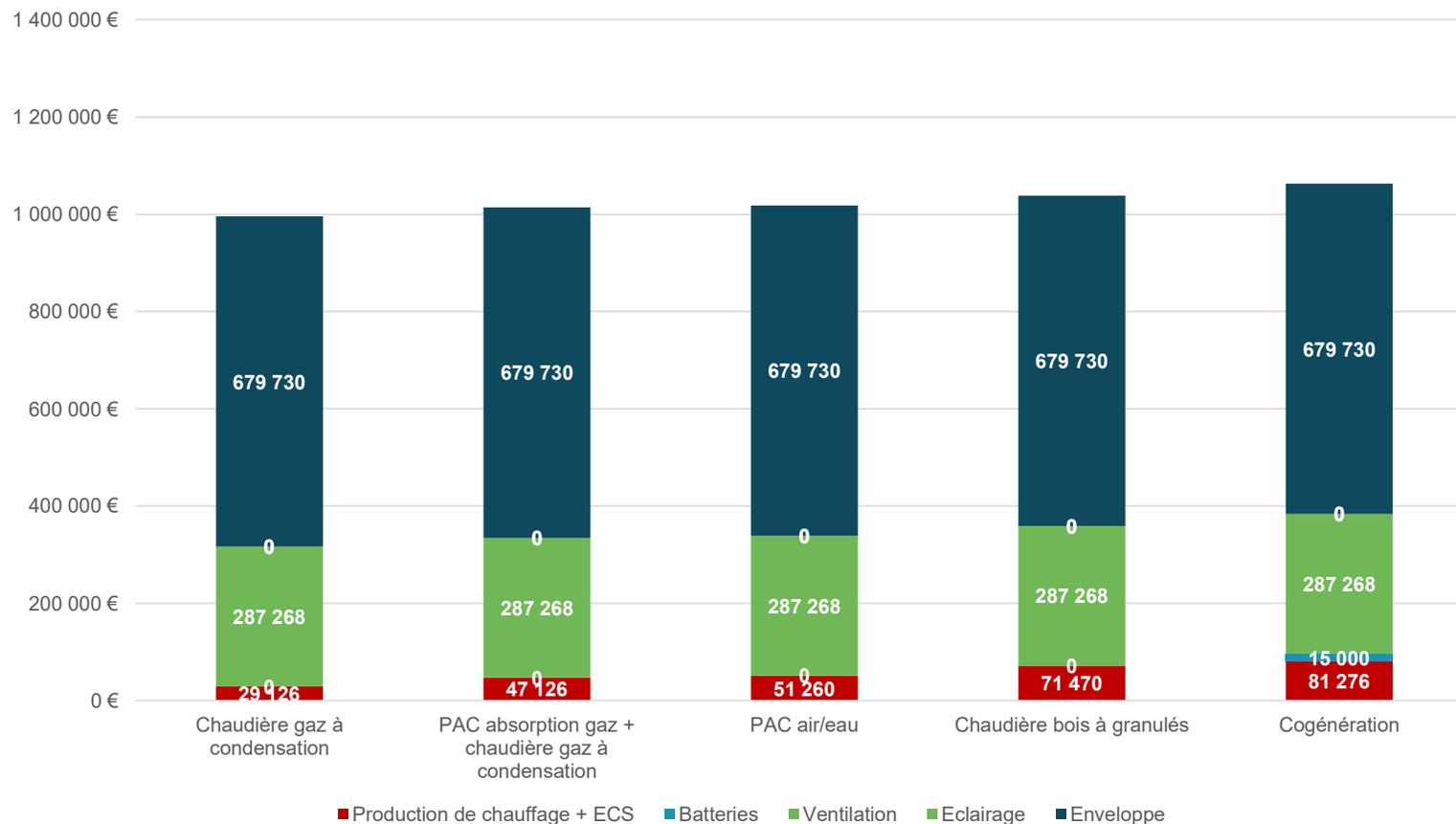


Résultats obtenus : investissement

Répartition des coûts d'investissement par scénario en zone H2b

La solution chaudière condensation est la moins coûteuse.

Bien que plus performantes les pompes à chaleur (abso et électrique) restent avec un surcoût car tous les travaux sur l'enveloppe restaient nécessaires. Leurs performances ne permet donc pas une optimisation des actions sur le bâti.

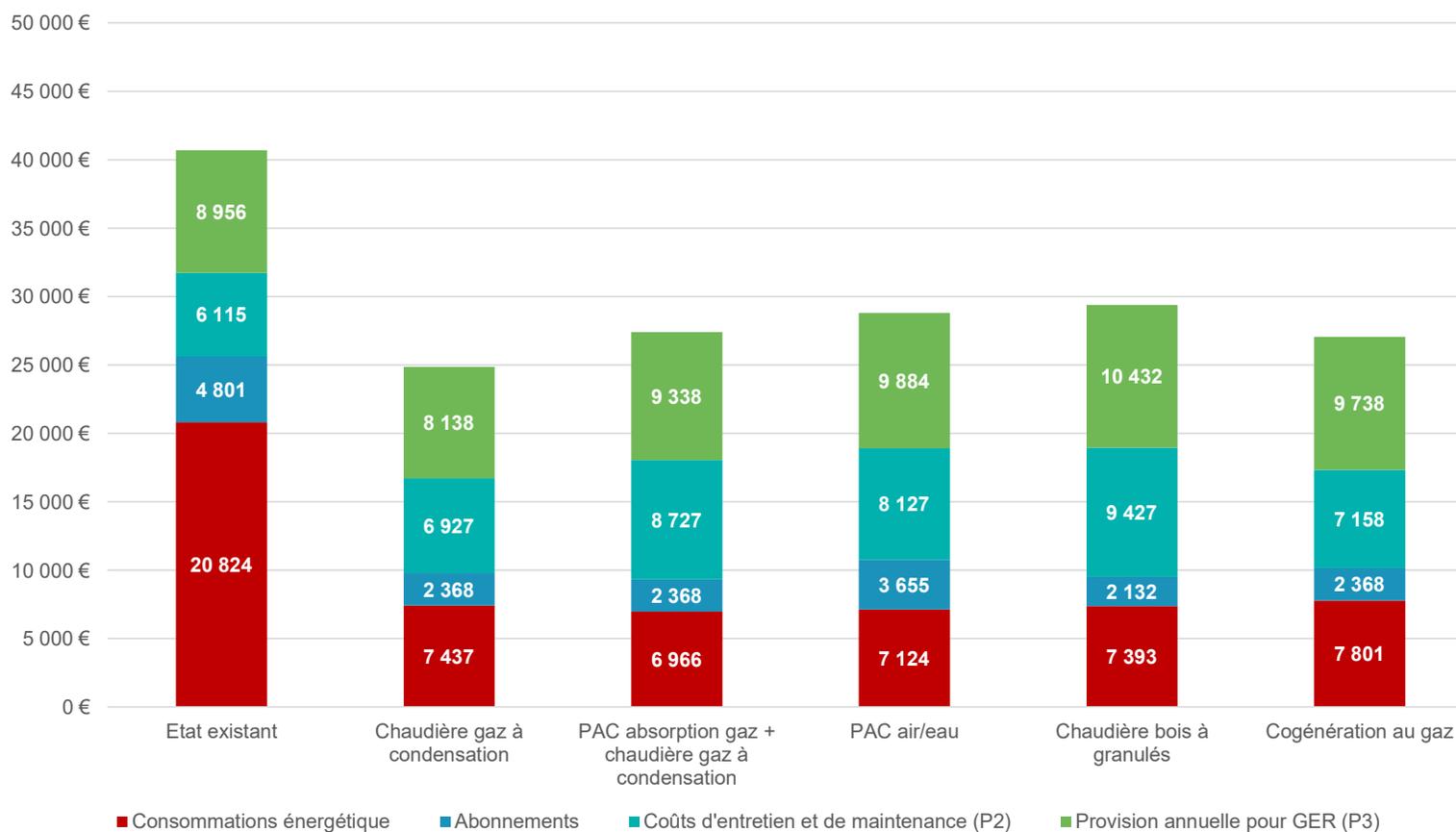


ENSEIGNEMENT zone H2b



Résultats obtenus : Facture annuelle

Répartition des coûts annuels par scénario en zone H2b



La solution chaudière condensation est la moins coûteuse.

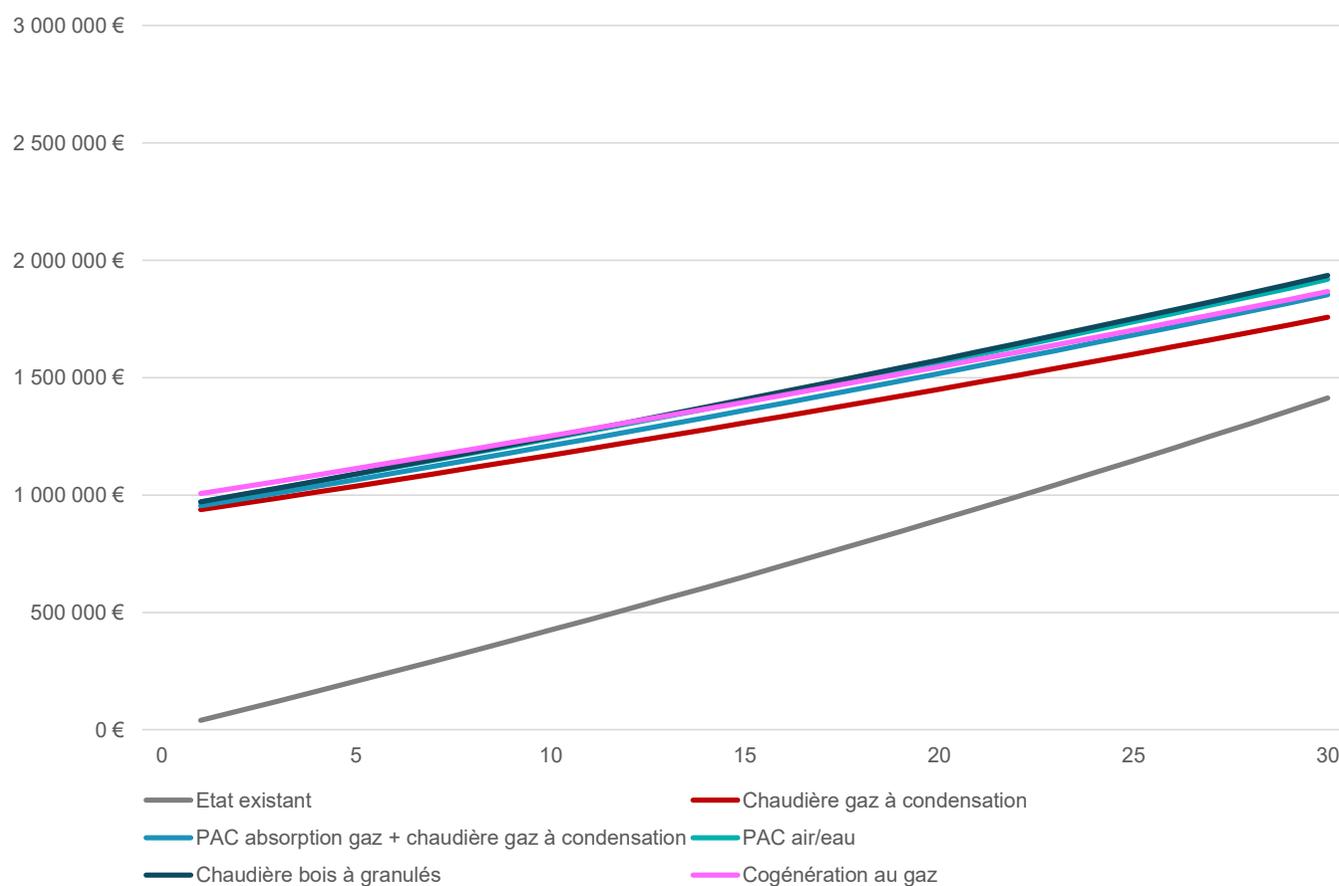
Les autres solutions sont pénalisées par des coûts de maintenance plus importants.

ENSEIGNEMENT zone H2b



Résultats obtenus : Temps de retour sur 30 ans

Evolution des coûts annuels cumulés avec aides - Zone H2b



Aucune des solutions ne présentent un temps de retour inférieur à 30 ans

- Les temps de retour sont de :
- 48 ans pour la solution condensation
 - 54 ans pour la solution pac abso
 - 58 ans pour la solution pac électrique
 - 60 ans pour la solution bois
 - 52 ans pour la solution cogénération

ENSEIGNEMENT zone H2b



Hypothèses prises : Investissement

Type d'investissement	Montant en € HT
Chaudière gaz à condensation	10156
PAC à absorption gaz	18000
PAC air/eau	32290
Chaudière bois à granulés	48000
Cogénération	52150
Rénovation de la panoplie de chauffage	11000
Installation de robinets thermostatiques	2970
Remplacement de la régulation par un optimiseur de relance	5 000
Mise en œuvre d'une ventilation mécanique double flux avec récupérateur d'énergie d'efficacité 90 %	287 268

Type d'investissement	Montant en € HT
Mise en place d'un ballon thermodynamique pour la production d'ECS de la cuisine	4 500
Isolation des combles ($R > 7.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)	64 935
Isolation thermique par l'extérieur ($R > 4.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)	381 241
Isolation des planchers donnant sur un vide sanitaire ($R > 4.4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)	49 220
Remplacement des menuiseries par du double vitrage ($U_w = 1.4$)	184 333
Stockage d'électricité	15 000

ENSEIGNEMENT zone H2b



Autres hypothèses : prix des énergies

Energie	Composantes	Valeur du cas existant	Valeur après rénovation
Electricité	Puissance électrique souscrite	66 kVA	42 Kva 72 kVA si PAC électrique
	Coût abonnement électrique	4 552 €/an	2 132 €/an 3655 si PAC électrique
	Coût kWh électrique	159,7 €/MWh	77,7 €/MWh
Gaz	Coût abonnement gaz	249 €/an	236 €/an
	Coût kWh gaz	51,3 €/MWh	42,28 €/MWh
Bois	Coût kWh bois granulés	45 €/MWh	45 €/MWh

	Electricité	Gaz	Bois
Evolution du coût des énergies (Enerprix)	1,55%	1,24%	1,45%

Evolution du coût des abonnements	1,00%
Evolution des coûts d'entretien et de maintenance	1,00%

CEE :

- Le MWhcumac est valorisé à 6 €HT/MWhcumac -> même si actuellement elle est dans les 8 €HT/Mwhcumac, c'est une valeur historiquement haute, le BET a préféré prendre une valeur plus réaliste.

Fonds chaleur pour le cas granulé bois

ENSEIGNEMENT zone H2b



Autres hypothèses : maintenance P2/P3 (H2b)

		<i>Etat existant</i>	<i>Chaudière gaz à condensation</i>	<i>PAC absorption gaz + chaudière gaz à condensation</i>	<i>PAC air/eau</i>	<i>Chaudière bois à granulés</i>	<i>Cogénération au gaz</i>
COÛTS DE MAINTENANCE (P2) en €/an	Production de chauffage	2 000	2 000	3 800	3 200	4 500	2 230
	Ventilation	150			962		
	Eclairage CFO/CFA	1 655			1 655		
	Plomberie	2 310			2 310		
	TOTAL	6 115	6 927	8 727	8 127	9 427	7 158
PROVISION ANNUELLE POUR GER (P3) en €/an	-	8 956	8 138	9 338	9 884	10 432	9 738



Décret Tertiaire

Premiers résultats sur l'Enseignement **zone H3**

ENSEIGNEMENT zone H3



Pour atteindre les -60% d'économie d'énergie en 2050, les travaux suivants ont été nécessaire (simulation STD)

	Chaudière condensatio n	PAC abso + chaudière	Pompe à chaleur électrique	Chaudière bois à granulés	Cogénératio n gaz
Changement de la génération et remplacement de la régulation par un optimiseur de relance	X	X	X	X	X
Installation de ballons thermodynamiques	X			X	X
Mise en place d'une VMC double flux	X	X	X	X	X
Batteries de stockage d'électricité					X
Isolation des combles + ITE + isolation du plancher bas sur vide sanitaire + remplacement des menuiserie par du double vitrage	X	X	X	X	X

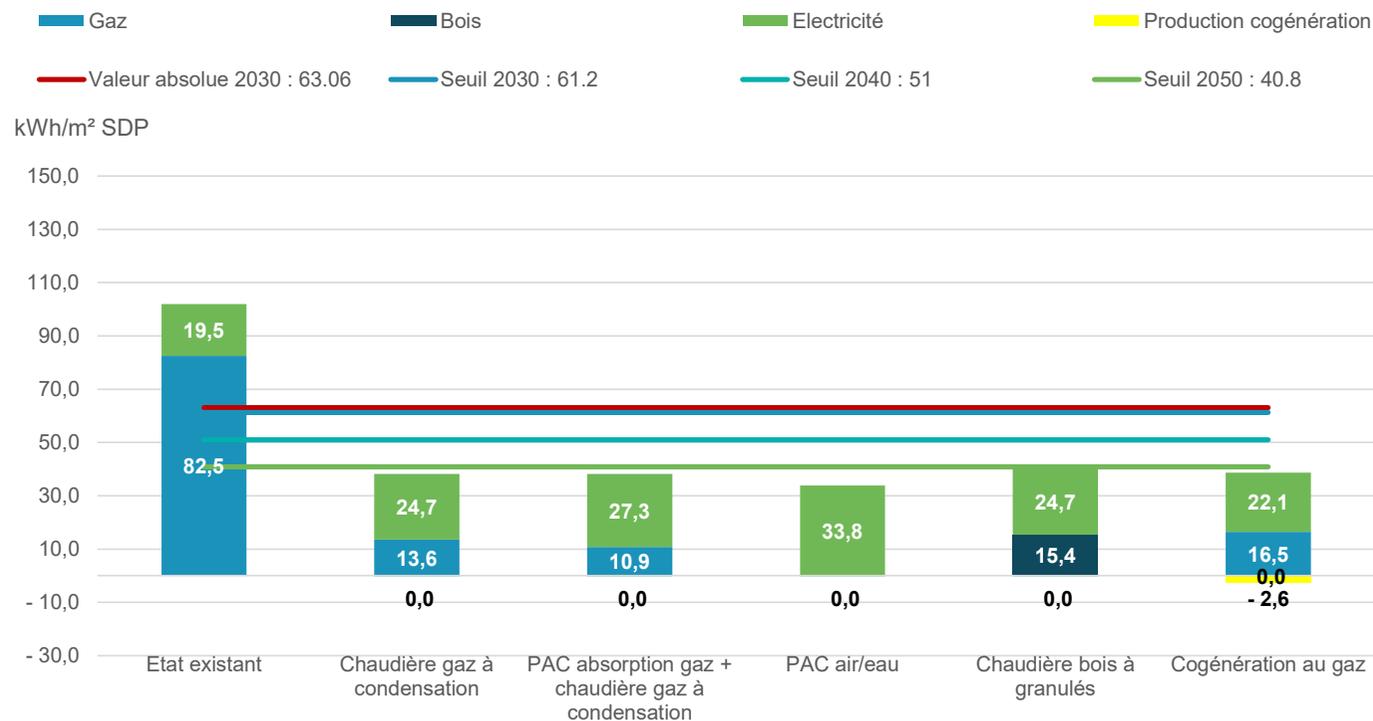
Un socle commun d'intervention sur le bâti,
indispensable à tous les systèmes pour atteindre le -60%

ENSEIGNEMENT zone H3



Résultats obtenus : en kWh/m² SDP

Comparaison des différentes solutions techniques en zone H3



Les solutions gaz permettent d'atteindre l'objectif -60% d'économie d'énergie.

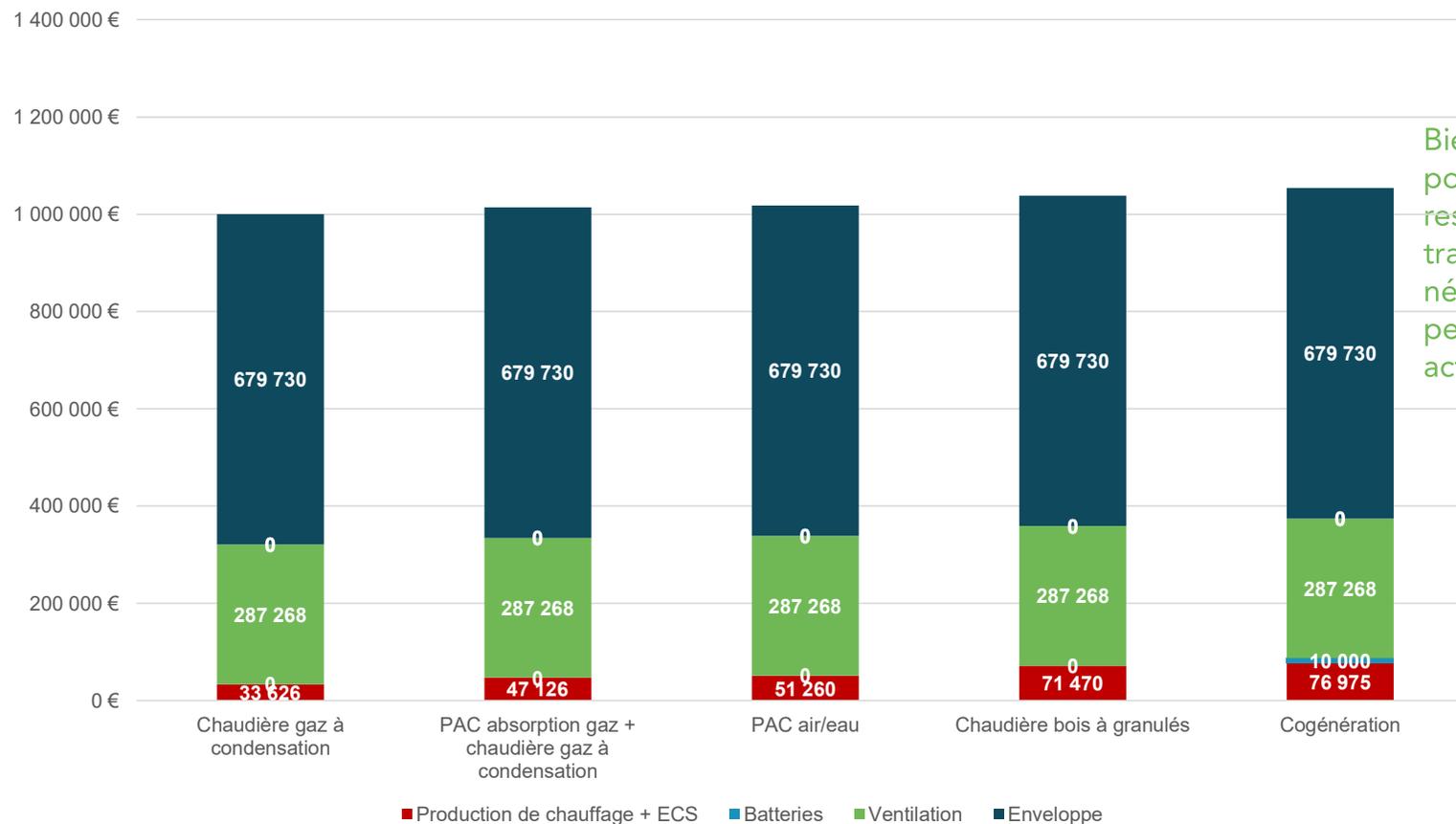
La pompe à chaleur électrique va même au-delà mais l'ensemble des autres travaux étaient nécessaires.

ENSEIGNEMENT zone H3



Résultats obtenus : investissement

Répartition des coûts d'investissement par scénario en zone H3



La solution chaudière condensation est la moins coûteuse.

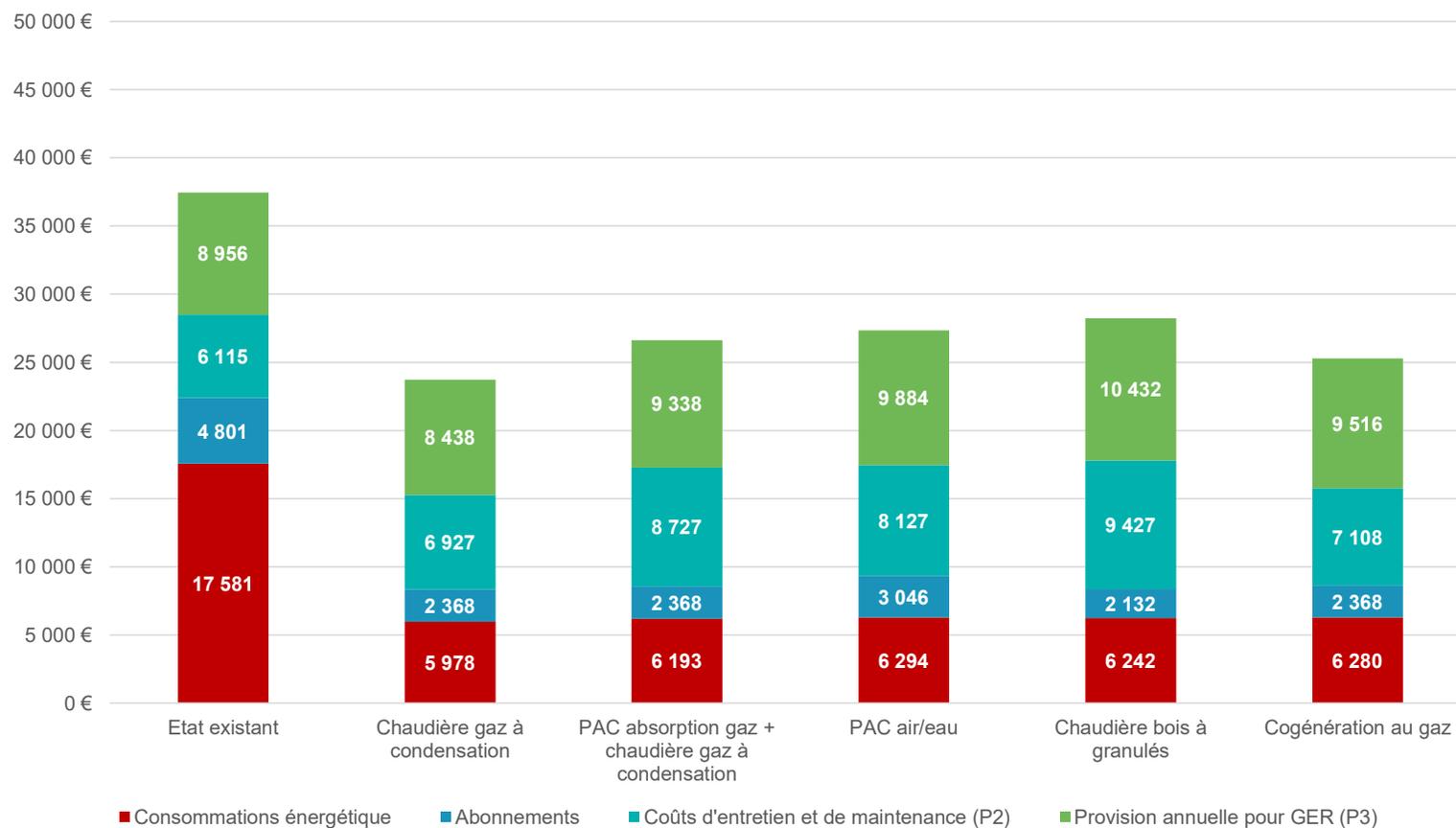
Bien que plus performantes les pompes à chaleur (abso et électrique) restent avec un surcoût car tous les travaux sur l'enveloppe restaient nécessaires. Leurs performances ne permet donc pas une optimisation des actions sur le bâti.

ENSEIGNEMENT zone H3



Résultats obtenus : Facture annuelle

Répartition des coûts annuels par scénario en zone H3



La solution chaudière condensation est la moins coûteuse.

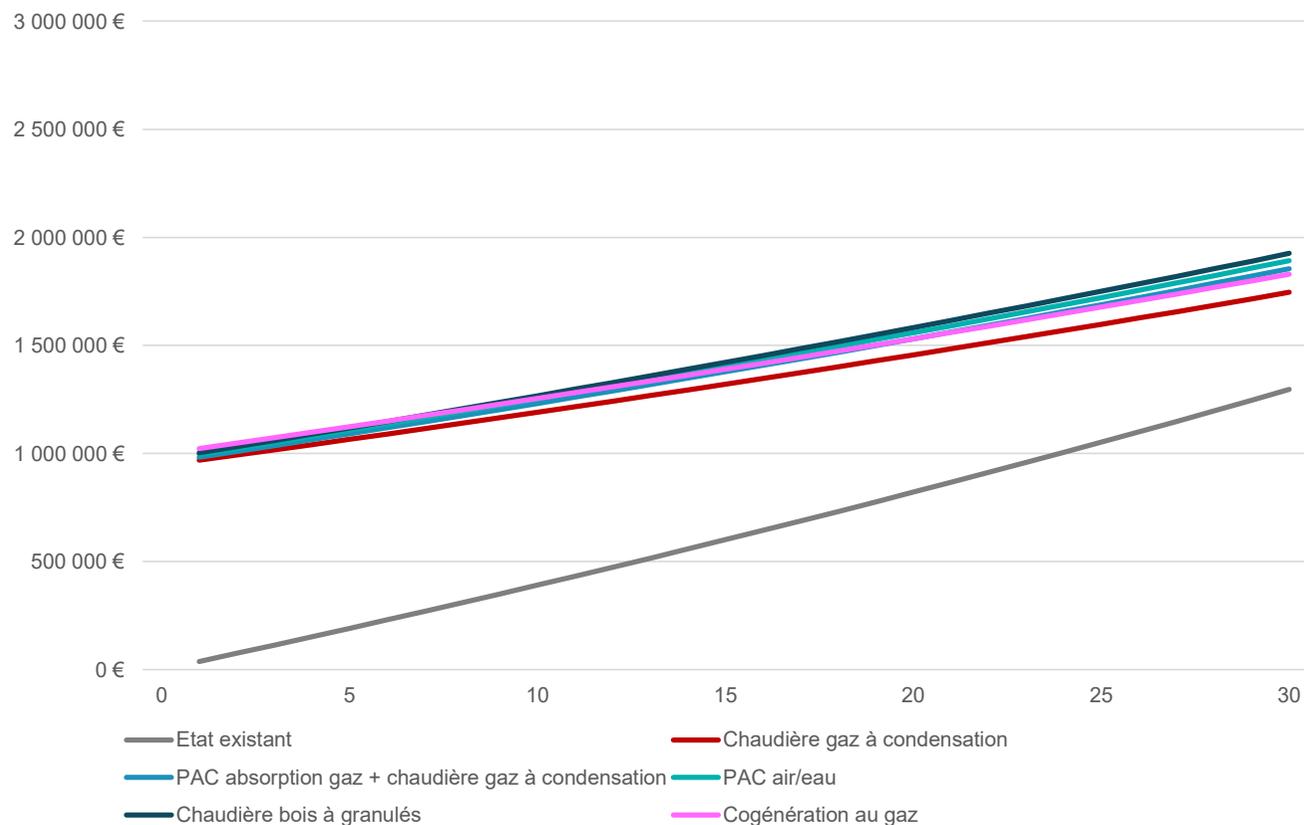
Les autres solutions sont pénalisées par des coûts de maintenance plus importants.

ENSEIGNEMENT zone H3



Résultats obtenus : Temps de retour sur 30 ans

Evolution des coûts annuels cumulés avec aides - Zone H3 -



Aucune des solutions ne présentent un temps de retour inférieur à 30 ans

Les temps de retour sont de :

51 ans pour la solution condensation

59 ans pour la solution pac abso

62 ans pour la solution pac électrique

65 ans pour la solution bois

55 ans pour la solution cogénération

ENSEIGNEMENT zone H3



Hypothèses prises : Investissement

Type d'investissement	Montant en € HT
Chaudière gaz à condensation	10156
PAC à absorption gaz	18000
PAC air/eau	32290
Chaudière bois à granulés	48000
Cogénération	43349
Rénovation de la panoplie de chauffage	11000
Installation de robinets thermostatiques	2970
Remplacement de la régulation par un optimiseur de relance	5 000
Mise en œuvre d'une ventilation mécanique double flux avec récupérateur d'énergie d'efficacité 90 %	287 268

Type d'investissement	Montant en € HT
Mise en place d'un ballon thermodynamique pour la production d'ECS de la cuisine	4 500
Isolation des combles ($R > 7.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)	64 935
Isolation thermique par l'extérieur ($R > 4.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)	381 241
Isolation des planchers donnant sur un vide sanitaire ($R > 4.4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)	49 220
Remplacement des menuiseries par du double vitrage ($U_w = 1.4$)	184 333
Stockage d'électricité	10 000

ENSEIGNEMENT zone H3



Autres hypothèses : prix des énergies

Energie	Composantes	Valeur du cas existant	Valeur après rénovation
Electricité	Puissance électrique souscrite	66 kVA	42 Kva 60 kVA si PAC électrique
	Coût abonnement électrique	4 552 €/an	2 132 €/an 3046 si PAC électrique
	Coût kWh électrique	159,7 €/MWh	77,7 €/MWh
Gaz	Coût abonnement gaz	249 €/an	236 €/an
	Coût kWh gaz	51,3 €/MWh	42,28 €/MWh
Bois	Coût kWh bois granulés	45 €/MWh	45 €/MWh

	Electricité	Gaz	Bois
Evolution du coût des énergies (Enerprix)	1,55%	1,24%	1,45%

Evolution du coût des abonnements	1,00%
Evolution des coûts d'entretien et de maintenance	1,00%

CEE :

- Le MWhcumac est valorisé à 6 €HT/MWhcumac -> même si actuellement elle est dans les 8 €HT/Mwhcumac, c'est une valeur historiquement haute, le BET a préféré prendre une valeur plus réaliste.

Fonds chaleur pour le cas granulé bois

ENSEIGNEMENT zone H3



Autres hypothèses : maintenance P2/P3 (H3)

		<i>Etat existant</i>	<i>Chaudière gaz à condensation</i>	<i>PAC absorption gaz + chaudière gaz à condensation</i>	<i>PAC air/eau</i>	<i>Chaudière bois à granulés</i>	<i>Cogénération au gaz</i>	
COÛTS DE MAINTENANCE (P2) en €/an	Production de chauffage	2 000	2 000	3 800	3 200	4 500	2 181	
	Ventilation	150	962					
	Eclairage CFO/CFA	1 655	1 655					
	Plomberie	2 310	2 310					
	TOTAL	6 115	6 927	8 727	8 127	9 427	7 108	
PROVISION ANNUELLE POUR GER (P3) en €/an	-	8 956	8 438	9 338	9 884	10 432	9 516	