

AMÉNAGEMENT NATURE, LOGEMENT

MINISTÈRE DU LOGEMENT,
ET DE L'HABITAT DURABLE

Arrêté du 22 décembre 2016 relatif à l'agrément des modalités de prise en compte du système « PAC Zéolithe » dans la réglementation thermique 2012 (JORF n° 0005 du 6 janvier 2017)

NOR : LHAL1625480A

Publics concernés : *maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, constructeurs et promoteurs, architectes, bureaux d'études thermiques, contrôleurs techniques, diagnostiqueurs, organismes de certification, entreprises du bâtiment, industriels des matériaux de construction et des systèmes techniques du bâtiment, fournisseurs d'énergie.*

Objet : *Prise en compte du système « PAC Zéolithe » dans la réglementation thermique (procédure dite « Titre V »).*

Entrée en vigueur : *les dispositions prises par cet arrêté sont applicables à compter du lendemain de la date de publication.*

Références : *le présent arrêté peut être consulté sur le site Légifrance (<http://www.legifrance.gouv.fr>).*

La ministre de l'environnement, de l'énergie et de la mer, chargée des relations internationales sur le climat, et la ministre du logement et de l'habitat durable,

Vu la directive 2010/31/UE du Parlement européen et du Conseil en date du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments (refonte);

Vu le code de la construction et de l'habitation, notamment ses articles L. 111-9 et R. 111-20;

Vu l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments;

Vu l'arrêté du 30 avril 2013 portant approbation de la méthode de calcul Th-B-C-E prévue aux articles 4, 5 et 6 de l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments;

Vu l'arrêté du 11 décembre 2014 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique applicables aux bâtiments nouveaux et aux parties nouvelles de bâtiment de petite surface et diverses simplifications;

Vu l'arrêté du 19 décembre 2014 modifiant les modalités de validation d'une démarche qualité pour le contrôle de l'étanchéité à l'air par un constructeur de maisons individuelles ou de logements collectifs et relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique applicables aux bâtiments collectifs nouveaux et aux parties nouvelles de bâtiment collectif,

Arrêtent:

Art. 1^{er}. – Conformément à l'article 50 de l'arrêté du 26 octobre 2010 susvisé, le mode de prise en compte du système « PAC Zéolithe » dans la méthode de calcul Th-BCE 2012, définie par l'arrêté du 30 avril 2013 susvisé, est agréé selon les conditions d'application définies en annexe¹ du présent arrêté.

¹ L'annexe du présent arrêté sera publiée au *Bulletin officiel* du ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer et du ministère du logement et de l'habitat durable.

Art. 2. – Le directeur de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages et le directeur général de l'énergie et du climat sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait le 22 décembre 2016.

*La ministre du logement
et de l'habitat durable,*
Pour la ministre et par délégation :
*Le sous-directeur de la qualité
et du développement durable
dans la construction,*
E. ACCHIARDI

*La ministre de l'environnement,
de l'énergie et de la mer,
chargée des relations internationales
sur le climat,*
Pour la ministre et par délégation :

*Le sous-directeur de la qualité
et du développement durable
dans la construction,*
E. ACCHIARDI

*Le directeur général de l'énergie
et du climat,*
L. MICHEL

A N N E X E

Modalités de prise en compte des systèmes « PAC Zéolithe » dans la réglementation thermique 2012

1/ Définition du système

Au sens du présent arrêté, une pompe à chaleur à adsorption à zéolithe est définie comme un système thermodynamique utilisant des cycles d'adsorption/désorption pour produire de la chaleur éventuellement supplées ou complétés suivant la puissance utile à fournir et le mode (chauffage ou ECS) par un brûleur gaz. Dans le cadre de ce titre V, les sources froides possibles alimentant l'évaporateur sont des sondes géothermiques ou des panneaux solaires thermiques. Ce système assure les besoins de chauffage et/ou de production d'eau chaude sanitaire du bâtiment.

2/ Domaine d'application

La présente méthode s'applique uniquement aux maisons individuelles ou accolées soumises aux exigences de l'arrêté du 26 octobre 2010. Il s'applique aux pompes à chaleur gaz à adsorption à zéolithe, sans appoint, associées à des radiateurs à eau chaude et/ou à des planchers chauffants sur vecteur eau et à des ventilo-convecteurs. Le présent titre V s'applique aux systèmes associés à un ballon de stockage pour la production d'ECS.

3/ Méthode de prise en compte

3.1 PRINCIPE DE LA MÉTHODE DE CALCULS

La méthode est basée sur un post-traitement des données issus d'un premier calcul réalisé selon la méthode TH-BCE avec :

- un générateur fictif pour le chauffage conformément au paragraphe 3.2: le générateur est modélisé par une PAC gaz à absorption sans perte pour obtenir les besoins aux bornes du générateur.
- un générateur fictif pour la production d'eau chaude sanitaire conformément au paragraphe 3.2: le générateur est modélisé par une chaudière gaz à condensation éventuellement complétée de panneaux solaire thermiques SSC conformément au paragraphe 3.2.

La consommation de chauffage est ensuite déterminée conformément au paragraphe 3.3 par un coefficient de performance annuel pour le chauffage.

Résultats issus du calcul fictif		Utilisé pour le calcul des besoins de chauffage
Recalculés et réutilisés ensuite pour le résultat final	Conservés tels quels dans le résultat final	
C _{ch ef} PAC fictive		X
C _{ch ep} PAC fictive		X
C _{pompes_cap_ep}		
	C _{ecs ep}	

Tableau 1. Traitement des résultats issus du calcul avec une PAC fictive

Type d'auxiliaire	Mode de calcul de la consommation des auxiliaires électriques	Paramètre à renseigner
Pompe de captage géothermie	Calculée via l'étape de calcul avec la PAC fictive.	Ppompes_Cap : Puissance à rentrer par l'utilisateur en fonction du projet dans l'outil de calcul RT classique.
Pompe de circulation panneaux solaires		P_np: Puissance à rentrer par l'utilisateur en fonction du projet dans l'outil de calcul RT classique.
Auxiliaires électriques de la PAC zéolithe en mode chauffage (hors auxiliaires permanents)	Obtenue via le calcul du COP annuel chauffage en énergie primaire. Les consommations électriques sont obtenues à partir de l'interpolation des matrices d'essai aux conditions de fonctionnement du projet.	Sans Objet
Auxiliaires électriques de la PAC zéolithe en mode ECS (hors auxiliaires permanents)	Calculée via l'étape de calcul avec la PAC fictive (qui est associée à une chaudière gaz à condensation représentant le mode de production ECS).	Q_aux_nom: Puissance auxiliaire électrique nominale à rentrer par l'utilisateur en fonction du projet dans les caractéristiques de la chaudière gaz à condensation dans l'outil de calcul RT classique.
Auxiliaires permanents électriques de la PAC zéolithe en mode chauffage et ECS	Calculée via l'étape de calcul avec la PAC fictive (qui est associée à une chaudière gaz à condensation représentant le mode de production ECS).	Q_veille : Puissance auxiliaire électrique de veille à rentrer par l'utilisateur en fonction du projet dans les caractéristiques de la chaudière gaz à condensation dans l'outil de calcul RT classique.

Tableau 2. Mode de calcul de la consommation des auxiliaires électriques de la PAC zéolithe

3.2 SAISIE DES GÉNÉRATEURS FICTIFS

3.2.1 CAS DE LA PAC ZEOLITHE ASSOCIÉES À DES CAPTEURS SOLAIRES THERMIQUES

Pour le chauffage, le système fictif est une PAC gaz air extérieur/eau sans perte de génération. Les systèmes d'émission et de distribution restent identiques à ceux du projet. Pour la production d'ECS, le système est une chaudière gaz à condensation dont les caractéristiques sont explicitées dans la suite associées à des panneaux solaires thermiques de type SSC.

- Génération :
 - Générateurs en cascade ;
 - Fonctionnement à la température moyenne de distribution des réseaux ;
 - Raccordement avec isolement ;
- Générateur :
 - Système : PAC gaz non réversible type air extérieur/eau haute température ;
 - Production stockage : chaudière gaz à condensation couplée à un système solaire collectif (SSC). Voir ci-après le calcul pour la partie ECS.

Saisie de la PAC électrique sans pertes :

Matrice des performances : GUE

GUE		T amont (air extérieur)				
		-15	-7	2	7	20
T aval (eau)	30	1	1	1	1	1
	35	1	1	1	1	1
	45	1	1	1	1	1
	50	1	1	1	1	1
	60	1	1	1	1	1

Matrice des puissances gaz absorbées : Pabs

Puissance absorbée		T amont (air extérieur)				
		-15	-7	2	7	20
T aval (eau)	30	Pn _{CH_tot}	Pn _{CH_tot}	Pn _{CH_tot}	Pn _{CH_tot}	Pn _{CH_tot}
	35	Pn _{CH_tot}	Pn _{CH_tot}	Pn _{CH_tot}	Pn _{CH_tot}	Pn _{CH_tot}
	45	Pn _{CH_tot}	Pn _{CH_tot}	Pn _{CH_tot}	Pn _{CH_tot}	Pn _{CH_tot}
	50	Pn _{CH_tot}	Pn _{CH_tot}	Pn _{CH_tot}	Pn _{CH_tot}	Pn _{CH_tot}
	60	Pn _{CH_tot}	Pn _{CH_tot}	Pn _{CH_tot}	Pn _{CH_tot}	Pn _{CH_tot}

Avec :

- Pn_{CH_tot} (kW) : puissance utile nominale en mode chauffage de la génération selon la norme NF EN 12 309-7 (tableau 9, conditions haute température, catégorie « à capteurs solaires »).

Matrice des indicateurs de certification

COR_CH		T amont (air extérieur)				
		-15	-7	2	7	20
T aval (eau)	30	1	1	1	1	1
	35	1	1	1	1	1
	45	1	1	1	1	1
	50	1	1	1	1	1
	60	1	1	1	1	1

Matrice des puissances électriques des auxiliaires à pleine charge : Paux_pc

Paux_pc		T amont (air extérieur)				
		-15	-7	2	7	20
T aval (eau)	30	0	0	0	0	0
	35	0	0	0	0	0
	45	0	0	0	0.0001	0
	50	0	0	0	0	0
	60	0	0	0	0	0

Limite sur les températures de sources

- Pas de limite par rapport aux températures de source ;

Fonctionnement à charge partielle

- Statut_Bruteur = 1, valeur déclarée
- Fonctionnement en mode continu du brûleur ou en cycles marche/arrêt ;
- Taux de charge minimal en fonctionnement continu : LRcontmin = 0,01 ;

- Correction de performance à charge minimale : CCP_LRcontmin = 1 ;
- Statut_Autres_Donnees = 0, valeur certifiée.

Auxiliaires

- Puissance d'auxiliaires à charge nulle: Paux0 = 0 ;
- Typo_Emetteur : typologie d'émission à choisir en fonction du projet ;
- Rdt_Comp = 100, rendement sur PCI de combustion du gaz ;
- Pertes_40deg : 0 W, pertes de la PAC durant les phases d'arrêt.

Saisie des données d'entrée pour le calcul de la consommation ECS

Les panneaux solaires thermiques du SSC associés à une chaudière gaz à condensation sont saisis conformément au projet.

Service du générateur

Id_Fou_Gen_1 : 1

Indice de priorité ECS

Idpriorite_ECS : 1

Rendements à 100%, à charge partielle et pertes à l'arrêt

Le rendement du brûleur gaz de la PAC gaz à adsorption à zéolithe offre deux alternatives pour sa saisie du:

- La saisie directe de la valeur du point d'essai A de la norme NF En 12 309-7 au régime très haute température (c'est à dire 65°C/48°C) certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN 45011 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation.
- A défaut de valeur certifiée, les valeurs par défaut indiquées dans le paragraphe 10.18 de la méthode TH-BCE sont retenues.

Le rendement à charge partielle n'impacte pas le résultat du calcul de consommation d'ECS. La valeur par défaut est donc retenue. La valeur certifiée du rendement à 100% sera saisie en priorité.

Les pertes à charge nulle sont données pour un écart de 30°C entre l'eau chaude et l'air ambiant. En cas d'absence de valeur, c'est la valeur par défaut qui est retenue.

Auxiliaires de génération

La puissance électrique de veille à saisir dans la partie chaudière est la puissance de veille de la PAC zéolithe à charge nulle dans son ensemble.

La puissance électrique des auxiliaires à la puissance nominale est la somme de la puissance de veille définie ci-dessus et des autres auxiliaires mesurés à pleine charge de la partie chaudière.

3.2.2 CAS DES PAC ZÉOLITHE ASSOCIÉES À DES CAPTEURS GÉOTHERMIQUES

Pour le chauffage, le système fictif est une PAC gaz eau glycolée/eau haute température sans perte de génération. Les systèmes d'émission et de distribution restent identiques à ceux du projet. Pour l'ECS, le système est une chaudière gaz à condensation.

- Génération :
 - Générateurs en cascade ;
 - Fonctionnement à la température moyenne de distribution des réseaux ;
 - Raccordement avec isolement;
- Générateur :
 - Système : PAC gaz non réversible type eau glycolée/eau haute température sur boucle de captage géothermique;
 - Production stockage : chaudière gaz à condensation. Voir ci-après le calcul pour la partie ECS.

Matrice des performances : GUE

GUE		T amont				
		-2,5	4,5	7,5	12,5	17,5
T aval (eau)	30	1	1	1	1	1
	35	1	1	1	1	1
	45	1	1	1	1	1
	50	1	1	1	1	1
	60	1	1	1	1	1

Matrice des puissances gaz absorbées : Pabs

Puissance absorbée		T amont				
		-2,5	4,5	7,5	12,5	17,5
T aval (eau)	30	Pn _{CH_tot}				
	35	Pn _{CH_tot}				
	45	Pn _{CH_tot}				
	50	Pn _{CH_tot}				
	60	Pn _{CH_tot}				

Avec :

- Pn_{CH_tot} (kW) : puissance utile nominale en mode chauffage de la génération selon la norme NF EN 12 309-7 (tableau 9, conditions haute température, catégorie « géothermique »).

Matrice des indicateurs de certification

COR_CH		T amont				
		-2,5	4,5	7,5	12,5	17,5
T aval (eau)	30	1	1	1	1	1
	35	1	1	1	1	1
	45	1	1	1	1	1
	50	1	1	1	1	1
	60	1	1	1	1	1

Matrice des puissances électriques des auxiliaires à pleine charge : Paux_pc

Paux_pc	T amont				
	-2,5	4,5	7,5	12,5	17,5

T aval (eau)	30	0	0	0	0	0
	35	0	0	0	0	0
	45	0.0001	0	0	0	0
	50	0	0	0	0	0
	60	0	0	0	0	0

Limite sur les températures de sources

- Pas de limite par rapport aux températures de source ;

Fonctionnement à charge partielle

- Statut_Bruteur = 1, valeur déclarée
- Fonctionnement en mode continu du brûleur ou en cycles marche/arrêt ;
- Taux de charge minimal en fonctionnement continu : LRcontmin = 0,01 ;
- Correction de performance à charge minimale : CCP_LRcontmin = 1 ;
- Statut_Autres_Donnees = 0, valeur certifiée.

Auxiliaires

- Puissance d'auxiliaires à charge nulle: Paux0 = 0 ;
- Typo_Emetteur : typologie d'émission à choisir en fonction du projet ;
- Rdt_Comp = 100, rendement sur PCI de combustion du gaz ;
- Pertes_40deg : 0 W, pertes de la PAC durant les phases d'arrêt.

Données d'entrée pour le calcul de la consommation ECS

La saisie est identique à celle décrite au paragraphe 3.2.1

3.3 POST TRAITEMENT DES DONNÉES DE SORTIE DU PREMIER CALCUL AVEC LES GENERATEURS FICTIFS

L'algorithme de traitement des données de sorties du premier calcul avec les générateurs fictifs est décrit ci-dessous.

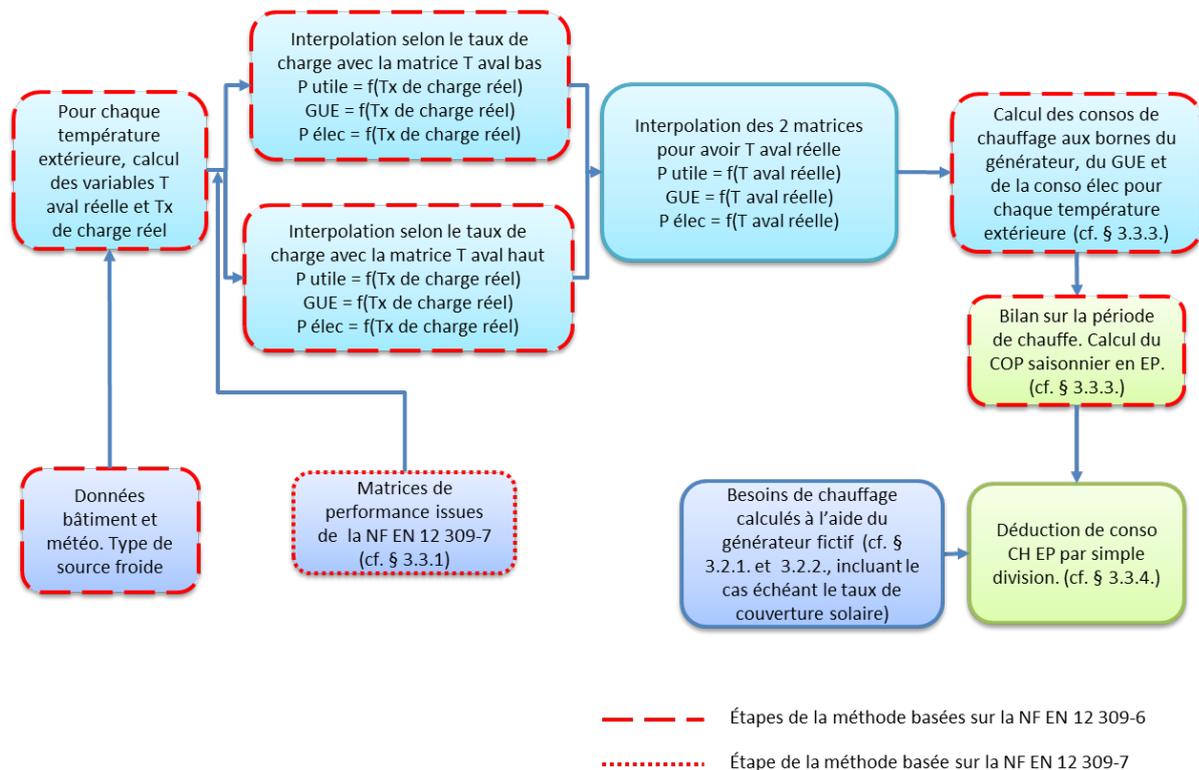


Figure 1. Logigramme de la méthode de calcul du COP chauffage annuel de la PAC zéolithe

3.3.1 MATRICES DES DONNÉES D'ENTRÉE ISSUES DES ESSAIS DE LA NF EN 12 309-7

La NF EN 12 309-7 fournit des matrices d'essai contenant les performances de la PAC suivant le taux de charge et la température aval (voir tableau 4). Les valeurs des performances en fonction de la température amont, de la température aval et du taux de charge sont déterminées par interpolations à partir de ces matrices. Le paramètre taux de charge et température amont sont liés. Dans le cas d'une PAC zéolithe géothermique, afin de définir les performances à Tamont issue de la méthode Th-BCE, les coefficients de correction ci-dessous sont appliqués.

	Pu	GUE	AEF
Coefficient de correction à appliquer aux valeurs d'essai de la NF EN 12 309-7	0,97	0,97	1,01

Tableau 3. Coefficients de correction à appliquer aux valeurs d'essais tirées de la NF en 12 309-7 dans le cas d'une PAC zéolithe avec géothermie

T aval de dimensionnement (pour T extérieure = T base) : 35 °C / 28 °C				
Essais NF EN 12 309-7	Taux de charge	P_{utile}	GUE	AEF_{aux}
A	100%			
B	75%			
C	60%			
D	50%			
E	30%			
F	15%			

T aval de dimensionnement (pour T extérieure = T base) : 55 °C / 43 °C				
Essais NF EN 12 309-7	Taux de charge	P_{utile}	GUE	AEF_{aux}
A	100%			
B	75%			
C	60%			
D	50%			
E	30%			
F	15%			

Tableau 4. Exemple de matrices de données d'essai tirées de la NF en 12 309-7

Les valeurs des taux de charge des essais sont données à titre indicatif et peuvent varier légèrement (dans les conditions prévues par la NF EN 12 309-7), elles doivent donc être précisées dans le cas où des valeurs d'essais sont à disposition (certifiées, justifiées ou déclarées). Il est obligatoire de renseigner l'ensemble des points A à F pour rentrer une matrice. Pour chaque température extérieure, les performances de la PAC zéolithe sont obtenues par interpolation des valeurs à T aval 1 et T aval 2 ou au besoin extrapolées à partir des valeurs de taux de charge les plus proches selon les algorithmes du paragraphe 3.3.2.

3.3.2 TRAITEMENT DES DONNÉES D'ENTRÉE DE LA MÉTHODE DE CALCUL

Les valeurs de $P_{utile\ T_{ext\ ch}}$, $GUE_{T_{ext\ ch}}$ et de $AEF_{aux\ T_{ext\ ch}}$ sont calculées pour chaque température extérieure en fonction de la valeur de la température aval et du taux de charge correspondant. Ce dernier paramètre est relié à la température extérieure par les formules suivantes :

$$Taux_charge_{T_{ext\ ch}} = \frac{(T_{ext} - T_{arrêt_ch})}{(T_{base_ch} - T_{arrêt_ch})} \times C_{dim}$$

Avec

- T_{ext} : température extérieure
- $T_{arrêt_ch}$: température d'arrêt du chauffage

$$T_{arrêt_ch} = \text{Min} \left(\frac{T_{moyenne}(Mois_{début_ch}) + T_{moyenne}(Mois_{fin_ch})}{2}; 17 \right)$$

- C_{dim} : coefficient mesurant l'écart entre la puissance thermique effectivement requise aux bornes de la PAC zéolithe à la température de base et la puissance nominale fournie par la PAC zéolithe

$$C_{dim} = \frac{P_{conception_T_{base}}}{P_{nom}}$$

- P_{nom} : puissance nominale fournie par la PAC zéolithe
- $Mois_{fin_ch}$: Mois de fin de la saison de chauffage : mois précédent le premier mois de consommation nulle de chauffage ;
- $Mois_{début_ch}$: Mois de reprise de la saison de chauffage : mois suivant le dernier mois de

consommation nulle de chauffage.

La température d'arrêt du chauffage est alors égale à la moyenne mensuelle des mois $Mois_{début\ ch}$ et $Mois_{fin\ ch}$. Si la saison de chauffage ne s'arrête pas durant l'année alors la température de conception est prise égale à 17°C.

- $P_{conception_Tbase}$: puissance thermique effectivement requise aux bornes de la PAC zéolithe à la température de base

$$P_{conception_Tbase} = \frac{B_{ch} \times SHON_{RT} \times (T_{arrêt_ch} - T_{base_ch})}{\sum_{T_{base_ch}}^{T_{arrêt_ch}} (Durée_{T_{ext_ch}} \times (T_{arrêt_ch} - T_{ext}))}$$

- $SHON_{RT}$: surface au sens de la RT
- $Durée_{T_{ext_ch}}$: durée du bin pour une température extérieure donnée
- C_{ch_ef} : consommation en énergie finale du générateur fictif correspondant aux besoins de chauffage aux bornes de la PAC zéolithe (calcul explicité au 3.2.1. et au 3.3.2.)

La formule pour T_{aval} est celle de la méthode TH-BCE (équation 924 §10.6.3.3.2.6.1)

Si $T_{ext} \geq T_{arrêt_ch}$, $T_{aval} = T_{dep_ch_min}$

Si $T_{ext} \leq T_{base_ch}$, $T_{aval} = T_{dep_dim_ch}$

Si $T_{base_ch} < T_{ext} < T_{arrêt_ch}$, $T_{aval} = T_{dep_dim_ch} + \frac{(T_{dep_ch_min} - T_{dep_dim_ch})}{(T_{arrêt_ch} - T_{base_ch})} \times (T_{ext} - T_{base})$

Avec :

- $T_{dep_dim_ch}$: température aval de dimensionnement de chauffage (donnée d'entrée de dimensionnement de la PAC zéolithe)
- $T_{dep_ch_min}$: température aval minimum du chauffage

Les données d'entrée sont fournies sous forme de matrices fonction du taux de charge et de la température aval. Pour chaque température extérieure le couple Taux de charge, T aval est disponible. Par double interpolation, on détermine pour chaque température extérieure les valeur de $P_{utile\ T_{ext\ ch}}$, $GUE_{T_{ext\ ch}}$, $AEF_{aux\ T_{ext\ ch}}$. On appelle $Perf$ indifféremment ces trois derniers dans la suite selon les formules dsuivantes :

Cas avec deux matrices d'essai avec T aval essai encadrant la valeur de T aval projet

1) Valeur de $Perf$ à un taux de charge $Taux_charge_{T_{ext\ ch}}$ donné pour une température aval fixée $T_{aval\ 1}$:

$$Perf_{T_{aval\ 1}}(Taux_charge_{T_{ext\ ch}}) = \frac{(Perf_{T_{aval\ 1}}(Taux_charge\ 2) - Perf_{T_{aval\ 1}}(Taux_charge\ 1)) \times (Taux_charge_{T_{ext\ ch}} - Taux_charge\ 1)}{(Taux_charge\ 2 - Taux_charge\ 1)} + Perf_{T_{aval\ 1}}(Taux_charge\ 1)$$

2) Valeur de $Perf$ à un taux de charge donné $Taux_charge_{T_{ext\ ch}}$ pour une température aval fixée $T_{aval\ 2}$:

$$Perf_{T_{aval\ 2}}(Taux_charge_{T_{ext\ ch}}) = \frac{(Perf_{T_{aval\ 2}}(Taux_charge\ 2) - Perf_{T_{aval\ 2}}(Taux_charge\ 1)) \times (Taux_charge_{T_{ext\ ch}} - Taux_charge\ 1)}{(Taux_charge\ 2 - Taux_charge\ 1)} + Perf_{T_{aval\ 2}}(Taux_charge\ 1)$$

3) Valeur de $Perf$ à un taux de charge donné $Taux_charge_{T_{ext\ ch}}$ pour une température aval donnée :

$$Perf_{T_{ext_ch}} = (Perf_{T_{aval\ 2}}(Taux_charge_{T_{ext_ch}}) - Perf_{T_{aval\ 1}}(Taux_charge_{T_{ext_ch}})) \times \frac{(T_{aval\ 2} - T_{aval\ 1})}{(T_{aval\ 2} - T_{aval\ 1})} + Perf_{T_{aval\ 1}}(Taux_charge_{T_{ext_ch}})$$

- $Perf$ = valeur de $P_{utile\ T_{ext\ ch}}$, $GUE_{T_{ext\ ch}}$ ou $AEF_{aux\ T_{ext\ ch}}$
- $T_{aval\ 1}$: moyenne de la température au niveau du condenseur pour le régime d'essai 1 à la température de base. (par exemple pour un régime de 35°C/28°C à la température de base, $T_{aval\ 1} = 31,5^{\circ}C$)
- $T_{aval\ 2}$: moyenne de la température au niveau du condenseur pour le régime d'essai 2 à la température de base. (par exemple pour un régime de 55°C/43°C à la température de base, $T_{aval\ 2} > T_{aval\ 1}$)
- $Taux_charge_{T_{ext\ ch}}$: taux de charge de la PAC zéolithe pour une température extérieure donnée calculé comme indiqué au 3.3.2.
- $Taux_charge\ 1$ et $Taux_charge\ 2$: taux de charge disponibles dans la matrice d'essai et ils sont définis comme les taux de charge les plus proches encadrant la valeur de $Taux_charge_{T_{ext\ ch}}$

Le calcul 3) permet d'obtenir pour chaque température extérieure les performances de la PAC zéolithe. $T_{aval\ 1}$, $T_{aval\ 2}$, $Taux_charge\ 1$ et $Taux_charge\ 2$ sont imposées par les données d'essai disponibles.

Cas avec une matrice d'essai ou de matrices avec T_{aval} essai n'encadrant pas la valeur de T_{aval} projet

Lorsque les températures aval de dimensionnement des matrices dont dispose l'utilisateur n'encadrent pas la valeur de la température aval de dimensionnement du projet, on a recours à des valeurs par défaut pénalisantes. Si la température aval de dimensionnement du projet est supérieure, on utilise les valeurs par défaut (solution 4 ci-dessous). Si elle est inférieure, on prend les valeurs de la matrice qui a la température aval de dimensionnement la plus proche et cela revient à faire un calcul avec une seule matrice.

1) Valeur de $Perf$ à un taux de charge $Taux_charge_{T_{ext\ ch}}$ donné pour une température aval fixée $T_{aval\ 1}$:

$$Perf_{T_{aval\ 1}}(Taux_charge_{T_{ext\ ch}}) = \frac{(Perf_{T_{aval\ 1}}(Taux_charge\ 2) - Perf_{T_{aval\ 1}}(Taux_charge\ 1)) \times (Taux_charge_{T_{ext\ ch}} - Taux_charge\ 1)}{(Taux_charge\ 2 - Taux_charge\ 1)} + Perf_{T_{aval\ 1}}(Taux_charge\ 1)$$

2) Valeur de $Perf$ à un taux de charge donné $Taux_charge_{T_{ext\ ch}}$ pour une température aval donnée :

- $Perf_{T_{ext\ ch}} = Perf_{T_{aval\ 1}}(Taux_charge_{T_{ext\ ch}})$
- $Perf$ = valeur de $P_{utile\ T_{ext\ ch}}$, $GUE_{T_{ext\ ch}}$ ou $AEF_{aux\ T_{ext\ ch}}$
- $T_{aval\ 1}$: moyenne de la température au niveau du condenseur pour le régime d'essai 1 à la température de base. (par exemple pour un régime de 35°C/28°C à la température de base, $T_{aval\ 1} = 31,5^{\circ}C$)
- $Taux_charge_{T_{ext\ ch}}$: taux de charge de la PAC zéolithe pour une température extérieure donnée calculé comme indiqué au 3.3.2.
- $Taux_charge\ 1$ et $Taux_charge\ 2$: taux de charge disponibles dans la matrice d'essai et ils sont définis comme les taux de charge les plus proches encadrant la valeur de $Taux_charge_{T_{ext\ ch}}$

Cas sans matrice d'essai

On a alors recours aux équations utilisées pour le calcul du rendement d'une chaudière gaz à condensation de TH-BCE. (c.-à-d. les équations 1122 à 1134 dans l'arrêté du 20 juillet 2011 portant sur

la méthode TH-BCE, cf. point 4 ci-dessous).

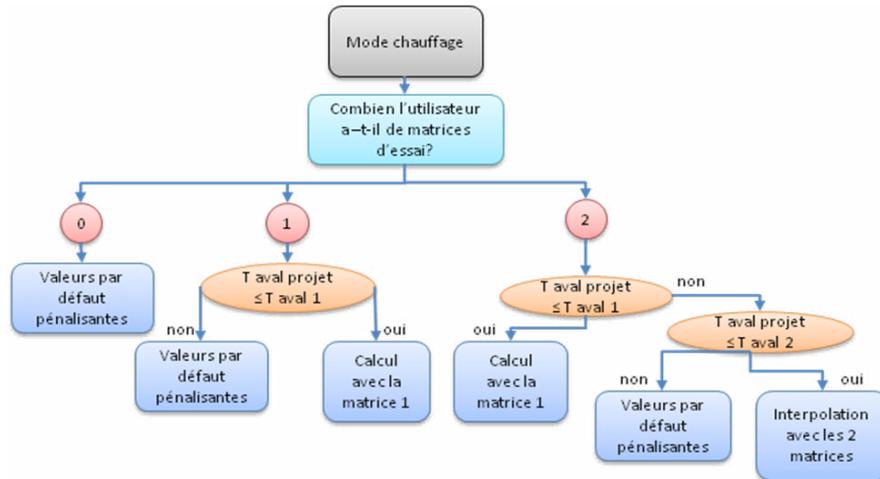


Figure 2. Logigramme du type de valeurs de performances utilisées pour le post-traitement

Les valeurs de $GUE_{Text\ ch}$ et $AEF_{aux\ Text\ ch}$ dans chaque matrice sont traitées de 4 façons suivant leur statut :

1. Les valeurs des essais sont certifiées : la valeur utilisée dans le calcul est la valeur certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN 45011 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation (cf. tableau 130 de l'arrêté du 20 juillet 2011 portant sur la méthode TH-BCE).
2. Les valeurs des essais sont justifiées par un essai par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation : la valeur de calcul est égale à $0,9 \times$ valeur justifiée.
3. Les valeurs des essais sont déclarées : la valeur utilisée dans le calcul est égale à $0,8 \times$ valeur déclarée.
4. En utilisant des valeurs par défaut pénalisantes: les valeurs sont obtenues à partir des équations utilisées pour le calcul du rendement d'une chaudière gaz à condensation de TH-BCE (c.-à-d. les équations 1122 à 1134 dans l'arrêté du 20 juillet 2011 portant sur la méthode TH-BCE). Les valeurs de rendement nominal R_{pn} , de rendement à charge intermédiaire R_{pint} , de pertes à charge nulle et de puissance des auxiliaires de la génération sont les valeurs par défaut proposées dans le §10.18 de l'arrêté du 20 juillet 2011 portant sur la méthode TH-BCE.

3.3.3 CALCUL DU COP EN ÉNERGIE PRIMAIRE

Le COP annuel chauffage en énergie primaire de la PAC gaz à adsorption à zéolithe est calculé à partir des essais réalisés suivants la norme NF EN 12 309-7 : Appareils à sorption fonctionnant au gaz pour le chauffage et/ou le refroidissement de débit calorifique sur PCI inférieur ou égal à 70 kW - Partie 7 : dispositions spécifiques pour les appareils hybrides.

La méthodologie de calcul s'inspire de la norme NF EN 12 309-6 : Appareils à sorption fonctionnant au gaz pour le chauffage et/ou le refroidissement de débit calorifique sur PCI inférieur ou égal à 70 kW - Partie 6 : calcul des performances saisonnières.

Pour les besoins du calcul, on définit ainsi les termes :

Termes calculés directement tirés des données d'essai :

- $P_{\text{utile Text ch}}$: puissance utile délivrée par la PAC zéolithe pour assurer les besoins thermiques
- GUE : rendement d'utilisation du gaz sur PCI défini selon la norme NF EN 12 309-1
- AEF : ratio d'utilisation de l'électricité des auxiliaires, égal à la puissance utile délivrée par la PAC sur la puissance absorbée par les auxiliaires électriques aux conditions de fonctionnement
- COP : coefficient de performance de la PAC zéolithe prenant en compte les consommations de gaz et d'électricité (calcul explicité ci-après)
- C_{gaz} : consommation de gaz de la PAC
- C_{aux} : consommation des auxiliaires électriques lorsque la PAC est sous tension et que les besoins de chauffage sont non nuls
- C_{utile} : chaleur utile produite par la PAC pour assurer les besoins thermiques

Les suffixes « ch » sont apposés pour signifier que l'on parle de la production de chauffage uniquement. Les suffixes « Text » ou « annuel » sont utilisés respectivement lorsqu'il s'agit d'un calcul pour une température extérieure donnée ou un calcul sur la saison de chauffe.

Les fichiers météo horaires des huit zones climatiques sont retraités afin d'obtenir une répartition d'heures de saison de chauffe pour chaque température extérieure, $Durée_{\text{Text ch}}$, (discretisée en nombres entiers de la température minimum à la température maximum suivant la méthode « bin ») vue par le bâtiment. La température extérieure considérée tient compte de l'altitude selon l'équation §5.1.3 de la dans la méthode TH-BCE).

$$Text_{ch} = Text_{ch_0} - 0,005 \times alt_{corr}$$

$Text_{ch}$: température extérieure corrigée de l'altitude

$Text_{ch_n}$: température extérieure sans correction d'altitude

alt_{corr} : altitude du bâtiment. Si l'altitude est inférieure ou égale à 400m, le site est considéré à 100m et $alt_{corr} = 100 \text{ m}$. Si l'altitude est comprise entre 400m et 800m inclus, le site est considéré à 500m, $alt_{corr} = 500 \text{ m}$. Si l'altitude est supérieure à 800m, le site est considéré à 900m, $alt_{corr} = 900 \text{ m}$.

Pour chaque valeur de température extérieure $Text_{ch}$ du fichier météo, heure par heure, on calcule la durée des occurrences de cette température en saison de chauffage selon la formule :

$$Durée_{\text{Text ch}} = \sum_1^{9760} is_{\text{Text ch}} \times is_{\text{sais ch}}$$

- $is_{\text{Text ch}}$: est égal à un 1 si la température extérieure arrondie à l'unité est égale à la température extérieure pour laquelle on calcule la durée des occurrences
- $is_{\text{sais ch}}$: est égal à 1 si le pas de temps est inférieur à $Fin_{\text{saison ch}}$ ou supérieur à $Début_{\text{saison ch}}$

Le début et la fin de saison de chauffage sont déterminés par le profil de besoins mensuels fourni par le calcul RT 2012. On considère qu'un mois est inclus dans la saison de chauffage lorsque le besoin associé est non nul. Les équations associées sont les suivantes :

$$Début_{\text{saison ch}} = \sum_1^{12} is_{\text{début sais ch}} \times nbre_jours_mois \times 24$$

- $Début_{\text{saison ch}}$: heure du début de saison de chauffage (calculé à partir de la répartition des besoins de chauffage. (Par exemple, si les besoins de chauffage deviennent non nuls en octobre,

$$\text{Début}_{\text{ saison_ch}} = (31+28+31+30+31+30+31+31+30) \times 24 = 6552).$$

- $is_début_sais_ch$: indicateur de contrôle pour vérifier pour chaque mois s'il est situé avant la saison de chauffage. Il est égal à 1 si le numéro du mois est strictement inférieur au numéro du mois de début de saison de chauffage Ce numéro est le numéro du premier mois aux besoins non nul en partant de la fin de l'année (dans l'exemple, 10).
- $nbre_jours_mois$: nombre de jours pour chaque mois (cf. tableau ci-dessous)
- 24 : coefficient pour convertir les jours en heures

Mois	numéro mois	nbre_jours_mois
Janvier	1	31
Février	2	28
Mars	3	31
Avril	4	30
Mai	5	31
Juin	6	30
Juillet	7	31
Août	8	31
Septembre	9	30
Octobre	10	31
Novembre	11	30
Décembre	12	31

Tableau 7. Numérotation des mois et nombre de jours associés

$$\text{Fin}_{\text{ saison_ch}} = \sum_1^{12} is_fin_sais_ch \times nbre_jours_mois \times 24$$

- $\text{Fin}_{\text{ saison_ch}}$: heure de fin de saison de chauffage (calculé à partir de la répartition des besoins de chauffage. (Par exemple, si les besoins de chauffage deviennent nuls en mai, $\text{Fin}_{\text{ saison_ch}} = (31+28+31+30) \times 24 = 2880$).
- $is_fin_sais_ch$: indicateur de contrôle pour vérifier pour chaque mois s'il est avant la fin de la saison de chauffage. Il est égal à 1 si le numéro du mois est inférieur ou égal au numéro du mois d'arrêt de chauffage. Ce numéro est le numéro du dernier mois aux besoins non nul en partant du début de l'année (dans l'exemple, 4).
- $nbre_jours_mois$: nombre de jours pour chaque mois

Les puissances $P_{\text{utile Text ch}}$ et les consommations $C_{\text{utile Text ch}}$ calculées pour chaque température extérieure sont calculées à partir de l'interpolation des données d'essai des matrices tirées de la NF EN 12 309-7 (cf. § 3.3.2.) conformément à la norme NF EN 12 309-6. On fait ensuite le bilan sur la saison de chauffage aux bornes de la PAC zéolithe:

- la chaleur utile générée sur la saison de chauffage

$$C_{\text{utile annuelle ch}} = \sum_{\text{Text min}}^{\text{Text max}} P_{\text{utile Text ch}} \times \text{Durée}_{\text{Text ch}}$$

- la consommation de gaz PCI sur la saison de chauffage

$$C_{\text{gaz annuelle ch}} = \sum_{\text{Text min}}^{\text{Text max}} \frac{P_{\text{utile Text ch}} \times \text{Durée}_{\text{Text ch}}}{GUE_{\text{Text ch}}}$$

et le GUE annuel du chauffage

$$GUE_{\text{annuel_ch}} = \frac{C_{\text{utile_annuelle_ch}}}{C_{\text{gaz_annuelle_ch}}}$$

- la consommation des auxiliaires électriques lorsque la PAC est sous tension et que les besoins de chauffage sont non nuls

$$C_{\text{aux_annuelle_ch}} = \sum_{T_{\text{Text min}}^{T_{\text{Text max}}} \frac{P_{\text{utile_Text_ch}} \times \text{Durée}_{T_{\text{Text_ch}}}}{AEF_{\text{aux_Text_ch}}} \quad \text{et} \quad AEF_{\text{aux_annuel_ch}} = \frac{C_{\text{utile_annuelle_ch}}}{C_{\text{aux_annuelle_ch}}}$$

Les consommations des auxiliaires de veille sont comptabilisées dans le calcul ECS précisé au 3.2.1. et au 3.2.2..

Définition des termes des équations précédentes :

- $T_{\text{Text min}}$: Température extérieure minimale sur la saison de chauffage
- $T_{\text{Text max}}$: Température extérieure maximale sur la saison de chauffage
- $C_{\text{utile_Text_ch}}$: chaleur utile générée par la PAC zéolithe pour une température extérieure donnée
- $C_{\text{utile_annuelle_ch}}$: chaleur utile générée sur la saison de chauffage par la PAC zéolithe
- $P_{\text{utile_Text_ch}}$: puissance utile fournie pour le chauffage par la PAC zéolithe pour une température extérieure donnée
- $\text{Durée}_{T_{\text{Text_ch}}}$: durée du bin pour une température extérieure donnée
- $C_{\text{gaz_Text_ch}}$: consommation de gaz sur PCI de la PAC zéolithe pour une température extérieure donnée
- $C_{\text{gaz_annuelle_ch}}$: consommation de gaz annuelle sur PCI de la PAC zéolithe pour le chauffage
- $GUE_{T_{\text{Text_ch}}}$: rendement d'utilisation du gaz sur PCI de la PAC zéolithe pour une température extérieure donnée (son calcul est explicité au 3.3.2.)
- $GUE_{\text{annuel_ch}}$: rendement d'utilisation du gaz annuel sur PCI de la PAC zéolithe pour le chauffage
- $C_{\text{aux_Text_ch}}$: consommation électrique des auxiliaires qui fonctionnent lorsque la PAC est sous tension et que les besoins de chauffage sont non nuls pour le chauffage
- $C_{\text{aux_annuelle_ch}}$: consommation annuelle électrique des auxiliaires qui fonctionnent lorsque la PAC est sous tension et que les besoins de chauffage sont non nuls pour une température extérieure donnée
- $AEF_{\text{aux_Text_ch}}$: ratio d'utilisation de l'électricité des auxiliaires lorsque la PAC est sous tension et que les besoins de chauffage sont non nuls pour une température extérieure donnée (son calcul est explicité au 3.3.2.)
- $AEF_{\text{aux_annuel_ch}}$: ratio d'utilisation de l'électricité annuel des auxiliaires lorsque la PAC est sous tension et que les besoins de chauffage sont non nuls
- $AEF_{\text{annuel_ch}}$: ratio d'utilisation de l'électricité annuel de la totalité des auxiliaires pour le chauffage avec $AEF_{\text{annuel_ch}} = AEF_{\text{aux_annuel_ch}}$. Les consommations des auxiliaires électriques de veille sont déjà comptabilisées dans le calcul ECS.

Le bilan sur la saison de chauffe des différentes consommations est réalisé pour obtenir la valeur du COP annuel de la PAC zéolithe en énergie primaire. Ainsi, on obtient :

$$COP_{\text{annuel_ch_ep}} = \frac{1}{\frac{1}{GUE_{\text{annuel_ch}}} + \frac{2,58}{AEF_{\text{annuel_ch}}}}$$

Avec

- $COP_{annuel_ch_ep}$: COP annuel chauffage de la PAC zéolithe en énergie primaire
- GUE_{annuel_ch} : rendement d'utilisation annuel du gaz sur PCI de la PAC zéolithe
- AEF_{annuel_ch} : ratio d'utilisation de l'électricité de la totalité des auxiliaires sur la saison de chauffage

3.3.4 AGGRÉGATION DES RÉSULTATS

Partie Chauffage

La modélisation procède en trois étapes pour le calcul de Cep chauffage :

Calcul des besoins de chauffage aux bornes du générateur à l'aide d'un premier calcul RT 2012 avec un générateur fictif sans pertes, noté B_{ch} ;

Calcul du COP annuel de chauffage en énergie primaire, noté $COP_{annuel_ch_ep}$;

Calcul de la consommation de chauffage en énergie primaire par le simple rapport des deux quantités calculées précédemment.

$$C_{ch_ep} = \frac{B_{ch}}{COP_{annuel_ch_ep}} + C_{pompes_cap_ep}$$

Avec

- C_{ch_ep} : consommation de chauffage de la PAC à adsorption Zéolithe en énergie primaire
- B_{ch} : besoins de chauffage aux bornes du générateur PAC à adsorption Zéolithe. Ces besoins sont obtenus par le calcul des consommations en énergie finale $C_{ch_ef_PAC_fictive}$ et en énergie primaire $C_{ch_ep_PAC_fictive}$ de chauffage du générateur fictif (voir au 3.2.1. et au 3.3.2. pour la saisie des générateurs fictifs) :

$$B_{ch} = \frac{(2,58 \times C_{ch_ef_PAC_fictive} - C_{ch_ep_PAC_fictive})}{1,58}$$

- $COP_{annuel_ch_ep}$: COP annuel de la PAC zéolithe en énergie primaire (calcul explicité au 3.3.3.)
- $C_{pompes_cap_ep}$: consommation en énergie primaire des auxiliaires électriques de la source amont (source géothermique ou panneaux solaires thermiques) obtenue par le calcul des consommations en énergie finale $C_{ch_ef_PAC_fictive}$ et des besoins de chauffage aux bornes du générateur fictif B_{ch} :

$$C_{pompes_cap_ep} = C_{ch_ep_PAC_fictive} - B_{ch}$$

Partie ECS

La valeur de la consommation d'ECS en énergie primaire est la valeur directement issue du pré-calcul RT 2012.

Calcul final de Cep et de la production ENR

Pour le calcul final de Cep on récupère:

- la valeur précédemment calculée pour la consommation de chauffage ;
- toutes les autres consommations en énergie primaire sont fournies directement par le calcul servant à obtenir les besoins de chauffage et les consommations en énergie primaire d'ECS ;

$$Cep = C_{ch_ep} + C_{ecs_ep} + C_{fr_ep} + C_{vent_ep} + C_{ecl_ep}$$

Avec

- C_{ep} : consommation des 5 usages RT 2012 en énergie primaire
- C_{ch_ep} : consommation de chauffage en énergie primaire
- C_{ecs_ep} : consommation d'ECS en énergie primaire
- C_{fr_ep} : consommation de froid en énergie primaire
- C_{vent_ep} : consommation de la ventilation et des auxiliaires électriques non déjà inclus en énergie primaire
- C_{ecl_ep} : consommation de l'éclairage en énergie primaire

Le calcul de la production ENR du chauffage est faite selon l'équation 1769 de TH-BCE :

$$Aepnr_{THch}^{bat} = \frac{1}{1000 \times SHON_{RT}^{bat}} \times MAX(0; C_{ep_ch_ep} \times (COP_{annuel_ch_ep} - 1))$$

Avec

- $Aepnr_{THch}^{bat}$: contribution EnR annuelle de la PAC zéolithe
- $SHON_{RT}^{bat}$: surface SHON RT du bâtiment
- $C_{ep_ch_ep}$: consommation de chauffage de la PAC en énergie primaire
- $COP_{annuel_ch_ep}$: COP annuel chauffage de la production chauffage de la PAC zéolithe en énergie primaire