

Référentiel « Energie – Carbone » pour les
bâtiments neufs – Méthode d'évaluation de la
performance énergétique et environnementale des
bâtiments neufs

Annexe - Fiches algorithmes

INTRODUCTION

Le référentiel E+C- prévoit le calcul de nouveaux indicateurs de performance énergétique et de confort d'été, en plus des indicateurs de la RT2012 que sont le Bbio, Cep, Tic et l'Aepénr.

La méthode Th-BCE décrit l'ensemble des fiches algorithmes permettant de calculer ces indicateurs RT2012, selon une approche au pas de temps horaire sur une année.

Le présent document se positionne comme un complément propre au contexte du label E+C- à cette méthode Th-BCE. Il regroupe les fiches algorithmes supplémentaires dédiées au calcul des nouveaux indicateurs de performance énergétique définis dans le référentiel, toujours dans une approche au pas de temps horaire.

Ainsi, pour chacune des fiches algorithmes, une partie des données d'entrée sont des données de sortie issues de la méthode Th-BCE.

Note : aucune de ces fiches algorithmes ne modifie le calcul des indicateurs RT2012, qui reste indépendants.

SOMMAIRE

1. AJOUTS RELATIFS AU CALCUL DES NOUVEAUX INDICATEURS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE DU LABEL E+C-	4
1.1 Fiche algorithme : calcul des indicateurs BILAN_BEPOS et RER	4
1.1.1 Introduction	4
1.1.2 Nomenclature	5
1.1.3 Description mathématique	10
1.2 Fiche algorithme: calcul des quantités d'énergie autoconsommée, importée et exportée (méthode horaire)	15
1.2.1 Introduction	15
1.2.2 Nomenclature	17
1.2.3 Description mathématique	26
1.3 Fiche algorithme : calcul des consommations électriques des équipements mobiliers (autres usages, en méthode horaire)	37
1.3.1 Introduction	37
1.3.2 Nomenclature	37
1.3.3 Description mathématique	38
1.4 Fiche algorithme : calcul des consommations des ascenseurs du bâtiment	39
1.4.1 Introduction	39
1.4.2 Nomenclature du modèle	40
1.4.3 Description mathématique	47
1.5 Fiche algorithme : calcul des consommations d'éclairage des parties communes en logement collectif	59
1.5.1 Introduction	59
1.5.2 Nomenclature	59
1.5.3 Description mathématique	60
1.6 Fiche algorithme : calcul des consommations d'éclairage des parking	62
1.6.1 Introduction	62
1.6.2 Nomenclature du modèle	63
1.6.3 description mathématique	65
1.7 Fiche algorithme: calcul des consommations de ventilation des parkings fermés	68
1.7.1 Introduction	68
1.7.2 Nomenclature du modèle	70
1.7.3 Description mathématique	73
2. AJOUTS RELATIFS AU CALCUL DU NOUVEL INDICATEUR DE CONFORT D'ETE (DIES)	77
2.1 Fiche algorithme: calcul de l'indicateur de confort d'été DIES	77

2.1.1	Introduction.....	77
2.1.2	Nomenclature	77
2.1.3	Description mathématique.....	80
2.1.4	Modifications mineures des fiches algorithmiques Th-BCE propre au calcul de la DIES	87
2.2	Fiche algorithme : prise en compte des brasseurs d'air dans le calcul de confort d'été.....	98
2.2.1	Introduction.....	98
2.2.2	Nomenclature	98
2.2.3	Description mathématique.....	103
2.3	Fiche algorithme: prise en compte des puits hydrauliques dans le calcul de l'indicateur de confort d'été DIES	114
2.3.1	Introduction.....	114
2.3.2	Nomenclature	115
2.3.3	Description mathématique.....	118
2.4	Fiche algorithme: prise en compte des systèmes d'humidification directe et indirecte (rafraîchissement adiabatique) en calcul de l'indicateur de confort d'été DIES	125
2.4.1	Introduction.....	125
2.4.2	Nomenclature	125
2.4.3	Description mathématique.....	127

1. AJOUTS RELATIFS AU CALCUL DES NOUVEAUX INDICATEURS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE DU LABEL E+C-

1.1 FICHE ALGORITHME : CALCUL DES INDICATEURS BILAN_BEPOS ET RER

1.1.1 INTRODUCTION

L'objet de cette fiche est la détermination des nouveaux indicateurs d'évaluation de la performance énergétique intégrés dans le référentiel E+C-. Ces indicateurs sont les suivants :

- Bilan énergétique BEPOS : Bilan_{BEPOS} défini par la différence, exprimée en énergie primaire, entre la quantité d'énergie ni renouvelable ni de récupération consommée par le bâtiment (Cep_{nr}) et la quantité d'énergie renouvelable ou de récupération « exportée » par le bâtiment et ses espaces attenants (Pep_{exp}).

Le bilan énergétique BEPOS est défini comme suit :

$$Bilan_BEPOS_{annuel}^{bat} = Cep_{nr_annuel}^{bat} - Pep_{exp_annuel}^{bat} \quad (1)$$

Cet indicateur est calculé au niveau groupe puis aggloméré pour fournir une valeur au niveau bâtiment, niveau auquel se fait la comparaison à l'exigence du label (Bilan BEPOS max).

- RER : indicateur de recours aux énergies renouvelables et de récupération visant à établir pour un bâtiment, quel que soit son usage, la part de la consommation de ce bâtiment qui est assurée par des énergies renouvelables. Cet indicateur est exprimé en pourcentage.

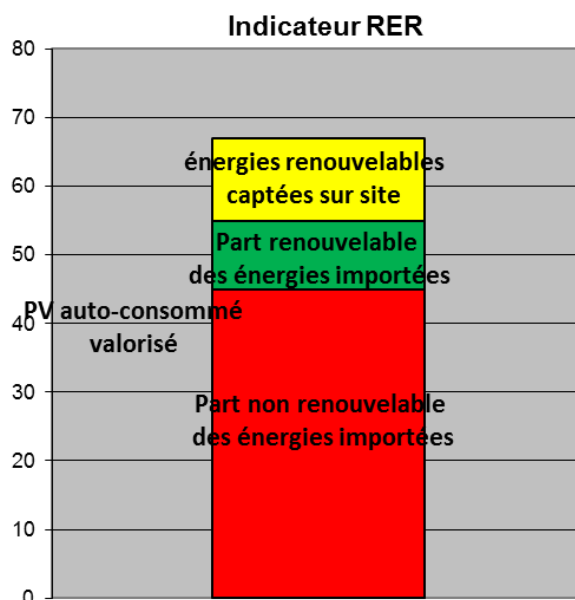


Figure 1 – Schéma générique de décomposition des différents éléments de l'indicateur RER

La formule de calcul du RER est la suivante (ratio entre les énergies renouvelables $E_{ep_ren}^{bat}$ et ces mêmes énergies renouvelables augmentées de la part non renouvelable des consommations importées - $Cep_{nr_annuel}^{bat}$) :

$$RER = \frac{\text{énergies renouvelables captées sur site} + \text{Part renouvelable des énergies importées}}{\text{énergies renouvelables captées sur site} + \text{Part renouvelable des énergies importées} + \text{Part non renouvelable des énergies importées}}$$

$$RER_{annuel}^{bat} = \frac{E_{ep_{ren}}^{bat}}{Cep_{nr_{annuel}}^{bat} + E_{ep_{ren}}^{bat}} \quad (2)$$

Concernant les énergies renouvelables, il s'agit :

- des énergies renouvelables captées et utilisées sur site (solaire thermique)
- des énergies renouvelables produites sur site et autoconsommées (par exemple énergie renouvelable produite par des capteurs PV)
- de la part renouvelable des énergies importées.

Cet indicateur est calculé au niveau du bâtiment.

1.1.2 NOMENCLATURE

Le Tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Entrées du composant			
	Nom	Description	Unité
Autoconso	$E_{ef_{elec_AC_PV_annue}}^{bat}$	Energie produite localement par le PV installé sur le bâtiment et autoconsommée Tous usages annuellement	kWh/m ² Srt.an
	$E_{ef_{elec_AC_Coge_ann}}^{bat}$	Energie produite localement par les cogénérations du bâtiment et autoconsommée Tous usages annuellement	kWh/m ² Srt.an
C_Bat_Calculs bâtiment	$C_{ef_ch}^{gnr}$ $C_{ef_ecs}^{gnr}$	Consommations annuelles en énergie primaire par poste et par générateur.	Wh/ep
	$E_{ep_sol_tot}^{bat}$	Energie solaire thermique annuelle cumulée pour le bâtiment bat.	Wh/ep
Générateurs	$\eta_{eff_ch_an}^{gnr}$	rendement annuel (COP) du générateur thermodynamique en chauffage.	Réel
	$\eta_{eff_ecs_an}^{gnr}$	rendement annuel (COP) du générateur thermodynamique en ECS	Réel
	$E_{ef_fou_ch}^{gnr}$ $E_{ef_fou_ecs}^{gnr}$	Energies finales annuelles fournies par usage par générateur.	Wh/ef
C_Bat_Calculs zone	$E_{ep_sol_tot}^z$	Energie solaire thermique annuelle cumulée pour la zone.	Wh/ep
Gnr_combustion et poêles bois	Type_combustible_bois	Type de combustible bois principalement utilisé pour les équipements bois : 0 Sans objet 1 Bois granulés 2 Bois bûches 3 Bois plaquettes	Enum 0 3

Consommations d'énergies importées (viennent de C_DIV_AUTOCONSO_IMPORT_EXPORT)

$C_{ef_gaz_imp_ch_annuel}^{bat}$	Energie gaz importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	$\frac{kWh_{ef}}{m^2 S_{RT} \cdot an}$
$C_{ef_gaz_imp_fr_annuel}^{bat}$	Energie gaz importée pour les consommations de refroidissement du bâtiment.	$\frac{kWh_{ef}}{m^2 S_{RT} \cdot an}$
$C_{ef_gaz_imp_ECS_annuel}^{bat}$	Energie gaz importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	$\frac{kWh_{ef}}{m^2 S_{RT} \cdot an}$
$C_{ef_fioul_imp_ch_annuel}^{bat}$	Energie fioul importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	$\frac{kWh_{ef}}{m^2 S_{RT} \cdot an}$
$C_{ef_fioul_imp_fr_annuel}^{bat}$	Energie fioul importée pour les consommations de refroidissement du bâtiment.	$\frac{kWh_{ef}}{m^2 S_{RT} \cdot an}$
$C_{ef_fioul_imp_ECS_annuel}^{bat}$	Energie fioul importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	$\frac{kWh_{ef}}{m^2 S_{RT} \cdot an}$
$C_{ef_cha_imp_ch_annuel}^{bat}$	Energie charbon importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	$\frac{kWh_{ef}}{m^2 S_{RT} \cdot an}$
$C_{ef_cha_imp_fr_annuel}^{bat}$	Energie charbon importée pour les consommations de refroidissement du bâtiment.	$\frac{kWh_{ef}}{m^2 S_{RT} \cdot an}$
$C_{ef_cha_imp_ECS_annuel}^{bat}$	Energie charbon importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	$\frac{kWh_{ef}}{m^2 S_{RT} \cdot an}$
$C_{ef_bois_imp_ch_annuel}^{bat}$	Energie bois importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	$\frac{kWh_{ef}}{m^2 S_{RT} \cdot an}$
$C_{ef_bois_imp_fr_annuel}^{bat}$	Energie bois importée pour les consommations de refroidissement du bâtiment.	$\frac{kWh_{ef}}{m^2 S_{RT} \cdot an}$
$C_{ef_bois_imp_ECS_annuel}^{bat}$	Energie bois importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	$\frac{kWh_{ef}}{m^2 S_{RT} \cdot an}$
$C_{ef_elec_imp_ch_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	$\frac{kWh_{ef}}{m^2 S_{RT} \cdot an}$
$C_{ef_elec_imp_fr_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations de refroidissement du bâtiment.	$\frac{kWh_{ef}}{m^2 S_{RT} \cdot an}$

$C_{ef_elec_imp_ECS_annu}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	kWh _{ef} /m ² S _{RT} /an
$C_{ef_elec_imp_ecl_annu}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations d'éclairage du bâtiment.	kWh _{ef} /m ² S _{RT} /an
$C_{ef_elec_imp_auxv_annu}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations des auxiliaires de ventilation du bâtiment.	kWh _{ef} /m ² S _{RT} /an
$C_{ef_elec_imp_auxs_annu}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations des auxiliaires de distribution du bâtiment.	kWh _{ef} /m ² S _{RT} /an
$C_{ef_elec_imp_AUE_annu}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations des autres usages du bâtiment.	kWh _{ef} /m ² S _{RT} /an
$C_{ef_rdc_imp_ch_annuel}^{bat}$	Energie réseau de chaleur/froid importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	kWh _{ef} /m ² S _{RT} /an
$C_{ef_rdc_imp_fr_annuel}^{bat}$	Energie réseau de chaleur/froid importée pour les consommations de refroidissement du bâtiment.	kWh _{ef} /m ² S _{RT} /an
$C_{ef_rdc_imp_ECS_annu}^{bat}$	Energie réseau de chaleur/froid importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	kWh _{ef} /m ² S _{RT} /an
Energies produites et exportées (voir §1.2Fiche algorithme: calcul des quantités d'énergie autoconsommée, importée et exportée (méthode horaire))		
$E_{ef_elec_exp_PV_annu}^{bat}$	Energie électrique produite par le photovoltaïque et exportée par bâtiment	kWh _{ef} /m ² S _{RT} /an
$E_{ef_elec_exp_coge_annu}^{bat}$	Energie électrique produite par la cogénération et exportée par bâtiment	kWh _{ef} /m ² S _{RT} /an

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$Rat_{ENRen_rdch}^{bat}$	Ratio pour la prise en compte de la part ENR du bâtiment pour le réseau de chaleur.	Réel	0	1	
$Rat_{ENRen_rdfr}^{bat}$	Ratio pour la prise en compte de la part ENR du bâtiment pour le réseau de froid.	Réel	0	1	

Paramètres d'intégration

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
-----	-------------	-------	-----	-----	-------

S_{RT}^{bat}	Surface hors œuvre nette RT du bâtiment.	m ²	0	+ ∞	-
----------------	--	----------------	---	-----	---

Variables internes

Nom	Description	Unité
-----	-------------	-------

Sorties

Nom	Description	Unité		
$Bilan_{BEPOS_niv1_2}$	Bilan BEPOS du bâtiment en énergie primaire pour comparaison aux niveaux Energie 1 et 2 du référentiel	kWh _{ep} /m ² S _{RT} /a n	-∞	+∞
$Bilan_{BEPOS_niv3_4}$	Bilan BEPOS du bâtiment en énergie primaire pour comparaison aux niveaux Energie 3 et 4 du référentiel	kWh _{ep} /m ² S _{RT} /a n	-∞	+∞
$Cep_{nr_annuel}^{bat}$	Consommation d'énergie primaire ni renouvelable ni de récupération de tous les usages	kWh _{ep} /m ² S _{RT} /a n	0	+∞
$Cep_{ren_annuel}^{bat}$	Part d'énergie primaire renouvelable de toutes les énergies consommées au niveau du bâtiment	kWh _{ep} /m ² S _{RT} /a n	0	+∞
Eep_{ren}^{bat}	Énergie primaire renouvelable ou de récupération captée ou autoconsommée par le bâtiment	kWh _{ep} /m ² S _{RT} /a n	0	+∞
$Eep_{ren_AC}^{bat}$	Énergie primaire renouvelable ou de récupération « autoconsommée » par le bâtiment	kWh _{ep} /m ² S _{RT} /a n	0	+∞
$Eep_{ren_Sol}^{bat}$	Énergie primaire renouvelable captées par les boucles solaires du bâtiment	kWh _{ep} /m ² S _{RT} /a n	0	+∞
$Eep_{ren_thermo_ch}^{bat}$	Quantité d'énergie primaire renouvelable captée via les générateurs thermodynamiques du bâtiment pour leur fonction chauffage	kWh _{ep} /m ² S _{RT} /a n	0	+∞
$Eep_{ren_thermo_ecs}^{bat}$	Quantité d'énergie primaire renouvelable captée via les générateurs thermodynamiques du bâtiment pour leur fonction eau chaude sanitaire	kWh _{ep} /m ² S _{RT} /a n	0	+∞
$Pe_{exp_annuel}^{bat}$	Énergie finale renouvelable ou de récupération « exportée » utilisée pour calculer le bilan _{BEPOS}	kWh _{ef} /m ² S _{RT} /a n	0	+∞
$Pep_{exp_annuel_niv1_2}^{bat}$	Énergie primaire renouvelable ou de récupération « exportée » utilisée pour calculer le bilan _{BEPOS_niv1_2}	kWh _{ep} /m ² S _{RT} /a n	0	+∞
$Pep_{exp_annuel_niv3_4}^{bat}$	Énergie primaire renouvelable ou de récupération « exportée » utilisée pour calculer le bilan _{BEPOS_niv3_4}	kWh _{ep} /m ² S _{RT} /a n	0	+∞
RER_{annuel}^{bat}	Indicateur informatif de recours aux énergies renouvelables et de récupération	%	0	100

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
$Coef_{ep(i), i=10 \text{ à } 60}$	Coefficients d'énergie primaire totale correspondant aux différents types d'énergie (méthode de calcul Th-BCE chapitre 10.25.3.1.1).	Réel	oui
$Coef_{ep_AC}$	Vecteur de conversion de l'énergie finale en énergie primaire pour les productions autoconsommées	Vecteur de 2 réels	[1,1]

$Coef_{ep_exp}$	Vecteur de conversion de l'énergie finale en énergie primaire pour les productions exportées	Vecteur de 2 réels	[2.58,1]
$fp_{nr(i), i=10 \text{ à } 60}$	Coefficients de conversion de l'énergie finale en énergie primaire ni renouvelable ni de récupération pour les vecteurs énergétiques	Réel	oui

Tableau 1 : Nomenclature du modèle

1.1.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

1.1.3.1 Généralités

Vecteurs des coefficients de conversion de l'énergie finale en énergie primaire ni renouvelable ni de récupération

Il s'agit de la liste des coefficients de conversion en énergie finale et énergie primaire ni renouvelable ni de récupération

	$F_{nr(énergie)}$
10 : Gaz naturel	1
11 : Propane	1
20 : Fioul	1
30 : Charbon	1
40 : Bois	0
41 : Bois granulés	0
42 : Bois buches	0
43 : Bois plaquettes	0
50 : Electricité	2.58
60 : Réseau de chaleur	Si réseau de chaleur : $1 - \text{RatENRen}_{rdch}^{bat}$ Si réseau de froid : $1 - \text{RatENRen}_{rdfr}^{bat}$

Tableau 2 : Vecteur des coefficients de conversion d'énergie finale et énergie primaire ni renouvelable ni de récupération $\{f_{pnr(énergie)}\}$

Coefficients de conversion de l'énergie finale en énergie primaire totale

L'énergie primaire totale correspond à l'énergie primaire calculée dans le cadre de la réglementation thermique 2012. Les valeurs sont données au chapitre 10.25.3.1.1 des règles Th-BCE.

1.1.3.2 Calcul de l'indicateur BilanBEPOS

L'indicateur Bilan_{BEPOS} est défini par la différence, exprimée en énergie primaire, entre la quantité d'énergie ni renouvelable ni de récupération consommée par le bâtiment (Cep_{nr}) et la quantité d'énergie renouvelable ou de récupération « exportée » par le bâtiment et ses espaces attenants (Pep_{exp}). On va détailler le calcul de ces deux éléments avant de réaliser le bilan.

Calcul de Cep_{nr}

La consommation d'énergie primaire non renouvelable à l'échelle du bâtiment est égale à la somme **sur tous les postes de consommations du label E+C-** $i \in \{0;6\}$, pour **toutes les énergies** - énergie $\in \{10;60\}$, des consommations d'énergie finales du bâtiment **importées** (qui tiennent compte des énergies autoconsommées) multipliées par les facteurs de conversion de l'énergie finale en énergie primaire non renouvelable f_{pnr} (valeurs fournies au 0).

$$Cep_{nr_annuel}^{bat} = \sum_{énergie \in \{10;60\}} \left(\sum_{i \in \{0;6\}} (C_{ef_i_annuel}^{bat} * f_{pnr(énergie)}) \right) \quad (3)$$

Calcul de Pep_{exp}

Pep_{exp} est l'énergie primaire renouvelable ou de récupération « exportée » exprimée en kWh_{ep}/m².an.

Elle est la somme de toutes les énergies finales produites et exportées par les systèmes de production du bâtiment (PV – aussi bien celui décrit au niveau projet qu’au niveau bâtiment, cogénération, Titres V) multipliées par le coefficient de conversion en énergie primaire renouvelable.

On calcule tout d’abord la **valeur en énergie finale** :

Si *Type_Combustible_bois* ≠ « 0-Sans objet » (la cogénération utilise un combustible bois, sa production d’électricité est donc d’origine renouvelable) alors la variable *m_IsProdCogeEnR* prend la valeur « True » et :

$$Pef_{exp_annuel}^{bat} = E_{ef_elec_exp_PV_annuel}^{bat} + E_{ef_elec_exp_coge_annuel}^{bat} \quad (4)$$

Sinon, si le cogénérateur fonctionne au gaz ou au fioul, on ne compte que l’énergie exportée du PV et :

$$Pef_{exp_annuel}^{bat} = E_{ef_elec_exp_PV_annuel}^{bat} \quad (5)$$

On passe ensuite cette valeur en **énergie primaire**.

Pour la transformation en énergie primaire, cela dépend du Niveau « Energie » recherché. Pour les niveaux 1 et 2, le coefficient de transformation en énergie primaire est de 1 quelle que soit la quantité exportée

$$Pep_{exp_annuel_niv1_2}^{bat} = Pef_{exp_annuel}^{bat} * Coef_{ep_exp}[i = 2] \quad (6)$$

Pour les niveaux 3 et 4, le coefficient de transformation en énergie primaire est de 2,58 pour les 10 premiers kWh d’énergie finale exportés puis de 1 ensuite.

$$Pep_{exp_annuel_niv3_4}^{bat} = \begin{cases} MIN(Pef_{exp_annuel}^{bat}; 10) * Coef_{ep_exp}[i = 1] \\ + MAX(Pef_{exp_annuel}^{bat} - 10; 0) * Coef_{ep_exp}[i = 2] \end{cases} \quad (7)$$

Où

$$Coef_{ep_exp} = \begin{bmatrix} 2,58 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ le coefficient de conversion énergie primaire}$$

Calcul du Bilan_{BEPOS}

A partir des deux paragraphes précédents, on déduit le Bilan_{BEPOS}. On définit, dans le cadre du référentiel Energie Carbone deux bilans BEPOS annuels. En effet, pour le respect des niveaux « Energie 3 » et « Energie 4 » du référentiel Energie-Carbone, il est prévu une valorisation spécifique des 10 premiers kWh d’énergie électrique d’origine renouvelable exportée. Ces deux bilans BEPOS sont définis comme suit :

$$Bilan_BEPOS_niv_1_2_{annuel}^{bat} = Cep_{nr_annuel}^{bat} - Pep_{exp_annuel_niv_1_2}^{bat} \quad (8)$$

$$Bilan_BEPOS_niv_3_4_{annuel}^{bat} = Cep_{nr_annuel}^{bat} - Pep_{exp_annuel_niv_3_4}^{bat} \quad (9)$$

1.1.3.3 Calcul de l’indicateur RER

Le RER est un indicateur de recours aux énergies renouvelables et de récupération visant à établir pour un bâtiment, quel que soit son usage, la part de la consommation de ce bâtiment qui est assurée par des énergies renouvelables. Cet indicateur est exprimé en pourcentage.

On tient compte ici :

- de la **part renouvelable des énergies importées**,

- des **énergies produites et autoconsommées** par le bâtiment ou ses espaces attenants,
- et enfin des **énergies renouvelables captées et utilisées sur le site** par les systèmes solaires thermiques, les générateurs thermodynamiques.

On va détailler ces éléments dans les paragraphes ci-dessous.

Prise en compte des apports d'énergie renouvelables contenues dans les différents vecteurs énergétiques alimentant le bâtiment

Dans le référentiel E+C-, est défini un facteur de conversion en énergie primaire **ni renouvelable ni de récupération** selon le vecteur énergétique associé (cf. 0) – coefficient $\{fp_{nr(énergie)}\}$.

Dans la RT 2012, existent des coefficients de transformation d'énergie finale en énergie primaire **totale** (cf. méthode de calcul Th-BCE chapitre 10.25.3.1.1 – coefficient $Coef_{ep(i), i=10 \text{ à } 60}$). Pour les différents types de combustible bois, on utilise ici les mêmes coefficients que pour le bois.

Pour obtenir la part d'énergie renouvelable **des énergies importées** de chaque vecteur énergétique, on va donc faire pour chacun la différence entre l'énergie primaire totale et l'énergie primaire ni renouvelable ni de récupération, au niveau du bâtiment, via la formule ci-dessous :

$$Cep_{ren_annuel}^{bat} = \sum_{énergie \in \{10;60\}} [(C_{ef_énergie}^{bat_imp_i_annuel} * (Coef_{ep(énergie)} - fp_{nr(énergie)}))] \quad (10)$$

Energies produites de manière renouvelable et autoconsommées au niveau du bâtiment

Ce paragraphe concerne les productions PV d'une part (niveau bâtiment et niveau projet), de la cogénération d'autre part, produites de manière renouvelable et autoconsommées sur le bâtiment.

Dans le cadre du calcul de l'indicateur RER, seule la partie autoconsommée sur l'ensemble des usages est prise en compte. Cette valeur est calculée dans la fiche dédiée à l'autoconsommation en énergie finale.

Pour la cogénération, l'énergie autoconsommée n'est incluse dans le calcul que si le combustible utilisé pour la production est d'origine renouvelable.

Si *Type_Combustible_bois* ≠ « 0-Sans objet » (la cogénération utilise un combustible bois, sa production d'électricité est donc d'origine renouvelable) alors la variable *m_IsProdCogeEnR* prend la valeur « True » et :

$$Eep_{ren_AC}^{bat} = Eef_{elec_AC_PV_annuel}^{bat} * Coef_{ep_AC}[i = 1] + Eef_{elec_AC_coge_annuel}^{bat} * Coef_{ep_AC}[i = 2] \quad (11)$$

Sinon, si le cogénérateur fonctionne au gaz ou au fioul, on ne compte que l'énergie autoconsommée issue du PV :

$$Eep_{ren_AC}^{bat} = \{Eef_{elec_AC_PV_annuel}^{bat} * Coef_{ep_AC}[i = 1]\} \quad (12)$$

Où

$Coef_{ep_AC} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$ coefficient de conversion en énergie primaire pour l'électricité autoconsommée

Solaire thermique

Cette méthode s'applique aussi bien aux systèmes solaires thermiques assurant uniquement la production d'eau chaude sanitaire (CESI, CESC, ...) qu'aux systèmes solaires thermiques assurant

également le chauffage (SSC). Est prise en compte ici l'énergie solaire thermique captée et utilisée sur site.

La part d'énergie renouvelable est calculée en faisant le bilan de la boucle solaire:

$$E_{ep_{ren_sol}}^{bat} = \frac{1}{1000 * S_{RT}^{bat}} * \text{MAX}(0; E_{ep_{sol_tot}}^{bat}) \quad (13)$$

Avec $E_{ep_{sol_tot}}^{bat}$ énergie thermique fournie par les boucles solaires du bâtiment et

On rappelle que le coefficient de transformation en énergie primaire est ici de 1

Contrairement au calcul du coefficient Aepnr de la RT2012, les consommations électriques des auxiliaires ne sont pas retranchées de l'apport solaire thermique. Ces consommations sont en effet comptabilisées par ailleurs dans le coefficient $Cep_{nr_annuel}^{bat}$ défini précédemment.

Systèmes thermodynamiques (id_{type}^{gnr}=503 à 509)

Le calcul est effectué en énergie primaire avec un coefficient de conversion de l'énergie finale de 1. On considère par ailleurs que le système de génération n'a pas de pertes récupérables. Les systèmes de distribution ainsi que les dispositifs de stockage éventuels sont exclus du champ du calcul.

On réalise un calcul par usage (uniquement pour le chauffage et l'ECS, **le refroidissement est exclu**). En effet, suivant les configurations, un même générateur peut assurer un ou deux modes.

Pour 1 kWh d'énergie finale fournie au niveau du générateur, la consommation d'énergie électrique est de 1/COP et la consommation d'énergie primaire est identique (coefficient de conversion de 1). Le bilan sur le milieu extérieur (part ENR) est donc égal à (1- 1/COP).

On détermine tout d'abord le **COP annuel** en chauffage et en ECS pour **chaque générateur thermodynamique alimentant le bâtiment**. L'efficacité du générateur est donc calculée sur l'ensemble des bâtiments qu'il alimente, et est considérée identique pour tous ces bâtiments. On rappelle ici que, au sens de la méthode Th-BCE, pour les générateurs thermodynamiques, le COP est confondu avec l'efficacité annuelle (cf. chapitre 10.25.3.8.2), et est calculé selon les formules ci-dessous :

$$COP_{ch_annuel}^{gnr} = \eta_{eff_ch_an}^{gnr} = \frac{E_{ef_fou_ch}^{gnr}}{C_{ef_ch}^{gnr}} \quad (14)$$

$$COP_{ecs_annuel}^{gnr} = \eta_{eff_ecs_an}^{gnr} = \frac{E_{ef_fou_ecs}^{gnr}}{C_{ef_ecs}^{gnr}} \quad (15)$$

Par la suite, on calcule la contribution des générateurs thermodynamiques au RER du bâtiment. Sont pris en compte les types suivants :

- Générateurs thermodynamiques gaz réversibles, et non réversibles
- Générateurs thermodynamiques réversibles, autres (comprend les catégories de générateurs 503 – Générateur réversible standard, 507 – Générateur thermodynamique sur boucle d'eau, 508 – Thermofrigopompe, 509 – DRV)
- Titre V pompe à chaleur double service

- Source ballon base appoint thermodynamique Electrique et Gaz

Soit les générateurs thermodynamiques ci-dessus, d'indice *gnr*, appartenant à des générations desservant le bâtiment *bat*:

$$E_{ep_ren_thermo_ch}^{bat} = \frac{1}{1000 * S_{RT}^{bat}} * \left(\sum_{bat} MAX(0; E_{ef_fou_ch}^{gnr} * (1 - \frac{1}{COP_{ch_annuel}^{gnr}})) \right) \quad (16)$$

$$E_{ep_ren_thermo_ecs}^{bat} = \frac{1}{1000 * S_{RT}^{bat}} * \left(\sum_{bat} MAX(0; E_{ef_fou_ecs}^{gnr} * (1 - \frac{1}{COP_{ecs_annuel}^{gnr}})) \right) \quad (17)$$

On rappelle que le coefficient de transformation en énergie primaire est ici de 1

Quantité d'énergie primaire renouvelable totale du bâtiment

La quantité d'énergie primaire totale du bâtiment $E_{ep_ren}^{bat}$ rentrant dans le calcul de l'indicateur RER est la somme de l'ensemble des contributions listées précédemment :

$$E_{ep_ren}^{bat} = E_{ep_ren_AC}^{bat} + E_{ep_ren_Sol}^{bat} + E_{ep_ren_thermo_ch}^{bat} + E_{ep_ren_thermo_ecs}^{bat} + C_{ep_ren_annuel}^{bat} \quad (18)$$

Calcul de l'indicateur RER

L'indicateur RER est calculé au niveau du bâtiment, à l'aide de la formule :

$$RER_{annuel}^{bat} = \frac{E_{ep_ren}^{bat}}{C_{ep_nr_annuel}^{bat} + E_{ep_ren}^{bat}} \quad (19)$$

1.2 FICHE ALGORITHME: CALCUL DES QUANTITES D'ENERGIE AUTOCONSOMMEE, IMPORTEE ET EXPORTEE (METHODE HORAIRE)

1.2.1 INTRODUCTION

Cette fiche algorithme s'inscrit dans le cadre de la mise en place du label « Energie – Carbone », et plus précisément du mode détaillé de calcul de ce label. La présente fiche algorithme introduit dans le moteur de calcul réglementaire le calcul de l'autoconsommation des productions d'électricité via des panneaux photovoltaïques ou des systèmes de cogénération, et notamment la détermination des éléments suivants :

- L'énergie électrique produite par le **photovoltaïque** et autoconsommée **sur les 5 usages réglementaires et les autres usages de l'électricité** (mobiliers et immobiliers)
- L'énergie électrique produite par les systèmes de **cogénération** et **autoconsommée** par le bâtiment **sur les 5 usages réglementaires et les autres usages de l'électricité** (mobiliers et immobiliers)
- L'énergie électrique produite par le **photovoltaïque** et **exportée** vers un réseau local ou national de distribution d'énergie (non autoconsommée)
- L'énergie électrique produite par les systèmes de **cogénération** et **exportée** vers un réseau local ou national de distribution d'énergie (non autoconsommée)

On fournira ces éléments au niveau mensuel et annuel, pour être en phase avec ce qui est fait au niveau consommation RT2012.

Les valeurs de taux d'autoconsommation sont, quant à elles, déterminées via un post-processeur qui permet, à chaque heure :

- de faire la somme de toutes les consommations d'électricité des postes réglementaires (chauffage, refroidissement, éclairage, ECS, auxiliaires)
- de faire la somme de toutes les consommations d'électricité des postes réglementaires **et** non réglementaires (cf. autres usages mobiliers et immobiliers ci-dessus)
- de comparer ces deux éléments à la production horaire d'électricité pour déterminer la part autoconsommée.

Ces éléments horaires sont ensuite sommés mensuellement et sur l'année pour pouvoir en déduire les indicateurs d'autoconsommation décrits précédemment. Ainsi que la quantité d'électricité exportée via la différence entre la quantité d'électricité totale produite par le PV et la part autoconsommée (autoconsommation tous usages).

Les différentes sorties sont présentées **en énergie finale**, afin de permettre un traitement ultérieur pour la conversion en énergie primaire selon de futurs scénarios issus de la mise en place de la prochaine réglementation.

D'autre part, pour les besoins de l'évaluation de l'impact environnemental du contributeur énergie, il est nécessaire d'évaluer les éléments suivants :

- L'énergie électrique produite par les systèmes de production du bâtiment et **autoconsommée par usage**. Ceci afin de pouvoir déduire cette part autoconsommée de l'énergie électrique importée du réseau

- le taux d'autoconsommation de l'électricité produite, respectivement par les panneaux PV, et les systèmes de cogénération, et par l'ensemble.
- Le taux d'autoconsommation global (chaleur + électricité) pour la cogénération, dans l'optique de l'impact environnemental.

Note importante : on traite ici uniquement de l'export d'électricité, et pas de chaleur. Ce volet n'est pas intégré dans la présente version des fiches algorithmes.

1.2.2 NOMENCLATURE

Note : dans les variables des fichiers Sortie.xml sortant de Th-BCE ou du fichier XML du RSET, toutes les variables sont précédées d'un « O_ ». Pour alléger la notation de cette fiche algorithme, ce préfixe n'est pas repris dans les notations ci-dessous.

Le Tableau 1 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul de l'autoconsommation.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Autres usages de l'énergie : voir §1.3 à 1.7	$C_{ef_us_mob}^z(h)$	Profil de Puissance électrique finale consommée par les usages mobiliers de la zone au pas de temps horaire	Wh			
	$C_{ef_asc}^z(h)$	Consommation électrique horaire en énergie finale des ascenseurs de la zone	Wh			
	$C_{ef_park}^z(h)$	consommation électrique horaire en énergie finale des parkings (éclairage et ventilation) de la zone	Wh			
	$C_{ef_circ_ecl}^z(h)$	consommation électrique horaire en énergie finale de l'éclairage des locaux communs des zones de logements collectifs	Wh			
Calculs bâtiment	$Q_{cef(poste;50)}^{gr}(h)$	Consommation électrique des générateurs de chauffage, refroidissement et d'ECS du groupe au pas de temps horaire par poste	Wh			
Photovoltaïques	$\Phi_{ef_prod_PV}^{bat}(h)$	Energie électrique horaire produite par les différentes productions photovoltaïques décrites au niveau bâtiment	Wh			
	$\Phi_{ef_prod_PV_projet}^{bat}(h)$	Energie électrique horaire produite par les différentes productions photovoltaïques décrites au niveau projet	Wh			
Calculs_groupes	$W_{cef_auxv}^{gr}(h)$	Consommation électrique des auxiliaires de ventilation du groupe au pas de temps horaire	Wh			
	$W_{cef_auxs}^{gr}(h)$	Consommation électrique des auxiliaires de distribution du groupe au pas de temps horaire	Wh			
	$P_{elec_ecl}^{gr}(h)$	Consommation d'éclairage du groupe au pas de temps horaire	Wh			
	$W_{cef_auxs}^{gr}(h)$	Consommation électrique des auxiliaires de distribution du groupe au pas de temps horaire	Wh			

Méthode simplifiée - cogé	$\{Q_{cef_{(fo.,en.)}}\}$	Consommation horaire en énergie finale du générateur, présenté sous forme de matrice {fonction (ou poste) ; type d'énergie}	Wh
Générateur à combustion	$\{Q_{cef_bois_{poste; type_comb}}\}$	Matrice de consommation horaire de bois en énergie finale des générateurs combustions, par type de combustible bois et par poste	kWh

Paramètres d'intégration du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Groupe	$Usage_{zone}$	Usage de la zone	-	1	36	-
	$contenu_CO2_réseau_ch$	Contenu CO ₂ du réseau de chaleur	gCO ₂ e q/kWh	0	+∞	
	$contenu_CO2_réseau_fr$	Contenu CO ₂ du réseau de froid	gCO ₂ e q/kWh	0	+∞	
Gnr. combustion et poêles bois	$Type_combustible_bois$	Type de combustible bois principalement utilisé pour les équipements bois : 0 - Sans objet 1 - Bois granulés 2 - Bois bûches 3 - Bois plaquettes	Enum	0	3	
Réseau_fourniture	$TypeRéseau$	Type de réseau urbain : 0- Sans objet 1- Type biomasse 2- Type fioul 3- Type gaz naturel 4- Type charbon 5- Type cogénération gaz naturel 6- Type cogénération fioul 7- Type cogénération biomasse 8- Type cogénération biogaz 9- Type Géothermie 10- Type Biogaz (hors cogénération)	Enum	0	10	

Sorties

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Consommations par poste et par zone						
	$C_{cef_ch_elec}^z(h)$	Energie finale électrique totale consommée pour le chauffage dans le groupe au pas de temps h	Wh			
	$C_{cef_fr_elec}^z(h)$	Energie finale électrique totale consommée pour le refroidissement dans le groupe au pas de temps h	Wh			

$C_{cef_ecs_elec}^z(h)$	Energie finale électrique totale consommée pour l'ecs dans le groupe au pas de temps h	Wh
$C_{cef_auxs_elec}^z(h)$	Energie finale électrique totale consommée par les auxiliaires de distribution dans le groupe au pas de temps h	Wh
$C_{cef_auxv_elec}^z(h)$	Energie finale électrique totale consommée par les auxiliaires de ventilation (et les ventilateurs des émetteurs) dans le groupe au pas de temps h	Wh
$C_{cef_ecl_elec}^z(h)$	Energie finale électrique totale consommée pour l'éclairage dans le groupe au pas de temps h	Wh
$C_{cef_AUE_elec}^z(h)$	Energie finale électrique totale consommée pour les autres usages mobiliers et immobiliers dans le groupe au pas de temps h	Wh
$C_{ef_comb_final}^{bat,cogé}$	Consommation d'énergie finale de la cogénération pour le bâtiment objet de l'étude corrigée après déduction du combustible utilisé pour produire l'électricité exportée	kWh/ m²Srt .an

Energies autoconsommées

$E_{ef_elec_AC_PV_horaire}^{bat}(h)$	Energie produite localement par le PV installé sur le bâtiment et auto-consommée Tous usages au pas de temps horaire	Wh
$E_{ef_elec_AC_Coge_horaire}^{bat}(h)$	Energie produite localement par les cogénérations du bâtiment et autoconsommée Tous usages au pas de temps horaire	Wh
$E_{ef_elec_AC_PV_mois}^{bat}$	Energie produite localement par le PV installé sur le bâtiment et auto-consommée Tous usages mensuellement	Wh
$E_{ef_elec_AC_Coge_mois}^{bat}$	Energie produite localement par les cogénérations du bâtiment et autoconsommée Tous usages mensuellement	Wh
$E_{ef_elec_AC_PV_annuel}^{bat}$	Energie produite localement par le PV installé sur le bâtiment et auto-consommée Tous usages annuellement	kWh/ m²Srt .an
$E_{ef_elec_AC_Coge_annuel}^{bat}$	Energie produite localement par les cogénérations du bâtiment et autoconsommée Tous usages annuellement	kWh/ m²Srt .an
$E_{ef_elec_AC_ch_horaire}^z$	Energie électrique produite par zone et autoconsommée pour le poste de consommation de chauffage électrique de la zone.	Wh
$E_{ef_elec_AC_fr_horaire}^z$	Energie électrique produite par zone et autoconsommée pour le poste de	Wh

	consommation de refroidissement électrique de la zone.	
$E_{ef_elec_AC_ecs_horaire}^z$	Energie électrique produite zone et autoconsommée pour le poste de consommation d'ECS électrique de la zone.	Wh
$E_{ef_elec_AC_ecl_horaire}^z$	Energie électrique produite zone et autoconsommée pour le poste de consommation d'éclairage électrique de la zone.	Wh
$E_{ef_elec_AC_auxv_horaire}^z$	Energie électrique produite zone et autoconsommée pour le poste de consommation d'auxiliaires de ventilation électrique de la zone.	Wh
$E_{ef_elec_AC_auxs_horaire}^z$	Energie électrique produite zone et autoconsommée pour le poste de consommation d'auxiliaires de distribution électrique de la zone.	Wh
$E_{ef_elec_AC_AUE_horaire}^z$	Energie électrique produite zone et autoconsommée pour le poste de consommation d'auxiliaires des autres usages électriques de la zone.	Wh

Energies exportées

$E_{ef_elec_exp_PV_annuel}^{bat}$	Energie électrique produite par le photovoltaïque et exportée par bâtiment	kWhe f/m²S RT/an
$E_{ef_elec_exp_coge_annuel}^{bat}$	Energie électrique produite par la cogénération et exportée par bâtiment	kWhe f/m²S RT/an
$E_{ef_elec_exp_annuel}^{bat}$	Energie électrique produite par la cogénération et le photovoltaïque et exportée par bâtiment	kWhe f/m²S RT/an

Energies importées par poste, par énergie et par bâtiment

$C_{ef_elec_imp_annuel}^z$	Energie électrique totale importée de la zone.	kWhe f/m²S RT/an
$C_{ef_gaz_imp_ch_annuel}^{bat}$	Energie gaz importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	kWhe f/m²S RT/an
$C_{ef_gaz_imp_fr_annuel}^{bat}$	Energie gaz importée pour les consommations de refroidissement du bâtiment.	kWhe f/m²S RT/an
$C_{ef_gaz_imp_ECS_annuel}^{bat}$	Energie gaz importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	kWhe f/m²S RT/an

$C_{ef_fioul_imp_ch_annuel}^{bat}$	Energie fioul importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_fioul_imp_ECS_annuel}^{bat}$	Energie fioul importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_cha_imp_ch_annuel}^{bat}$	Energie charbon importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_cha_imp_ECS_annuel}^{bat}$	Energie charbon importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_bois_imp_ch_annuel}^{bat}$	Energie bois importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_bois_imp_fr_annuel}^{bat}$	Energie bois importée pour les consommations de refroidissement du bâtiment.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_bois_imp_ECS_annuel}^{bat}$	Energie bois importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_elec_imp_ch_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_elec_imp_fr_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations de refroidissement du bâtiment.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_elec_imp_ECS_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_elec_imp_ecl_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations d'éclairage du bâtiment.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_elec_imp_auxv_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations des auxiliaires de ventilation du bâtiment.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_elec_imp_auxs_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations des auxiliaires de distribution du bâtiment.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_elec_imp_AUE_annuel}^{bat}$	Energie électrique importée pour les consommations des autres usages du bâtiment.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_rdc_imp_ch_annuel}^{bat}$	Energie réseau de chaleur/froid importée pour les consommations de chauffage du bâtiment.	kWhe f/m ² S RT/an

$C_{ef_rdc_imp_fr_annuel}^{bat}$	Energie réseau de chaleur/froid importée pour les consommations de refroidissement du bâtiment.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_rdc_imp_ECS_annuel}^{bat}$	Energie réseau de chaleur/froid importée pour les consommations d'ECS du bâtiment.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_boisgran_imp_annuel}^{bat}$	Energie bois (type granulés) importée pour le bâtiment	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_boisbuch_imp_annuel}^{bat}$	Energie bois (type bûches) importée pour le bâtiment.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_boisplaq_imp_annuel}^{bat}$	Energie bois (type plaquettes) importée pour le bâtiment.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_boisplaqoe_imp_annuel}^{bat}$	Energie bois (type plaquettes consommée par un poêle bois) importée pour le bâtiment.	kWhe f/m ² S RT/an

Energies importées par poste, par type d'énergie, et par zone

$C_{ef_gaz_imp_ch_annuel}^Z$	Energie gaz importée pour les consommations de chauffage de la zone.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_gaz_imp_fr_annuel}^Z$	Energie gaz importée pour les consommations de refroidissement de la zone.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_gaz_imp_ECS_annuel}^Z$	Energie gaz importée pour les consommations d'ECS de la zone.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_fioul_imp_ch_annuel}^Z$	Energie fioul importée pour les consommations de chauffage de la zone.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_fioul_imp_ECS_annuel}^Z$	Energie fioul importée pour les consommations d'ECS de la zone.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_cha_imp_ch_annuel}^Z$	Energie charbon importée pour les consommations de chauffage de la zone.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_cha_imp_ECS_annuel}^Z$	Energie charbon importée pour les consommations d'ECS de la zone.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_bois_imp_ch_annuel}^Z$	Energie bois importée pour les consommations de chauffage de la zone.	kWhe f/m ² S RT/an

$C_{ef_bois_imp_fr_annuel}^Z$	Energie bois importée pour les consommations de refroidissement de la zone.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_bois_imp_ECS_annuel}^Z$	Energie bois importée pour les consommations d'ECS de la zone.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_elec_imp_ch_annuel}^Z$	Energie électrique importée pour les consommations de chauffage de la zone.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_elec_imp_fr_annuel}^Z$	Energie électrique importée pour les consommations de refroidissement de la zone.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_elec_imp_ECS_annuel}^Z$	Energie électrique importée pour les consommations d'ECS de la zone.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_elec_imp_ecl_annuel}^Z$	Energie électrique importée pour les consommations d'éclairage de la zone.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_elec_imp_auxv_annuel}^Z$	Energie électrique importée pour les consommations des auxiliaires de ventilation de la zone.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_elec_imp_auxs_annuel}^Z$	Energie électrique importée pour les consommations des auxiliaires de distribution de la zone.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_elec_imp_AUE_annuel}^Z$	Energie électrique importée pour les consommations des autres usages de la zone.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_rdc_imp_ch_annuel}^Z$	Energie réseau de chaleur/froid importée pour les consommations de chauffage de la zone.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_rdc_imp_fr_annuel}^Z$	Energie réseau de chaleur/froid importée pour les consommations de refroidissement de la zone.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_rdc_imp_ECS_annuel}^Z$	Energie réseau de chaleur/froid importée pour les consommations d'ECS de la zone.	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_boisgran_imp_annuel}^Z$	Energie bois (type granulés) importée pour la zone	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_boisbuch_imp_annuel}^Z$	Energie bois (type bûches) importée pour la zone	kWhe f/m ² S RT/an
$C_{ef_boisplaq_imp_annuel}^Z$	Energie bois (type plaquettes) importée pour la zone	kWhe f/m ² S RT/an

$C_{ef_boisbuchpoel_imp_annuel}^Z$	Energie bois (type plaquettes consommée par un poêle bois) importée pour la zone.	kWhe f/m ² S RT/an
---------------------------------------	---	-------------------------------------

Indicateurs d'autoconsommation

$TAC_{PV_mois}^{bat}$	Taux d'autoconsommation mensuel de l'énergie électrique produite par le PV au niveau du bâtiment	%
$TAC_{PV_annuel}^{bat}$	Taux d'autoconsommation annuel de l'énergie électrique produite par le PV au niveau du bâtiment	%
$TAC_{Coge_elec_mois}^{bat}$	Taux d'autoconsommation mensuel de l'énergie électrique produite par les systèmes de cogénération du bâtiment	%
$TAC_{Coge_elec_annuel}^{bat}$	Taux d'autoconsommation annuel de l'énergie électrique produite par les systèmes de cogénération du bâtiment	%
$TAC_{Coge_annuel}^{bat}$	Taux d'autoconsommation annuel de l'énergie produite (chaleur et électricité) par les systèmes de cogénération du bâtiment	%

Variables internes		Unite	Min	Max	Conv
Energies produites (photovoltaïque et cogénération)					
$E_{ef_PV_m}^{bat}$	Energie électrique finale mensuelle produite par les capteurs photovoltaïque décrits au niveau bâtiment (après l'onduleur)	kWhe f/m ² Srt			
$E_{ef_PV_annuel}^{bat}$	Energie électrique finale annuelle produite par les capteurs photovoltaïque décrits au niveau bâtiment (après l'onduleur)	kWhe f/m ² Srt			
$E_{ef_PV_projet_m}^{bat}$	Energie électrique finale mensuelle produite par les capteurs photovoltaïque décrits au niveau projet (après l'onduleur)	kWhe f/m ² Srt			
$E_{ef_PV_projet_annuel}^{bat}$	Energie électrique finale annuelle produite par les capteurs photovoltaïque décrits au niveau projet (après l'onduleur)	kWhe f/m ² Srt			
$E_{ef_prelec}^{bat} (h)$	Energie électrique finale horaire produite par les cogénérations du bâtiment	Wh			
$E_{ef_pr_elec_mois}^{bat}$	Energie électrique finale mensuelle produite par les cogénérations du bâtiment	W			
$E_{ef_pr_elec_annuel}^{bat}$	Energie électrique finale annuelle produite par les cogénérations du bâtiment	W			

Energies autoconsommées

$E_{ef_elec_AC_horaire}^{bat}(h)$	Energie électrique totale produite et autoconsommée sur tous les usages par le bâtiment au pas de temps h	Wh
$E_{ef_elec_AC_PV_horaire}^{bat}(h)$	Energie électrique totale produite par le PV et autoconsommée sur tous les usages par le bâtiment au pas de temps h	Wh
$E_{ef_elec_AC_coge_horaire}^{bat}(h)$	Energie électrique totale produite par les cogénérations et autoconsommée sur tous les usages par le bâtiment au pas de temps h	Wh
$E_{ef_elec_AC_PV_mois}^{bat}$	Energie électrique totale produite par le PV et autoconsommée mensuellement sur tous les usages par le bâtiment	W
$E_{ef_elec_AC_coge_mois}^{bat}$	Energie électrique totale produite par les cogénérations et autoconsommée mensuellement sur tous les usages par le bâtiment	W
$E_{ef_elec_AC}^{bat}$	Energie électrique totale produite et autoconsommée sur tous les usages par le bâtiment au pas de temps h (valeurs mensuelles et annuelles)	$\frac{kWh_{ef}}{m^2 \cdot S_r \cdot t}$
$E_{ef_elec_AC_PV}^{bat}$	Energie électrique totale produite par le PV et autoconsommée sur tous les usages par le bâtiment au pas de temps h (valeurs mensuelles et annuelles)	$\frac{kWh_{ef}}{m^2 \cdot S_r \cdot t}$
$E_{ef_elec_AC_coge}^{bat}$	Energie électrique totale produite par les cogénérations et autoconsommée sur tous les usages par le bâtiment au pas de temps h (valeurs mensuelles et annuelles)	$\frac{kWh_{ef}}{m^2 \cdot S_r \cdot t}$
$Q_{elecTsus_cons}^z(h)$	Energie électrique tous usages consommée au niveau de la zone au pas de temps horaire	Wh
$Q_{elecTsus_cons}^{bat}(h)$	Energie électrique tous usages consommée au niveau du bâtiment au pas de temps horaire	Wh
$Q_{cef_ch}^{gr}(h)$	Energie finale totale consommée pour le chauffage dans le groupe au pas de temps h	Wh
$Q_{cef_fr}^{gr}(h)$	Energie finale totale consommée pour le refroidissement dans le groupe au pas de temps h	Wh
$Q_{cef_ecs}^{gr}(h)$	Energie finale totale consommée pour l'ecs dans le groupe au pas de temps h	Wh
$P_{elec_ecl}^{gr}(h)$	Energie finale totale consommée par l'éclairage dans le groupe au pas de temps h	Wh
$W_{cef_auxv}^{gr}(h)$	Energie finale totale consommée par les auxiliaires de ventilation (et ventilateur de émetteurs) dans le groupe au pas de temps h	Wh

$W_{cef_auxs}^{gr}(h)$ Energie finale totale consommée par les auxiliaires de distribution dans le groupe au pas de temps h

Wh

Tableau 3 : Nomenclature du modèle

1.2.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

1.2.3.1 Généralités

Création de la matrice croisée des consommations en énergie finale par énergie de la zone

On construit ici la matrice des consommations en énergie finale par poste et par énergie pour faciliter par la suite le traitement des données et le calcul des nouveaux indicateurs.

En kWhEF/m²/an	10 : Gaz	20 : Fioul	30 : Charbon	40 : Bois	50 : Electricité	60 : Réseau de chaleur
0 : Chauffage	$C_{ef_ch_gaz}^z$	$C_{ef_ch_fioul}^z$	$C_{ef_ch_cha}^z$	$C_{ef_ch_bois}^z$	$C_{ef_ch_elec}^z$	$C_{ef_ch_reseau_chaleur}^z$
1 : Refroidiss.	$C_{ef_fr_gaz}^z$	$C_{ef_fr_fioul}^z$	$C_{ef_fr_cha}^z$	$C_{ef_fr_bois}^z$	$C_{ef_fr_elec}^z$	$C_{ef_fr_reseau_chaleur}^z$
2 : ECS	$C_{ef_ecs_gaz}^z$	$C_{ef_ecs_fioul}^z$	$C_{ef_ecs_cha}^z$	$C_{ef_ecs_bois}^z$	$C_{ef_ecs_elec}^z$	$C_{ef_ecs_reseau_chaleur}^z$
3 : Eclairage	-	-	-	-	$C_{ef_ecl_elec}^z$	-
4 : Auxiliaires de ventilation	-	-	-	-	$C_{ef_auxv_elec}^z$	-
5 : Auxiliaires de distribution	-	-	-	-	$C_{ef_auxs_elec}^z$	-
6 : Autres usages	-	-	-	-	$C_{ef_AUE_elec}^z$	-

Tableau 4 : Matrice des consommations en énergies finales par poste et par énergie

Les consommations des 6 premiers postes sont calculées par Th-BCE (voir fiche algorithme C_CALC_Calculs_Zone).

Note : ces consommations sont notées $C_{ef_i_energie}$ ci-après. « i » correspond à une chaîne de caractères et prend dans l'ordre les valeurs « ch », « fr », « ECS », « ecl », « auxv », « auxs » et « AUE ».

Conventions de notations

Pour harmoniser les notations de ces nouveaux indicateurs avec la méthode Th-BCE (arrêté du 30 avril 2013), les conventions de notations suivantes seront utilisées :

EF	Energie Finale
EP	Energie Primaire
C	Consommations d'énergie
E	Production d'énergie
^z	(en indice) indicateur calculé au niveau de la zone
^{bat}	(en indice) indicateur calculé au niveau du bâtiment

Table 1 : convention de notation

1.2.3.2 Calculs préliminaires

Calcul horaire de la consommation électrique des autres usages

Ce calcul n'est pas effectué par cet objet, mais utilise des éléments calculés par les différentes fiches algorithmes portant sur les autres usages :

- Autres usages mobiliers - $C_{ef_us_mob}^z$

Le vecteur $C_{ef_us_mob}^z(h)$ contenant les 8760 valeurs horaires des consommations électriques des autres usages mobiliers, en énergie finale.

- Autres usages immobiliers
 - Consommations d'éclairage des locaux communs des bâtiments de logements collectifs $C_{ef_circ_ecl}^z$
 - Consommations électriques des ascenseurs $C_{ef_asc}^z$
 - Consommation de l'éclairage des parkings et de la ventilation des parkings $C_{ef_park}^z$

$$C_{ef_us_immob}^z(h) = C_{ef_asc}^z(h) + C_{ef_park}^z(h) + C_{ef_circ_ecl}^z(h) \quad (20)$$

On obtient alors la consommation des autres usages par l'équation :

$$C_{ef_AUElec}^z(h) = C_{ef_us_immob}^z(h) + C_{ef_us_mob}^z(h) \quad (21)$$

Avant de pouvoir déterminer les indicateurs d'autoconsommation, on doit disposer des consommations électriques sommées pour tous les usages.

Calcul des consommations électriques tous usages du bâtiment par zone et pour le bâtiment (usages RT et autres usages)

On détermine ici les consommations par zone, car les facteurs d'émission de CO2 sont différents selon les usages des zones (résidentiel ou tertiaire)

Toutes les énergies finales par poste et par énergie sont disponibles en sortie de COMETH au pas de temps horaire pour les postes réglementaires.

Calculées au niveau du groupe, ces matrices sont sommées sur tous les groupes du bâtiment :

$$Q_{cef(poste,énergie)}^{bat}(h) = \sum_{gr \in bat} Q_{cef(poste,énergie)}^{gr}(h) \quad (22)$$

On s'intéresse ici uniquement à l'énergie électrique. L'énergie électrique **Tous usages** (vecteur énergétique d'indice 50) consommée par la zone puis par le bâtiment s'exprime de la manière suivante :

$$Q_{elecTsuscons}^z(h) = C_{ef_AUElec}^z(h) + \sum_{gr \in z} \left(\sum_{poste} [Q_{cef(poste;50)}^{gen,gr}(h)] + W_{cefauxv}^{gr}(h) + W_{cefauxs}^{gr}(h) + P_{elececl}^{gr}(h) \right) \quad (23)$$

$$Q_{elecTsuscons}^{bat}(h) = \sum_{z \in bat} Q_{elecTsuscons}^z(h) \quad (24)$$

1.2.3.3 Calcul des énergies produites au niveau du bâtiment

Calcul des énergies produites au niveau du bâtiment par le PV

Il convient de différencier ici :

- L'énergie produite par l'objet PV associé au bâtiment
- L'énergie produite par l'objet PV associé au projet

Uniquement pour le label E+C-, l'énergie électrique produite par bâtiment par les panneaux PV est la somme des énergies produites par les différentes productions photovoltaïques (niveau projet et niveau bâtiment).

Pour la production PV associée au bâtiment, on a la valeur **horaire** ci-dessous au niveau du bâtiment :

$$\Phi \Phi_{ef_prod_PV}^{bat} \Phi(h) = \sum_{PV \in bat} (P_{ond}^{PV}(h)) \quad (25) \text{ en Wh}$$

Le bilan **mensuel et annuel** donne :

$$E_{ef_PV_m}^{bat} = \frac{\sum_{h \in mois} \Phi \Phi_{ef_prod_PV}^{bat}(h)}{1000 * S_{rt}} \Phi \quad (26) \text{ en kWh}_{ef}/m^2 S_{rt}$$

$$E_{ef_PV_annuel}^{bat} = \sum_{mois=1}^{12} (E_{ef_PV_m}^{bat}) \quad (27) \text{ en kWh}_{ef}/m^2 S_{rt}$$

Pour la production PV associée au projet, on détermine la valeur **horaire** associée à chaque bâtiment. Elle est répartie par bâtiment **au prorata des consommations électriques tous usages de ce bâtiment** par rapport aux consommations électriques tous usages du projet selon l'équation ci-dessous :

$$\Phi \Phi_{ef_prod_PV_projet}^{bat} \Phi(h) = \sum_{PV_projet \in projet} (P_{ond}^{PV_projet}(h)) * \frac{Q_{elecTsus_cons}^{bat}(h)}{\sum_{bat \in projet} Q_{elecTsus_cons}^{bat}(h)} \quad (28) \text{ en Wh}$$

Le bilan **mensuel et annuel** donne :

$$E_{ef_PV_projet_m}^{bat} = \frac{\sum_{h \in mois} \Phi \Phi_{ef_prod_PV_projet}^{bat}(h)}{1000 * S_{rt}} \Phi \quad (29) \text{ en kWh}_{ef}/m^2 S_{rt}$$

$$E_{ef_PV_projet_annuel}^{bat} = \sum_{mois=1}^{12} (E_{ef_PV_projet_m}^{bat}) \quad (30) \text{ en kWh}_{ef}/m^2 S_{rt}$$

On obtient ainsi la production **horaire** associée à toutes les productions PV (niveau bâtiment et projet), affectée au bâtiment objet du calcul.

$$\Phi \Phi_{ef_prod_PV_tot}^{bat} \Phi(h) = \Phi_{ef_prod_PV}^{bat}(h) + \Phi_{ef_prod_PV_projet}^{bat}(h) \quad (31) \text{ en Wh}$$

Le bilan **mensuel et annuel** donne :

$$E_{ef_PV_tot_m}^{bat} = \frac{\sum_{h \in \text{mois}} \Phi \Phi_{ef_prod_PV_tot}^{bat}(h)}{1000 * S_{rt}} \quad (32) \text{ en kWh}_{ef}/m^2 S_{rt}$$

$$E_{ef_PV_tot_annuel}^{bat} = \sum_{mois=1}^{12} (E_{ef_PV_tot_m}^{bat}) \quad (34) \text{ en kWh}_{ef}/m^2 S_{rt}$$

Calcul des énergies produites au niveau du bâtiment par les systèmes de cogénération

L'énergie électrique produite par bâtiment par les systèmes de cogénération est la somme des énergies produites par les différentes cogénérations associées au bâtiment.

Pour la production par cogénération, on a la valeur horaire ci-dessous au niveau du bâtiment (on somme la valeur de production horaire sur l'ensemble des co-générateurs associés au bâtiment à traiter) :

$$E_{ef_prelec}^{bat}(h) = \sum_{gr \in bat} \left(\sum_{gnr \in bat} E_{ef_prelec}^{gen,gr}(h) \right) \quad (36)$$

Le bilan **mensuel et annuel** donne :

$$E_{ef_prelec}^{bat} = \frac{\int E_{ef_prelec_PV}^{bat}(h).dh}{1000 * S_{RT}} \quad (\text{kWh}_{ef}/m^2.S_{rt}) \quad (37)$$

1.2.3.4 Calcul de l'énergie électrique autoconsommée, importée et exportée

Calcul de l'énergie produite par les panneaux PV et les systèmes de cogénération et autoconsommée par tous les usages du bâtiment

Dans un premier temps, on calcule une énergie autoconsommée, en tenant compte de toutes les productions d'électricité (panneaux PV et cogénération), puis on répartit cette énergie autoconsommée entre les différentes productions. Ceci permettra de déterminer des taux d'autoconsommation par type de production, pour les besoins des calculs environnementaux.

On va comparer ici, au pas de temps horaire, les énergies produites par les panneaux PV et par les systèmes de cogé aux consommations électriques tous usages du bâtiment, afin de déterminer la part autoconsommée.

On en déduit

$$E_{ef_elec_AC_horaire}^{bat}(h) = \min(\Phi \Phi_{ef_prod_PV_tot}^{bat}(h) + E_{ef_prelec}^{bat}(h); \Phi Q_{elecTsus_cons}^{bat}(h)) \quad (38) \text{ en Wh}$$

Puis on déduit l'énergie autoconsommée pour chacune des productions (panneaux PV puis cogé). La répartition est faite au prorata des productions de chaque système.

$$E_{ef_elec_AC_PV_horaire}^{bat}(h) \quad (39) \text{ en Wh}$$

$$= \frac{\Phi \Phi_{ef_prod_PV_tot}^{bat}(h)}{\Phi \Phi_{ef_prod_PV_tot}^{bat}(h) + E_{ef_prelec}^{bat}(h)} \Phi \Phi_{ef_elec_AC_horaire}^{bat}(h)$$

$$E_{ef_elec_AC_coge_horaire}^{bat}(h) \quad (40) \text{ en Wh}$$

$$= \frac{E_{ef_prelec}^{bat}(h)}{\Phi \Phi_{ef_prod_PV_tot}^{bat}(h) + E_{ef_prelec}^{bat}(h)} \Phi_{ef_elec_AC_horaire}^{bat}(h)$$

Le bilan **mensuel et annuel** donne, pour l'électricité autoconsommée globalement, puis par système de production :

$$E_{ef_elec_AC}^{bat} = \frac{\int E_{ef_elec_AC_horaire}^{bat}(h)}{1000 * S_{RT}} \quad (41) \text{ en kWh/m}^2.\text{Srt}$$

$$E_{ef_elec_AC_PV}^{bat} = \frac{\int E_{ef_elec_AC_PV_horaire}^{bat}(h)}{1000 * S_{RT}} \quad (42) \text{ en kWh/m}^2.\text{Srt}$$

$$E_{ef_elec_AC_coge}^{bat} = \frac{\int E_{ef_elec_AC_coge_horaire}^{bat}(h)}{1000 * S_{RT}} \quad (43) \text{ en kWh/m}^2.\text{Srt}$$

PS : on ne regarde pas, ici l'aspect renouvelable ou non de l'énergie produite. On entend par aspect renouvelable le fait qu'elle ait été produite à partir de sources d'énergie renouvelables.

Répartition par usage et par poste de l'énergie autoconsommée au niveau du bâtiment

L'énergie électrique autoconsommée au niveau du bâtiment doit être répartie sur les différents usages de l'électricité i, ainsi que par zone d'usage z (résidentiel ou non-résidentiel).

En effet, cette énergie autoconsommée va venir en déduction de l'énergie électrique importée du réseau. Cela permettra de calculer l'impact environnemental (émissions de CO2) de ces énergies importées.

Dans le cadre de la méthode détaillée, cette répartition se fait de manière horaire, au prorata des consommations électriques de chaque poste et de chaque usage. **Pour ce faire, il faut d'abord déterminer, par poste d'usage, les consommations d'électricité horaires de chaque zone :**

Pour le chauffage (i = 1), le refroidissement (i = 2) et l'eau chaude sanitaire (i = 3), on utilise les formules ci-dessous, au niveau du groupe, puis de la zone pour sommer les consommations des générateurs alimentant le groupe :

$$Q_{cef_i_elec}^{gr}(h) = \sum_{gen \in gr} (Q_{cef}^{gen,gr}(i;50)(h)) \quad (44)$$

$$C_{cef_i_elec}^z(h) = \sum_{gr \in zn} (Q_{cef_i_elec}^{gr}(h)) \quad (45)$$

Pour les autres postes de consommation, on utilise les formules ci-dessous, au niveau de la zone :

Auxiliaires de ventilation :

$$C_{cef_auxv_elec}^z(h) = \sum_{gr \in zn} (W_{cef_auxv}^{gr}(h)) \quad (46)$$

Auxiliaires de distribution et de génération :

$$C_{cef_auxs_elec}^z(h) = \sum_{gr \in zn} (W_{cef_auxs}^{gr}(h)) \quad (47)$$

Eclairage :

$$C_{cef_ecl_elec}^z(h) = \sum_{gr \in zn} (P_{elec_ecl}^{gr}(h)) \quad (48)$$

Consommations des autres usages :

$C_{cef_AUE_elec}^z(h)$ est calculé selon la relation (21).

Les consommations horaires par zone et par poste de consommation électrique étant déterminées, on peut répartir l'énergie électrique autoconsommée sur chacun de ces postes (i).

$$E_{ef_elec_AC_i_horaire}^z = E_{ef_elec_AC_horaire}^{bat} * \frac{C_{ef_i_elec}^z(h)}{\sum_{i \in \{poste\}, z \in bat} (C_{ef_i_elec}^z(h))} \quad (49) \text{ en Wh}$$

Calcul de l'énergie produite par les panneaux PV et les systèmes de cogénération et exportée

L'énergie produite par le photovoltaïque et exportée (**en kWh_{ef}/m²/an**) est donc la différence entre la production annuelle d'électricité et l'autoconsommation annuelle:

$$E_{ef_elec_exp_PV_annuel}^{bat} = E_{ef_PV_tot_annuel}^{bat} - E_{ef_elec_AC_PV_annuel}^{bat} \quad (50)$$

L'énergie produite par la cogénération et exportée (**en kWh_{ef}/m²/an**) est donc la différence entre la production annuelle d'électricité annuelle et l'autoconsommation annuelle:

$$E_{ef_elec_exp_coge_annuel}^{bat} = E_{ef_prelec}^{bat} - E_{ef_elec_AC_coge_annuel}^{bat} \quad (51)$$

L'énergie électrique exportée au total par les panneaux PV et la cogénération s'écrit :

$$E_{ef_elec_exp_annuel}^{bat} = E_{ef_elec_exp_coge_annuel}^{bat} + E_{ef_elec_exp_PV_annuel}^{bat} \quad (52)$$

La relation suivante est vérifiée :

$$E_{ef_prelec}^{bat} + E_{ef_PV_tot_annuel}^{bat} = E_{ef_elec_exp_annuel}^{bat} + E_{elec_AC_annuel}^{bat} \quad (53)$$

Calcul des indicateurs d'autoconsommation

On détermine ici le taux d'autoconsommation pour chacun des systèmes de production (panneaux PV et cogénération), nécessaire à l'outil Environnement pour calculer le contributeur composant (répartition de l'impact des panneaux PV et du système de cogénération au prorata de l'autoconsommation).

Concernant le PV, le taux d'autoconsommation s'exprime comme le rapport entre l'énergie autoconsommée et la production électrique des panneaux PV, que l'on détermine de manière mensuelle, et sur l'année. On tient compte ici des productions des panneaux PV associés au bâtiment, et des productions des panneaux PV décrits au niveau projet, et ramenées au bâtiment selon le paragraphe 1.1.3.3.1

$$TAC_{PV_mois}^{bat} = 100 * \frac{E_{ef_elec_AC_PV_mois}^{bat}}{E_{ef_prod_PV_tot_m}^{bat}} \quad (54) \text{ en } \%$$

$$TAC_{PV_annuel}^{bat} = 100 * \frac{E_{ef_elec_AC_PV_annuel}^{bat}}{E_{ef_prod_PV_tot_annuel}^{bat}} \quad (55) \text{ en } \%$$

Concernant la cogénération (assurant le chauffage, l'ECS ou les deux) on détermine deux taux d'autoconsommation :

- Un taux d'autoconsommation purement électrique
- Un taux d'autoconsommation global (incluant l'énergie électrique et le combustible).

Taux d'autoconsommation électrique :

Comme pour le PV, il s'agit du rapport entre l'énergie électrique produite par la cogénération et autoconsommée, et la production d'électricité totale par la cogénération.

$$TAC_{Coge_elec_mois}^{bat} = 100 * \frac{E_{ef_elec_AC_Coge_mois}^{bat}}{E_{ef_prelec_mois}^{bat}} \quad (56) \text{ en } \%$$

$$TAC_{Coge_elec_annuel}^{bat} = 100 * \frac{E_{ef_elec_AC_coge_annuel}^{bat}}{E_{ef_prelec_annuel}^{bat}} \quad (57) \text{ en } \%$$

Taux d'autoconsommation global (électrique et chaleur) pour la détermination de l'impact environnemental :

On détermine ici un taux d'autoconsommation global pour la cogénération qui prend en compte l'électricité mais aussi la chaleur. Ce taux est utilisé pour déterminer la part de l'impact environnemental de la cogénération qui est à supporter par le bâtiment.

Pour ce faire, on vient sommer ici artificiellement des consommations électriques et non électriques (gaz ou bois par exemple pour la cogénération). Puis on calcule un taux d'autoconsommation en divisant les énergies autoconsommées (électrique et gaz, cette dernière étant ici supposée autoconsommée à 100%) par les consommations d'énergie (électricité produite et chaleur fournie, cette dernière étant donc identique à la valeur du numérateur).

La consommation de la cogénération prise en compte dans les calculs de la méthode détaillée du label E+C- est la suivante :

Pour tous les objets « générateur_Combustion » tel que $Is_{cogénération} = 1$ (une cogénération est présente) :

$$Cef_{comb_tot}^{cogé, bat} = \frac{C_{ef_ch_comb_annuel}^{cogé, bat} + C_{ef_ECS_comb_annuel}^{cogé, bat}}{S_{RT}^{bat} * 1000} \quad (58)$$

$$Cef_{comb_tot}^{bat} = \sum_{cogé \in bat} C_{comb_tot}^{cogé, bat} \quad (59)$$

On en déduit alors le taux d'autoconsommation globale de la cogénération qui permet d'évaluer la part du système cogénération imputable au bâtiment d'un point de vue impact environnemental:

$$TAC_{cogé_annuel}^{bat} = 100 - \frac{(100 - TAC_{cogé_elec_annuel}^{bat}) * E_{ef_prelec}^{bat}}{Cef_{comb_tot}^{bat}} \quad (60)$$

Où :

$Cef_{comb_tot}^{bat}$ est la quantité de combustible totale annuelle consommée par les cogénérateurs du bâtiment, calculée selon ThBCE en kWhEF/m²SRT/an, au niveau du bâtiment.

Impact sur les consommations d'énergie finale de la cogénération pour prise en compte dans le bilan BEPOS

Pour le bilan BEPOS, on retranche aux consommations d'énergie primaire non renouvelables, la part d'énergie exportée et produite de manière renouvelable.

Pour la cogénération, on vient diminuer la consommation d'énergie fossile de la part d'énergie finale utilisée pour produire de l'électricité exportée.

Ainsi, la consommation d'énergie finale pour tous les objets « générateur_Combustion » tel que $Is_{cogénération} = 1$ (une cogénération est présente) du bâtiment est calculée selon la formule suivante :

$$Cef_{comb_final}^{bat, cogé} = Cef_{comb_tot}^{bat, cogé} - \frac{(100 - TAC_{cogé_elec_annuel}^{bat})}{100} * E_{ef_prelec}^{bat} \quad (61)$$

Où :

$Cef_{comb_tot}^{bat, cogé}$ est la quantité de combustible totale annuelle consommée par la cogénération, calculée selon ThBCE en kWhEF/m²SRT/an, au niveau du bâtiment.

$E_{ef_prelec}^{bat}$ est la quantité totale d'électricité produite par la cogénération, calculée selon ThBCE et est exprimée en kWhEF/m².an.

Préalable - Calcul de la matrice des énergies importées par usage et par zone

Comme indiqué plus haut, il convient ici de déterminer l'énergie importée sur la parcelle et consommée par le bâtiment.

Pour chaque poste de consommation i et pour chaque type d'énergie, l'énergie finale est calculée en déduisant l'énergie autoconsommée (la répartition par usage est faite en 0) de la consommation d'énergie finale de l'usage i calculée selon Th-BCE pour les usages RT 2012 et pour les Autres Usages mobiliers et immobiliers.

Pour les énergies autres que l'électricité, il n'y a pas d'autoconsommation. Les énergies importées au niveau de la zone sont donc identiques aux consommations. On viendra cependant déduire par la suite les consommations de combustible de la cogénération ayant servi à produire l'électricité exportée.

$$\text{Pour } i \in \{0, 2\} \quad (62)$$

$$C_{ef_gaz_imp_i_annuel}^z = C_{ef_i\{energie=10\}}^z \quad (63)$$

$$\text{Pour } i \in \{0, 2\} \quad (64)$$

$$C_{ef_fod_imp_i_annuel}^z = C_{ef_i\{energie=20\}}^z \quad (65)$$

$$\text{Pour } i \in \{0, 2\} \quad (66)$$

$$C_{ef_cha_imp_i_annuel}^z = C_{ef_i\{energie=30\}}^z \quad (67)$$

$$\text{Pour } i \in \{0, 2\} \quad (68)$$

$$C_{ef_bois_imp_i_annuel}^z = C_{ef_i\{energie=40\}}^z \quad (69)$$

$$\text{Pour } i \in \{0, 2\} \quad (70)$$

$$C_{ef_rdc_imp_i_annuel}^z = C_{ef_i\{energie=60\}}^z$$

Pour l'électricité, on vient donc déduire les énergies autoconsommées :

$$\text{Pour } i \in \{0, 6\} \quad (67)$$

$$C_{ef_elec_imp_i_annuel}^z = C_{ef_i\{energie=50\}}^z - (E_{ef_elec_AC_PV_i_annuel}^z + E_{ef_elec_AC_i_coge}^z)$$

De plus, on calcule les consommations importées **par type de combustible bois**, pour pouvoir évaluer les émissions de CO2 :

Pour tous les objets « Générateur_Combustion »,

$$C_{ef_boisgran_imp_annuel}^z = \frac{\sum_{poste \in \{0,2\}} \sum_h \{Q_{cef_bois_{poste;type_comb=0-granulés}}\}(h)}{SRT^z * 1000} \quad (68)$$

$$C_{ef_boisbuch_imp_annuel}^z = \frac{\sum_{poste \in \{0,2\}} \sum_h \{Q_{cef_bois_{poste;type_comb=1-buches}}\}(h)}{SRT^z * 1000} \quad (69)$$

$$C_{ef_boisplaq_imp_annuel}^z = \frac{\sum_{poste \in \{0,2\}} \sum_h \{Q_{cef_bois_{poste;type_comb=2-plaquettes}}\}(h)}{SRT^z * 1000} \quad (70)$$

Pour tous les objets « Poêles_Inserts »

$$C_{ef_boisgranpoel_imp_annuel}^z = \frac{\sum_{poste \in \{0,2\}} \sum_h \{Q_{cef_{poste;en=40:bois;type_comb=0-granulés}}\}(h)}{SRT^z * 1000} \quad (71)$$

$$C_{ef_boisbuchpoel_imp_annuel}^z = \frac{\sum_{poste \in \{0,2\}} \sum_h \{Q_{cef_{poste;en=40:bois;type_comb=1-bûches}}\}(h)}{SRT^z * 1000} \quad (72)$$

$$C_{ef_boisplaqpoel_imp_annuel}^z = \frac{\sum_{poste \in \{0,2\}} \sum_h \{Q_{cef_{poste;en=40:bois;type_comb=2-plaq}}\}(h)}{SRT^z * 1000} \quad (73)$$

Ces valeurs sont remontées au niveau du bâtiment :

$$\text{Pour } i \in \{0, 2\} \quad (74)$$

$$C_{ef_gaz_imp_i_annuel}^{bat} = \frac{\sum_{z \in bat} E_{ef_gaz_imp_i_annuel}^z * SRT^z}{\sum_{z \in bat} SRT^z}$$

$$\text{Pour } i \in \{0, 2\} \quad (75)$$

$$\text{Pour } i \in \{0, 2\} \quad C_{ef_fod_imp_i_annuel}^{bat} = \frac{\sum_{z \in bat} E_{ef_fod_imp_i_annuel}^z * SRT^z}{\sum_{z \in bat} SRT^z} \quad (76)$$

$$\text{Pour } i \in \{0, 2\} \quad C_{ef_cha_imp_i_annuel}^{bat} = \frac{\sum_{z \in bat} E_{ef_cha_imp_i_annuel}^z * SRT^z}{\sum_{z \in bat} SRT^z} \quad (77)$$

$$\text{Pour } i \in \{0, 6\} \quad C_{ef_bois_imp_i_annuel}^{bat} = \frac{\sum_{z \in bat} E_{ef_bois_imp_i_annuel}^z * SRT^z}{\sum_{z \in bat} SRT^z} \quad (78)$$

$$\text{Pour } i \in \{0, 2\} \quad C_{ef_elec_imp_i_annuel}^{bat} = \frac{\sum_{z \in bat} E_{ef_elec_imp_i_annuel}^z * SRT^z}{\sum_{z \in bat} SRT^z} \quad (79)$$

Il en est de même pour les consommations de bois, par type de combustible :

$$C_{ef_boisgran_imp_annuel}^{bat} = \frac{\sum_{z \in bat} E_{ef_boisgran_imp_annuel}^z * SRT^z}{\sum_{z \in bat} SRT^z} \quad (80)$$

$$C_{ef_boisbuch_imp_annuel}^{bat} = \frac{\sum_{z \in bat} E_{ef_boisbuch_imp_annuel}^z * SRT^z}{\sum_{z \in bat} SRT^z} \quad (81)$$

$$C_{ef_boisplaq_imp_annuel}^{bat} = \frac{\sum_{z \in bat} E_{ef_boisplaq_imp_annuel}^z * SRT^z}{\sum_{z \in bat} SRT^z} \quad (82)$$

$$C_{ef_boisplaqpoel_imp_annuel}^{bat} = \frac{\sum_{z \in bat} E_{ef_boisplaqpoel_imp_annuel}^z * SRT^z}{\sum_{z \in bat} SRT^z} \quad (83)$$

Déduction pour la cogénération :

Selon le référentiel E+C-, on déduit des énergies importées la consommation de combustible de la cogénération ayant servi à produire de l'électricité.

Par hypothèse, cette correction est faite pour l'énergie de la première cogénération du bâtiment. Par exemple, si on a une cogénération bois plaquettes, ce correctif impactera la consommation de chauffage bois plaquettes.

Avec *Type_combustible* le type de combustible bois (parmi bois plaquettes, bois buches ou bois granulés) utilisé (ou pas – sans objet – on considère alors que la cogénération utilise du gaz), on pose :

$$C_{ef_Energie_imp_ch_annuel}^{bat} = (C_{ef_comb_ch_tot}^{bat} - C_{ef_comb_ch_final}^{bat}) * \frac{C_{ef_comb_ch_tot}^{bat, cogé}}{C_{ef_comb_tot}^{bat, cogé}} \quad (84)$$

$$C_{ef_Energie_imp_ecs_annuel}^{bat} = (C_{ef_comb_ecs_tot}^{bat} - C_{ef_comb_ecs_final}^{bat}) * \frac{C_{ef_comb_ecs_tot}^{bat, cogé}}{C_{ef_comb_tot}^{bat, cogé}} \quad (85)$$

Il convient ensuite de répartir cette déduction au niveau des **consommations importées par zones**, pour les besoins des calculs environnementaux. Cette déduction est alors réalisée au prorata des consommations concernées de chaque zone par rapport aux consommations du bâtiment.

(86)

$$C_{ef_Energie_imp_ch_annuel}^z -$$

$$= (C_{ef_comb_ch_tot}^{bat} - C_{ef_comb_ch_final}^{bat}) * \frac{C_{ef_Energie_imp_ch_annuel}^z}{C_{ef_Energie_imp_ch_annuel}^{bat}}$$

$$C_{ef_Energie_imp_ecs_annuel}^z -$$

$$= (C_{ef_comb_ecs_tot}^{bat} - C_{ef_comb_ecs_final}^{bat}) * \frac{C_{ef_Energie_imp_ecs_annuel}^z}{C_{ef_Energie_imp_ecs_annuel}^{bat}} \quad (87)$$

1.3 FICHE ALGORITHME: CALCUL DES CONSOMMATIONS ELECTRIQUES DES EQUIPEMENTS MOBILIERS (AUTRES USAGES, EN METHODE HORAIRE)

1.3.1 INTRODUCTION

Les équipements mobiliers regroupent tous les appareils absents à la livraison du bâtiment et consommant de l'énergie électrique : équipements bureautiques, électroménagers, appareils domestiques... à l'exception des dispositifs d'éclairage mobiliers déjà comptabilisés partiellement dans la méthode Th-BCE pour certains types de locaux (aires de vente, bureaux).

Ces consommations n'incluent pas les consommations des équipements immobiliers non comptabilisées dans les indicateurs de la RT2012 (ascenseur, parkings, éclairage des parties communes).

Par convention, les consommations électriques des équipements mobiliers sont considérées égales aux valeurs d'apports internes de chaleur non dus aux occupants.

1.3.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 1 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul de l'autoconsommation.

Entrées du composant						
Chapitre 6.1 « C_EIN_Scénarios conventionnels » de la méthode Th-BCE	Nom	Description	Unité	Min	Max	conv
	Usage ^z	Type d'usage de la zone n°z				
	Q _{max,proc,loc}	Apport maximal de chaleur interne lié aux équipements mobiliers du local	W/m²	≥0		
	t ^a _{ch} (m,s)	Ratio d'apports internes de chaleur lié à la consommation des équipements mobiliers du local par mois/semaine	Réel	0	1	
	t ^s _{ch} (j,h)	Ratio d'apports internes de chaleur liée à la consommation des équipements mobiliers du local par jour/heure	Réel	0	1	
	A ^{loc}	Surface utile de chaque local loc constituant la zone z, telle que calculée dans le	m²	≥0		
Sorties						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	C ^z _{ef_us_mob} (h)	Consommation électrique des usages mobiliers de la zone au pas de temps horaire	Wh			
	C ^z _{ef_us_mob_annue}	Consommation électrique annuelle des usages mobiliers de la zone en énergie finale par m² de S _{RT}	kWh/m². S _{RT}			

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
	$C_{ef_us_mob}^{loc}(h)$	Consommation électrique des usages mobiliers du local au pas de temps horaire	Wh			

Tableau 5 : Nomenclature du modèle

1.3.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

La consommation électrique du local d'indice loc est calculée de la même manière que les apports internes de chaleur associés aux équipements mobiliers dans la méthode Th-BCE :

$$C_{ef_us_mob}^{loc}(h) = A^{loc} \cdot Q_{max_proc}^{loc} \cdot t_{ch(m,s)}^a \cdot t_{ch(j,h)}^s \quad (88)$$

La consommation électrique totale des usages mobiliers de la zone est la somme des consommations de chaque local :

$$C_{ef_us_mob}^z(h) = \sum_{loc \in z} C_{ef_us_mob}^{loc}(h) \quad (89)$$

Enfin, la consommation annuelle des usages mobiliers de la zone s'obtient par sommation sur l'année :

$$C_{ef_us_mob_annuel}^z = \sum_{h=1}^{8760} C_{ef_us_mob}^z(h) \quad (90)$$

1.4 FICHE ALGORITHME : CALCUL DES CONSOMMATIONS DES ASCENSEURS DU BATIMENT

1.4.1 INTRODUCTION

Le modèle calcule la consommation annuelle en énergie finale des ascenseurs (une unique cabine ou un ensemble de cabines) dans un bâtiment. Puis un module de post traitement en dérive le profil horaire de consommation électrique pour chaque cabine d'ascenseur.

La méthode est structurée autour de :

- une description techno explicite de chaque cabine d'ascenseur dont la description du scénario de mise en veille de chaque cabine. Il peut y avoir plusieurs cabines dans le bâtiment,
- une estimation du besoin de voyage annuel pour tout le bâtiment (le bâtiment peut être multi zone),
- une estimation du besoin de voyage annuel par cabine,
- une modélisation de l'usage moyen annuel en terme de nombre de démarrages annuel et de course moyenne annuelle,
- un calcul de la consommation totale annuelle par cabine découpé en une phase de mobilité et une phase d'immobilité,
- une distribution de la consommation annuelle en puissance horaire à l'aide de l'introduction d'une caractéristique de mobilité par zone posée à dire d'expert et reprenant les formats de description des scénarios d'usage de la méthode ThBCE 2012.

Plus précisément pour chaque ascenseur présent dans le bâtiment, l'utilisateur renseigne :

- **La technologie** : quatre technologies sont disponibles dont une typologie « ne sait pas » qui induit un cas pire en terme de consommation c'est la valeur par défaut.
- **Q, la masse utile de la cabine**, au sens de EN81-1
- **V, la vitesse nominale**, au sens de EN81-1
- **H, la course de la machine** qui peut le cas échéant inclure un ou plusieurs sous sol,
- **netage, le nombre d'étages desservis**. Si la cabine dessert un R+4 sans sous sol netage=4, si la cabine dessert en R+4 avec un sous sol netage=5
- **l'équilibrage de la machine Cp** (Cp caractérise la masse du contrepoids), une valeur par défaut est disponible
- **La scénarisation de la mise en veille de la cabine**, par défaut cette veille n'existe pas si l'utilisateur ne sait pas décrire cette mise en veille
- **La connectivité des cabines avec chaque zone du bâtiment** (la cabine dessert ou pas les zones)

Puis à partir :

- des entrées précédentes,
- du paramétrage interne à la méthode,
- des échanges de données avec les autres modules de calcul pré existant dans RT 2012,

la méthode calcule tous les paramètres internes complémentaires et en sortie donne :

- l'énergie électrique finale annuelle consommée par chaque cabines d'ascenseurs ainsi que sa décomposition en deux postes mobilité et immobilité.
- La puissance active moyenne horaire par cabine et par zone (conventionnelle)
- le nombre estimé de démarrages par ans.
- la durée en moyenne par jour de mobilité.

La méthode n'implique que des relations mathématiques explicites.

La méthode ne prend pas en compte :

- les consommations (aéraulique , éclairages) associées au conduit
- les ascenseurs à récupération d'énergie (le modèle pourrait être étendu à ces technologies)

1.4.2 NOMENCLATURE DU MODELE

Entrées ¹				
Nom	Description	Unité	Intervalle ²	Def ³
Usage_z	Type d'usage de la zone n°z issu du module « C_EIN_Scénarios conventionnels » de ThBCE 2012			
N^{occ}_{nom}	densité du local n°l issu du module « C_EIN_Scénarios conventionnels » de ThBCE 2012			
Nadeq	Nombre d'adulte équivalent (typologie logement) issu du module « C_EIN_Scénarios conventionnels » de ThBCE 2012			
Rat^l_{loc}	ratio de surface utile du local l/surface utile de la zone issu du module « C_EIN_Scénarios conventionnels » de ThBCE 2012			
p^a_{occ}	indicateur d'occupation de la zone par mois semaine issu du module « C_EIN_Scénarios conventionnels » de ThBCE 2012			
p^s_{occ}	indicateur d'occupation de la zone par semaine heure issu du module « C_EIN_Scénarios conventionnels » de ThBCE 2012			
t^a_{occ}	Facteur correctif du taux d'occupation du local par mois semaine issu du module « C_EIN_Scénarios conventionnels » de ThBCE 2012			
t^s_{occ}	Fcteur correctif du taux d'occupation du local par jour heure issu du module « C_EIN_Scénarios conventionnels » de ThBCE 2012			

¹ Valeurs opérées par d'autres modules

² Les intervalles donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mentions contraire, le test de compatibilité est fait dans le code, pour debuggage uniquement. Préciser l'exclusion des bornes ([...], [...], [...] etc.).

³ Valeur par défaut

Az	Surface de la zone n°z du bâtiment issu du module « C_EIN_Scénarios conventionnels » de ThBCE 2012	m ²	≥0	
-----------	--	----------------	----	--

Paramètres d'intégration du module⁴

Nom	Description	Unité Calc. 5	Unit Int. 6	Intervalle ⁷	Def ⁸
Hⁱ	course de l'ascenseur n°i	m	m	>0	-
netageⁱ	nombre d'étages desservis par l'ascenseur n° i (ne pas compter le point bas ex R+4 netage ⁱ =4 ; R+4+sssol netage ⁱ =5)	-		>1	-
C(i)	Listes des index des zones desservies par l'ascenseur	-	-	>0	-

Paramètres intrinsèques du module

Nom	Description	Unité Calc. 9	Unit Int. 10	Intervalle ¹¹	Def ¹²

⁴ Rentrés par l'utilisateur

⁵ Unité utilisée dans les équations. Elles doivent répondre à un standard prédéfini.

⁶ Unité utilisée dans l'interface utilisateur. Non utilisé dans les équations.

⁷ Les intervalles de l'interface donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mentions contraire, le test de compatibilité est systématique fait dans le code. Préciser l'exclusion des bornes ([...], [...] etc.).

⁸ Valeur par défaut avec unité d'interface

⁹ Unité utilisée dans les équations. Elles doivent répondre à un standard prédéfini.

¹⁰ Unité utilisée dans l'interface utilisateur. Non utilisé dans les équations.

¹¹ Les intervalles de l'interface donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mentions contraire, le test de compatibilité est systématique fait dans le code. Préciser l'exclusion des bornes ([...], [...] etc.).

¹² Valeur par défaut avec unité d'interface

Qⁱ	Charge utile de la cabine n°i	kg	kg	>=75	-
Vⁱ	vitesse nominale de la cabine n°i (EN81-1)	m/s	-	>0-2.5	-
TechMacⁱ	typologie =«traction avec réduction» OU «traction sans réduction» OU «hydraulique» OU «autre» de l'ascenseur n°i	-	-	-	«autre» Voir § 1.4.3.2
cpⁱ	équilibre de la cabine n°i Si TechMac=»hydraulique » Cp=-1.2 obligatoirement.	-	-	-1.2 OU]0, 1.0]	Voir § 1.4.3.2
ScVeilleⁱ	Le scénario de mise en veille est connue (0 =non /1 =oui)	-	-	0 ou bien 1	Voir § 1.4.3.2
Ptiⁱ	Puissance totale (alimentation auxiliaire et principale) de veille (cabine immobile) telle que mesurée après la fermeture des portes	W	-	>0	Voir § 1.4.3.2
dP1ⁱ	Premier décrétement de la puissance totale (alimentation auxiliaire et principale) de veille (cabine immobile)	W	-	>=0	Voir § 1.4.3.2
T1ⁱ	Durée avant premier décrétement de la puissance de veille à partir de la fermeture des portes	s	-	0	Voir § 1.4.3.2
dP2ⁱ	Second décrétement de la puissance totale (alimentation auxiliaire et principale) de veille (cabine immobile)	W	-	>=0	Voir § 1.4.3.2
T2ⁱ	Durée avant second décrétement de la puissance de veille à partir du premier décrétement de puissance de veille	s	-	0	Voir § 1.4.3.2

Sorties

Nom	Description	Unité calcul	Unité Interf.	Intervalle	Def
C^z_{ef_asc} (h)	Consommation électrique horaire en énergie finale des ascenseurs de la zone z	Wh	Wh	>0	
Etiⁱ	Cabine n° i : consommation annuelle totale en immobilité	J	kWh	>0	-
Etmⁱ	Cabine n° i : consommation annuelle totale en mobilité	J	kWh	>0	
Etotⁱ	Consommation annuelle de la cabine n°i	J	kWh	>0	-

Emoyⁱ	Energie annuelle consommée par la chaîne de traction de la cabine n°i pendant la phase de mobilité	J	kWh	≥0	
Tmobhⁱ	Durée moyenne par jour (base annuelle) de déplacement de la cabine n°i par jour de l'ascenseur n°i	h	h	>0	-
NDemi	Nombre estimé de démarrages par ans de la cabine i	.		>0	-
Pcabⁱ(h)	Consommation électrique horaire de la cabine n°i (vecteur de 24 x 365 valeurs)	W		>0	-
Pcab_z(h)	Consommation électrique horaire conventionnelle de l'ensemble des cabines pour la zone z (vecteur de 24 x 365 valeurs)	W		>0	-

Variables internes¹³

Nom	Description	Unité		Intervalle	Def
Ndemⁱ	nombre de démarrages par ans de la cabine n°i	-		≥0	§0
aⁱ	accélération moyenne en phase de démarrage et de freinage pour la cabine n°i	m/s ²		≥0	§0
Chⁱ	coefficient de hauteur pour la cabine n°i	-	-	0-1	§0
rgⁱ	rendement global pour la chaîne de traction de la cabine n°i	-	-	0-1	§0
Pⁱ	masse à vide de la cabine (au sens de EN81-1) pour l'ascenseur n°i	kg	kg	>0	§0
Gⁱ	masse du contrepoids (au sens de EN81-1) pour l'ascenseur n°i	kg	kg	≥0	§0
Miⁱ	masse d'inertie équivalente pour la cabine n°i	kg	kg	>0	§0
Tmobⁱ	durée de la mobilité dans l'année pour la cabine n°i	s	s	0-31536000	§0

¹³ Variables utilisées uniquement dans le module courant.

Timmob_{nⁱ}	Durée d'immobilité pendant la nuit pour la cabine n°i	s			§0
Timmob_{jⁱ}	Durée d'immobilité pendant le jour pour la cabine n°i	s			§0
Xⁱ	charge transportée par la cabine n°i par rapport à la charge nominale Q de la cabine pour l'ascenseur n°i : X=0 cabine vide, X=1 cabine transportant sa capacité nominale Q ⁱ	-	-	0-1.0	
Q_z	Masse utile affectée à la zone n°z du bâtiment	kg	kg	>=0	§0
NB_z	Nombre de personnes maximum dans la zone n°z	.	.	>=0	§0
BV_z	Besoin de voyage par personne par ans pour la zone n°z	./p/ans	./p/an	>=0	§0
BVNBⁱ	Besoin de voyage annuel du bâtiment affecté à la cabine n°i	/an	/an	>0	§0
Fⁱ(X)	Masse sous la charge X de la cabine de l'ascenseur n°i	kg	kg	>=0	§0
direction	direction=«haut» la cabine n°i l'ascenseur monte. direction=«bas» la cabine descend	-	-	haut OU bas	
Uⁱ	Tableau (vecteur de 365 . 24 composante scalaire) décrivant la mobilité de la cabine i	-	-	>=	§0
Fmobⁱ	Indicatrice horaire de mobilité de la cabine n°i (vecteur de 365 X 24 composantes scalaires)	-	-	[0,1]	§0
Fimobⁱ	Indicatrice horaire d'immobilité de la cabine n°i (vecteur de 365 X 24 composantes scalaires)	-	-	[0,1]	§0

Constantes¹⁴

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
g	accélération terrestre	m ² /s		9.81
Eporte	consommation forfaitaire d'un cycle ouverte/fermeture d'une porte	J		1188

¹⁴ Constantes (ex: chaleur spécifique de l'eau) et conventions.

deco	coefficient multiplicateur de la charge utile pour obtenir la masse réelle de la cabine	.			1.2
Tempec	temporisation de la veille de l'éclairage cabine	s			13
Mpass	Masse conventionnelle d'un passager	kg			120
Pveilleporte	Puissance de veille de l'opérateur de porte		W	W	75
Bv(k)	Besoin de voyage par personne par ans fonction de la typologie d'usage du bâtiment repérée par l'indice k. Les usages du bâtiments sont ceux de ThBCE 2012	/an/p			§0
Rg(TechMac)	Tableau de rendement global des ascenseurs en fonction des typologies repéré par TechMac	.			§0
Ac(V)	Tableau des accélérations au freinage et au démarrage des cabines en fonction de la vitesse nominale V	m2/s			§0
Cf	Coefficient de frottement	m2/s			0.45
Cor_Ch	Facteur multiplicatif (empirique) du coefficient de hauteur	.			1.1
Cor_Emobcab	Facteur multiplicatif (empirique) de l'énergie de mobilité de la cabine				0.9
Uk	Tableau (vecteur de 365 x 24 composante scalaire) décrivant la mobilité des cabine induite par la zone k	.	.	.	§0
Cp(TechMac)	Tableau des coefficients d'équilibrage des cabines en fonction de la typologie repérée par TecMac	.			§0
Pec(Q)	Tableau des puissances d'éclairage installée dans les cabines en fonction de la charge utile Q.	W			§0
Pman(etat)	Puissance appelée par la manœuvre en fonction de l'état de la cabines (mobile/immobile)		W	W	§0

Pboutonpal(etat)	Puissance apellée par un bouton de palier en fonction de l'état de la cabine (mobile/immobile)	W	W	\$0
Pindpal(etat)	Puissance apellée par un indicateur de palier en fonction de l'état de la cabine (mobile/immobile)	W	W	\$0
Pindcab(etat)	Puissance apellée par les boutons et l indicateur de palier en fonction de l'état de la cabine (mobile/immobile)	W	W	\$0
Pfrein(etat)	Puissance apellée par le frein en fonction de l'état la cabine (mobile/immobile)	W	W	\$0
Palarm(etat)	Puissance apellée par l'alarme et la telesurveillance en fonction de l'état de la cabine (mobile/immobile)	W	W	\$0
S(direction,X)	Spectre de charge fonction de la charge X et de la direction (haut/bas). <i>En l'état actuel il n'y a qu'un seul spectre de charge.</i>	-	-	\$0

Tableau 6 : Liste exhaustive des variables du modèle

1.4.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

La description est séquentielle.

Pour toute la suite **z** est un indice repérant toutes les zones, au sens de ThBCE 2012, existant dans le bâtiment.

Pour toute la suite **i** est un indice repérant toutes les cabines d'ascenseurs présentes dans le bâtiment.

Tout d'abord les constantes (tableaux et scalaires) propres à la méthode sont définis en §1.4.3.1.

On introduit ensuite les valeurs par défaut des paramètres intrinsèques §1.4.3.2.

On propose ensuite une étape de calcul de variables intermédiaires en §1.4.3.3 introduites pour la clarté de l'exposé. Nous sommes alors en position pour calculer les sorties annuelles du module en §1.4.3.4. Puis, finalement, on calcule les profils de la puissance au pas horaire pour chaque cabine et chaque zones en §1.4.3.5

1.4.3.1 Définition des constantes du module

Le présent chapitre introduit l'ensemble des constantes et hypothèses de calcul des consommations des ascenseurs. Ces constantes sont applicables à toutes les cabines :

Accélération terrestre : **g**=9.81 [m/s²]

Energie d'une ouverture fermeture de porte : **Eporte**=1188 [J]

Ratio de masse pour la décoration : **deco**=1.2 [.]

Temporisation de l'éclairage de cabine : **Tempec**= 120 [s]

Masse conventionnelle d'un passager : **Mpass**=75 [kg] (91)

Puissance de veille de l'opérateur de porte **Pveilleporte**=13 (W)

Coefficient de frottement : **Cf** =0.45 [m/s²]

Facteur mutiplicatif du coefficient de hauteur : **Cor_Ch** =1.1 [.]

Facteur mutiplicatif de l'énergie de mobilité: **Cor_Emobcab** =0.9 [.]

Facteur mutiplicatif de l'énergie de mobilité: **Cor_Emobcab** =0.9 [.]

Tableau Bv besoin de voyage par ans par personne par usage de bâtiment:

Bv(k) est un tableau définit explicitement ci-dessous dans la quatrième colonne.

k repère la typologie d'usage au sens de ThBCE 2012 (chapitre 2.2.1.3 de la méthode ThBCE 2012 ou chapitre 17) elle est explicitée dans la première colonne.

Usage de la zone	BV(ans)=
Logement collectif	1582.4
Bureaux	1731.9
Commerce magasin zone commerciale	4158
Crèche / Garderie	924
Enseignement primaire	804
Enseignement secondaire jour	1206
Enseignement secondaire nuit	804
Enseignement université	1608
Foyer jeune travailleur	980
Cité universitaire	804
Et sanitaire avec hébergement	2190
Et sportif scolaire	402
Et sport mun et priv	2680
Hopital partie Jour	4380
Hopital partie Nuit	2920
Hotel 0 étoile et * étoile nuit	2920
Hotel 0 * et ** jour	2920
Hotel ** nuit	2920
Hotel *** **** et ***** jour	2920
Hotel *** et nuit	2920
Hotel **** et ***** nuit	2920
Industrie 3X8	2190
Industrie 8-18h	1040
Restaurant 1 jour 5i7	510
Restauration scolaire 1r/i 5i7	402
Restaurant 2 jour 6i7	1248
restaurant 2 jour 7i7	1460
Restaurant scolaire 3 jour 5i7	1206
Restaurant continu	2190
Transport aéroqare	7665
Tribunal	520

Tableau 7 : besoin de voyage par ans par personne par usage de bâtiment Bv

Tableau de rendement global R_g des chaines de traction des cabines:

$R_g(\text{TechMac})$ est une fonction de la variable intrinsèque TechMac^i .

$R_g(\text{TechMac})$ est explicitement définie par le tableau suivant en fonction de TechMac la technologie de l'ascenseur. Cette dernière peut prendre 4 valeurs possibles : traction avec réduction/traction sans réduction/hydraulique/autre:

Typologie de l'installation	Traction avec réduction (Motoréducteur)		Traction sans réduction (Gearless)		Hydraulique		Autre (=ne sait pas)	
	utilisateur	défaut	utilisateur	défaut	utilisateur	défaut	utilisateur	défaut
R_g		0.6		0.8		0.29		0.6

Tableau 8 : rendement global R_g des chaines de traction des cabines

Tableau des accélérations A_c des cabines

$A_c(V)$ est une fonction de la variable intrinsèque vitesse nominale de la cabine V^i .

$A_c(V)$ est explicitement définie par le tableau suivant en fonction de trois gammes de vitesse nominale V^i en m/s:

accélération en m/s^2	$V=[0-1]$	$V=]1-2]$	$V=]2-2,5]$
Electrique	0.5	0.8	1.2
Hydraulique	0.5	0.8	1.2

Tableau 9 : accélérations A_c des cabines

NB : dans l'absolue A_c est une fonction aussi de la technologie (ci-dessus condensée en deux catégories). En l'état actuel cette dépendance n'est pas connue et donc n'est pas prise en compte.

Tableau des coefficients d'inertie α des cabines

$\alpha(\text{TechMac})$ est une fonction de la variable intrinsèque TechMac^i .

$\alpha(\text{TechMac})$ est explicitement définie par le tableau suivant en fonction de la variable intrinsèque TechMac^i . Cette dernière peut prendre 4 valeurs possibles : traction avec réduction/traction sans réduction/hydraulique/autre:

Typologie de l'installation	Traction avec réduction (Motoréducteur)		Traction sans réduction (Gearless)		Hydraulique		Autre (=ne sait pas)	
α		6		0		0		6

Tableau 10 : coefficients d'inertie α des cabines

Tableau des coefficients d'équilibrage C_p des cabines

$C_p(\text{TechMac})$ est explicitement défini par le tableau suivant en fonction de la variable intrinsèque TechMac^i . Cette dernière peut prendre 4 valeurs possibles : traction avec réduction/traction sans réduction/hydraulique/autre:

Typologie de l'installation	Traction avec réduction (Motoréducteur)		Traction sans réduction (Gearless)		Hydraulique		Autre (=ne sait pas)	
cp		0.5		0.5		-1.2		0.5

Tableau 11 : coefficients d'équilibrage Cp des cabines

Rappel : si l'utilisateur choisit une technologie TechMac=hydraulique, la valeur par défaut proposée dans ce tableau devient une valeur obligatoire. Autrement dit si TechMach=hydraulique on ne demande pas à l'utilisateur une valeur de Cp^i .

Tableau de la puissance par défaut d'éclairage de cabine Pec

Pec(Q) est un tableau à une dimension fonction de la variable intrinsèque Q^i de la cabine.

Le tableau Pec(Q) est explicitement défini ainsi avec 3 intervalles possibles de valeur de Q^i :]0 630],]630 1275],]1275, infini[

Charge utile (Q) (kg)	Eclairage Néon (W)
320	140.00
450	140.00
630]	140.00
800	210.00
1000	210.00
1275]	210.00
1600	280.00
1800	280.00
2000	280.00
infini	280.00

Tableau 12 : puissance par défaut d'éclairage de cabine Pec

Tableau de puissance par défaut appelée par les auxiliaires

La puissance électrique appelée par les auxiliaires est fonction de l'état de la cabine (mobile ou bien immobile) et est allouée de façon forfaitaire ainsi :

Etat=	mobile	immobile
Manœuvre: Pman (W)	100	75
Un bouton de palier : Pboutonpal (W)	1	0
Un indicateur de palier : Pindpal (W)	5	2

Boutons et indicateur de palier en cabine : Pindcab (W)	12	5
Frein de cabine : Pfrein (W)	60	0
Alarme et télésurveillance : Palarm (W)	10	10

Tableau 13 : puissance par défaut d'éclairage de cabine Pec

Tableau Uk de mobilité des cabines par type de zone k

Le vecteur mobilité Uk (365 * 24 composante) est décrit pour chaque type de zone k suivant le même principe que pour de l'occupation par zone dans la méthode ThBCE 2012 :

- un tableau décrivant une pseudo période d'une semaine (n° heure , n° jour)
- la pseudo période de une semaine est modulée par un facteur multiplicatif décrit dans un tableau par (n° mois, n° semaine dans le mois)
- tout comme pour les scénario d'usage un dernier jour de l'année est ajouté au mois de décembre et ce dernier jour est un Lundi.

La multiplication (même algèbre que pour les scénario) de ces deux tableaux définit numériquement le vecteur Uk.

Ces indices de mobilités sont donnés pour quelques typologies d'usage ci-dessous :

mobilité jour V / heure >	scenario horaire mobilite = 1 ; immobilite = 0																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,00	0,00

vacances > 1 : tableau ci dessus ; inoccupation = 0												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
5			1		1			1			1	

Tableau 14 : définition numérique du vecteur de mobilité Uk pour l'usage Habitation - Logement collectif

mobilité jour V / heure >	scenario horaire mobilite = 1 ; immobilite = 0																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,30	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,30	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,30	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,30	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,30	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

vacances > 1 : tableau ci dessus ; inoccupation = 0												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1
2	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
5			1		1			1			1	

Tableau 15 : définition numérique du vecteur de mobilité Uk pour l'usage Bureaux

mobilité	scenario horaire mobilite = 1 ; immobilite = 0																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,50	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,50	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,50	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,50	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,50	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,20	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,20	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00

	vacances > 1 : tableau ci dessus ; inoccupation = 0											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5			1		1			1			1	

Tableau 16 : définition numérique du vecteur de mobilité Uk pour les usages Hôtels

Tableau du spectre de charge S des cabines

S(direction,X) est une fonction de deux variables internes.

- la variable **direction** est une variable discrète à deux valeurs possibles : « haut » et « bas »
- la variable **X** est une variable discrète à 5 valeurs possibles : 0 0 / 0.25 / 0.50 / 0.75 / 1.0.

Note : X représente le ratio de la charge embarquée sur la charge nominale

S est défini explicitement par le tableau à deux dimensions ci-dessous :

	X	S(direction,X)
Direction = bas	1.00	0.00
	0.75	0.10
	0.50	0.10
	0.25	0.30
	0.00	0.50
Direction = haut	1.00	0.00
	0.75	0.10
	0.50	0.10
	0.25	0.30
	0.00	0.50

Tableau 17 : spectre de charge S des cabines

1.4.3.2 Définition des valeur par défaut des parametres intrinseques

Certains paramètres intrinsèques sont accompagnés de valeurs par défaut qu'on définit ci après. Ces valeurs par défaut tendent à pénaliser (accroître) la consommation énergétique annuelle.

Seuls les paramètres intrinsèques Q^i et V^i ne reçoivent pas de valeurs par défaut.

Le processus ordonné pour la saisie des paramètres intrinsèques est le suivant :

- Saisir Q^i , il n y a pas de valeur par défaut possible pour ce paramètre.
- Saisir V^i , il n y a pas de valeur par défaut possible pour ce paramètre.
- Saisir TechMachⁱ avec par défaut :

$$\text{TechMac}^i = \text{« autre »} \quad (92)$$

- Saisir cp^i avec par défaut :

$$cp^i = Cp(\text{TechMac}^i) \quad (93)$$

Attention si l'utilisateur choisit une technologie TechMac = hydraulique la valeur par défaut de cp^i devient une valeur obligatoire. le il ne doit pas être demandé à l'utilisateur de renseigner cette valeur.

- Saisir ScVeilleⁱ avec par défaut

$$\text{ScVeille}^i = 0 \quad (94)$$

= 0 signifie que le scénario (puissance en fonction du temps à partir de la fermeture des portes cabine immobile) de mise en veille n'est pas connu,

= 1 signifie que le scénario (puissance en fonction du temps à partir de la fermeture des portes cabine immobile) de mise en veille est connu.

Par défaut, on pose donc que le scénario de mise en veille n'est pas connu de la part de l'utilisateur.

Dans tous les cas ($\text{ScVeille} = 0$ ou bien $\text{Sc Veille} = 1$ décrits ci plus loin) il est nécessaire maintenant de calculer les valeurs par défaut pour les paramètres intrinsèques : Pt^i , $dP1^i$, $T1^i$, $dP2^i$

Valeur par défaut Pt^i :

$$Pt^i = P_{\text{man}}(\text{immobile}) + (\text{net}^i + 1) \cdot (P_{\text{boutonpal}}(\text{immobile}) + P_{\text{indpal}}(\text{immobile})) + P_{\text{frein}}(\text{immobile}) + P_{\text{veilleporte}} + P_{\text{incab}}(\text{immobile}) + P_{\text{ec}}(Q^i) + P_{\text{alarm}}(\text{immobile}) \quad (95)$$

Valeur par défaut de $dP1^i$:

$$dP1^i = 0 \text{ W} \quad (96)$$

Note: cette valeur signifie qu'il n'y a pas de décrement de puissance quand la cabine est à l'arrêt.

Valeur par défaut $T1^i$:

$$T1^i = 86400 \text{ s} \quad (97)$$

Valeur par défaut dP2ⁱ:

$$dP2^i = 0 \text{ s} \quad (98)$$

Note: cette valeur signifie qu'il n'y a pas de décretement de puissance n°2 quand la cabine est à l'arrêt

Valeur par défaut T2ⁱ :

$$T2^i = 86400 \text{ s} \quad (99)$$

Si l'utilisateur choisit ScVeille = 0 :

Ptiⁱ, dP1ⁱ, T1ⁱ, dP2ⁱ prennent les valeurs par défaut définies ci-dessus.

Si l'utilisateur choisit ScVeille = 1 :

L'utilisateur saisit la valeur de Ptiⁱ, dP1ⁱ, T1ⁱ, dP2ⁱ.

On impose la contrainte suivantes pour les couples de valeurs: Ptiⁱ-dP1ⁱ-dP2ⁱ < 0 (données incompatibles, car la puissance de veille après le second décretement de puissance ne pas pas être négative).

1.4.3.3 Calcul par cabine des variables intermédiaires

Nombre de démarrages annuels, Ndemⁱ, pour la cabine n°i

Etape 1 : Pour toutes les zone z du bâtiment

- calcul de la masse utile Q_z affectée à la zone n°z :

$$Q_z = \sum_i Q^i \cdot C(i, z) \quad (100)$$

- calcul de NB_z, nombre de personnes dans la zone n°z,

$$NB_z = \text{Max}_{\text{année}} (\sum_{l=1}^{\text{nb locaux dans zone } Z} N_{occ}^l) \quad (101)$$

avec N_{occ}^l identique à la formule n°30 ou bien formule n°29 pour le logement C_EIN du module Scénario conventionnel de la méthode ThBCE 2012.

- calcul de BV_z, besoin de voyage par personne et annuel pour la zone n°z :

$$BV_z = BV(k) \text{ avec } k \text{ la typologie d'usage de la zone n°z.} \quad (102)$$

Fin de la boucle portant sur les zones du bâtiments

Etape 2 : pour toutes les cabines n°i:

- calcul de BVNBⁱ, besoin de voyage annuel affecté à l'ascenseur n°i

$$BVNB^i = \sum_z C(i, z) \cdot \frac{Q^i}{Q_z} \cdot BV_z \cdot NB_z \quad (103)$$

Note : la sommation porte sur toutes les zones z du bâtiment.

- calcul du nombre de démarrages annuel de la cabine n°i, N_{dem}^i

$$N_{dem}^i = \frac{BVNB^i.M_{pass}}{Q^{i,0,2}} \quad (104)$$

$$0,2 = \sum_{direction,X} X.S(direction,X) \quad (105)$$

Accélération a^i de la cabine n° i

$$a^i = Ac(V^i) \quad (106)$$

Coefficient de hauteur Ch^i de la cabine n°i

$$Ch^i = (netage^i + 1) / (netage^i \cdot 2) \cdot Cor_ch \quad (107)$$

Le facteur multiplicatif empirique Cor_Ch est issu de calage avec les mesures [3]

Rendement global de la cabine n°i

$$rg^i = rg(TechMac^i) \quad (108)$$

$Nb : rg(TechMac)$ tableau de constantes est défini en §0.

Masse à vide P^i , la la cabine de la cabine n°i

$$P^i = deco Q^i \quad (109)$$

Masse G^i du contrepoids de la cabine n°i

$$G^i = P^i + Cp^i \cdot Q^i \quad (110)$$

Masse d'inertie Mi^i associée à la cabine n°i

$$Mi^i = \alpha(TechMat^i) \cdot (P^i + G^i) \quad (111)$$

Durée T_{mob}^i de mobilité annuelle et durée de mobilité en moyenne par jour T_{mobh}^i de la cabine n°i

$$T_{mob}^i = (Ch^i \cdot H^i / V^i + V^i / a^i) \cdot N_{dem}^i \quad (112)$$

Et la durée de mobilité en moyenne par jour en heure :

$$T_{mobh}^i = T_{mob}^i / 3600 / 365 \quad (113)$$

Durée T_{immob}^i d'immobilité annuelle de la cabine n°i (en secondes) :

$$T_{immob}^i = (365 \cdot 24 \cdot 3600 - T_{mob}^i) \quad (114)$$

Durée Timmob_{nⁱ} et Timmob_{nⁱ} d'immobilité annuelle de jour et de nuit de la cabine n°i (en secondes :
Pour les zones de typologie z=habitation exclusivement on définit la constante (en secondes) :

$$\text{Timmob}_{n_z=\text{habitation}} = (8 \cdot 365) \cdot 3600 \quad (115)$$

Pour toutes les zones qui ne sont pas des zones d'habitations :

$$\text{Timmob}_{n_z=\text{pas habitation}} = (12 \cdot 365 + 52 \cdot 48 + 9 \cdot 24) \cdot 3600 \quad (116)$$

Pour les ascenseurs desservants un ensemble de zone z la durée d'immobilité moyenne durant la nuit Timmob_{nⁱ} est ainsi calculée :

$$\text{Timmob}_{n^i} = \sum_z C(i, z) \cdot \frac{Q_z^i}{Q_z} \text{Timmob}_{n_z} \quad (117)$$

Et dans tous les cas la durée d'immobilité moyenne durant la journée Timmob_{jⁱ} est ainsi calculée:

$$\text{Timmob}_{j^i} = \text{MAX}(0, \text{Timmob}^i - \text{Timmob}_{n^i}) \quad (118)$$

Calcul de l'énergie associée à la motorisation seulement pour la cabine n°i

On définit une fonction masse totale en charge de la cabine de l'ascenseur n°i (masse de la cabine vide plus masse de la charge) :

$$F^i(X) = P^i + X \cdot Q^i \quad (119)$$

Note: il s'agit d'une fonction de la variable réelle X avec X dans [0-1], nécessairement.

On définit deux fonctions ci-dessous :

Note : exceptionnellement pour la clarté de l'exposé l'indice supérieur haut i repérant le numéros de l'ascenseur est omis dans les relations ci-dessous :

- L'énergie pour un trajet descendant de distance totale Z avec la charge X dans la cabine

$$\begin{aligned} \text{Emoybas}(X, Z) = & \text{Max} \left[0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} + (G - F(X)) \cdot g \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} + (G + F(X) + Mi) \cdot \frac{V^2}{2} \right] \\ & + \\ & \text{Max} \left[0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \left(Z - \frac{V^2}{a} \right) + (G - F(X)) \cdot g \cdot \left(Z - \frac{V^2}{a} \right) \right] \\ & + \\ & \text{Max} \left[0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} + (G - F) \cdot g \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} - (G + F(X) + Mi) \cdot V^2 / 2 \right] \end{aligned} \quad (120)$$

- L'énergie pour un trajet montant de distance totale Z avec la charge X dans la cabine:

$$\begin{aligned} \text{Emoyhaut}(X, Z) = & \text{Max} \left[0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} - (G - F(X)) \cdot g \cdot \frac{V^2}{2 \cdot a} + (G + F(X) + Mi) \cdot \frac{V^2}{2} \right] \\ & + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Max} \left[0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \left(Z - \frac{V^2}{a} \right) - (G - F(X)) \cdot g \cdot \left(Z - \frac{V^2}{a} \right) \right] \\ & + \\ & \text{Max} \left[0, (G + F(X)) \cdot Cf \cdot \frac{V^2}{2a} - (G - F(X)) \cdot g \cdot \frac{V^2}{2a} - (G + F(X) + Mi) \cdot V^2 / 2 \right] \end{aligned} \quad (121)$$

Ces deux fonctions permettent le calcul de Emoyⁱ ci-dessous :

Pour le trajet aller retour moyen annuel résultant d'un usage suivant le spectre de charge S:

$$\begin{aligned} & \text{Emoy}^i \\ & = \frac{\left\{ \sum_{X=0,0.25,0.50,0.75,1.0} [S(\text{haut}, X) \cdot \text{Emoyhaut}^i(X, Ch^i, H^i) + S(\text{bas}, X) \cdot \text{Emoybas}^i(X, Ch^i, H^i)] \right\}}{rg^i} \end{aligned} \quad (122)$$

Notes :

- le spectre de charge $S(\text{direction}, X)$ est défini en §1.4.3.1.
- les énergies sous charge X sont donc pondérées par $S(\text{direction}, X)$ qui est le spectre de charge ce qui explique le terme de sommation à 5 termes car le spectre en l'état actuel est défini sur 5 valeurs de X .
- l'énergie est calculée pour un déplacement Ch^i, H^i qui correspond au déplacement moyen annuel.
- l'énergie est pondérée par le rendement globale de l'ascenseur rg^i

1.4.3.4 Calcul des sorties annuelles de la cabine n°i :

$$\text{Etm}^i = \text{Emoy}^i \cdot \text{Cor_Emobcab} \cdot \text{Ndem}^i / 2 + \text{Eporte} \cdot \text{Ndem}^i + \text{Pti}^i \cdot \text{Tmob}^i \quad (123)$$

Notes: Etmⁱ comprend dont l'énergie associée à la motorisation de la cabine, l'actionnement des portes et tous les auxiliaires approximatés ici par la puissance totale des auxiliaires en immobilite Ptiⁱ pendant Tmobⁱ secondes. Le facteur Cor_Emobcab est issu de calage avec des mesures.

Etiⁱ =

$$(\text{dP1}^i \cdot \text{MIN}(1, T1^i / (\text{Timmob_j}^i / \text{Ndem}^i)) + \text{dP2}^i \cdot \text{MIN}(1, (T1^i + T2^i) / (\text{Timmob_j}^i / \text{Ndem}^i)) + (\text{dPti}^i - \text{dP1}^i - \text{dP2}^i)) \cdot \text{Timmob_j}^i \quad (124)$$

$$+ (\text{dP1}^i \cdot \text{MIN}(1, T1^i / (\text{Timmob_n}^i / 365)) + \text{dP2}^i \cdot \text{MIN}(1, (T1^i + T2^i) / (\text{Timmob_n}^i / 365)) + (\text{dPti}^i - \text{dP1}^i - \text{dP2}^i)) \cdot \text{Timmob_n}^i$$

$$\text{Etot}^i = \text{Etm}^i + \text{Eti}^i \quad (125)$$

Etmⁱ, Etiⁱ et Etmⁱ sont exprimés ici en Ws. Ils sont convertis en kWh pour l'affichage en sortie.

1.4.3.5 Calcul des sorties horaires la cabine n°i

Calcul du profil de mobilité horaire affectée à l'ascenseur n°i

Le profil horaire de mobilité Uⁱ de la cabine d'ascenseur n°i est ainsi défini :

$$U^i = \left(\sum_{z=1}^{\text{nb de zone } Z} C(i, z) \cdot \frac{Q_i}{Q_z} \cdot U_z \right) \quad (126)$$

$C(i,z)$, Q_i , Q_z ont déjà été définis dans le §1.4.3.1.

Calcul de la fonction de distribution temporelle de l'énergie en phase de mobilité de la cabine n°i :

Le calcul requiert quelques étapes intermédiaires.

Pour toutes les valeurs de h numéro d'heure dans l'année, pour chaque cabine d'ascenseur n°i, l'indicatrice horaire de mobilité, $Fmob^i$, est ainsi définie (normalisation) pour chaque numéros d'heure h:

$$Fmob^i(h) = \frac{U^i(h)}{\sum_t U^i(h)}. \quad (127)$$

Note : $Fmob^i(h)$ est sans dimension.

Puis l'indicatrice horaire d'immobilité est ainsi définie pour chaque numéros d'heure h:

$$Fimob^i(h) = \frac{1 - Fmob^i(h)}{\frac{365 \cdot Tmobh^i}{24} - 1}. \quad (128)$$

Note : $Fimob^i(t)$ est sans dimension,
 $Tmobh^i$ en heure (en moyenne par jour) a été défini en §1.4.3.1.

Calcul de la puissance active horaire de l'ascenseur n° i :

La puissance active horaire en Watt de l'ascenseur n°i vaut :

$$Pcab^i(h) = (Fimob^i(h).Eti^i + Fmob^i(h).Etm^i) / 3600 \quad (129)$$

Note : Les termes Eti^i , Etm^i sont exprimés en J, $Pcab^i$ en W moyen par heure.

Calcul de la puissance active horaire conventionnelle des cabines affectée à chaque zone z :

Pour chaque zone z existant dans le bâtiment qui est connectée à chaque cabine i à travers la matrice $C(i,z)$ le profil horaire conventionnel de consommation électrique est ainsi défini :

$$Pcab_z(h) = \left(\sum_{\text{toutes les cabines } i} Pcab^i(h) \frac{C(i,z).Qz}{\sum_{\text{toutes les zones } j} C(i,j).Qj} \right) \quad (130)$$

Note : le ratio $\frac{C(i,z).Qz}{\sum_{\text{toutes les zones } j} C(i,j).Qj}$ représente :

- au numérateur le potentiel de masse utile Qz de la zone z si l'ascenseur i dessert cette zone sinon ce terme vaut 0
- au numérateur la somme des potentiels de masse utiles pour laquelle la cabine i est contributive.

Si la cabine i ne dessert que une seule zone, ce ratio dégénère à 1. Si la cabine i dessert plusieurs zones ce ratio est inférieur à 1 il répartie la contribution $Pcab^i$ au prorata des connectivités.

Enfin, on calcule la consommation en énergie finale à chaque pas de temps h:

$$C_{ef_asc}^z(h) = Pcab_z(h).1h \quad (131)$$

1.5 FICHE ALGORITHME : CALCUL DES CONSOMMATIONS D'ÉCLAIRAGE DES PARTIES COMMUNES EN LOGEMENT COLLECTIF

1.5.1 INTRODUCTION

Cette fiche algorithme s'inscrit dans le cadre de la mise en place du label « Energie – Carbone », et plus précisément du mode détaillé de calcul de ce label (le mode simplifié a fait l'objet d'un patch du moteur de calcul Th-BCE livré mi-septembre aux éditeurs de logiciels). La présente fiche algorithme introduit dans le moteur de calcul réglementaire le calcul de la consommation d'éclairage des circulations (Hall et escalier), les systèmes de gestion associés et l'alimentation des boîtiers de secours.

Une valeur de consommation annuelle de 1,1 kWh_{ef}/m² a été utilisée pour la version 1 du label E+C-. La présente fiche introduit un calcul horaire de cette consommation, nécessaire pour le calcul de l'autoconsommation tous usages du label E+C V2.

1.5.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 1 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul de l'autoconsommation.

Entrées du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	conv	
Usage _z	Type d'usage de la zone n°z issu du module « C_EIN_Scénarios conventionnels » de ThBCE 2012					
p ^a _{mobi (m,s)}	indicateur de mobilité de la zone par mois / semaine issu de la fiche algo « Ascenseurs » du label E+C V2					
p ^s _{mobi (j,h)}	indicateur de mobilité de la zone par jour / heure issu de la fiche algo « Ascenseurs » du label E+C V2					
t ^a _{occ (m,s)}	Facteur correctif du taux d'utilisation de l'éclairage des communs de la zone par mois / semaine issu de la fiche algo « Ascenseurs » du label E+C V2					
t ^s _{occ (j,h)}	Facteur correctif du taux d'utilisation de l'éclairage des communs de la zone par jour / heure issu de la fiche algo « Ascenseurs » du label E+C V2					
Az	Surface de la zone n°z du batiment issu du module « C_EIN_Scénarios conventionnels » de ThBCE 2012	m ²	≥0			
Sorties						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv	
C ^z _{ef_circ_ecl (h)}	Consommation électrique horaire de l'éclairage des circulations (hall et escalier) de la zone, en énergie finale.	Wh				
C ^z _{ef_circ_ecl_annuel}	Consommation électrique annuelle de l'éclairage des circulations (hall et escalier) de la zone, en énergie finale par m ² . Srt.	kWh/m ² . Srt				

Constantes¹⁵

Nom	Description	Unité	Conv
$P_{ef_circ_ecl}^z$	Puissance surfacique d'éclairage circulations (hall et escalier) de la zone en W/m ²	W/m ²	2,19

Tableau 18 : Nomenclature du modèle

1.5.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

1.5.3.1 Profil d'utilisation de l'éclairage des locaux communs

Le profil d'utilisation de l'éclairage des locaux communs est calqué sur celui de la mobilité des ascenseurs pour les logements collectifs.

On trouve pour rappel ci-dessous le facteur correctif du taux de mobilité du local par jour / heure puis l'indicateur de fonctionnement de l'éclairage des circulations par mois / semaine, calqué sur celui

mobilité	scenario horaire mobilite = 1 ; immobilite = 0																							
jour V / heure >	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,15	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,00	0,00

Figure 2 – facteur correctif du taux de mobilité de la zone par mois / semaine p^amobi

vacances > 1 : tableau ci dessus ; inoccupation = 0													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	
2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
5			1		1			1			1		

Figure 3 – indicateur de mobilité de la zone par jour / heure p^smobi

1.5.3.2 Définition de la puissance d'éclairage surfacique conventionnelle des circulations.

Dans le référentiel E+C- V1 a été définie une consommation annuelle pour l'éclairage des parties communes des logements collectifs.

Dans le référentiel E+C- V2, on réalise ce calcul de manière horaire. Il convient donc de définir une puissance d'éclairage conventionnelle qui va être utilisée pour le calcul des consommations.

Elle est définie à partir de la consommation annuelle et des scénarios ci-dessus. Sa valeur est :

$$P_{ef_circ_ecl}^z = 2,19 \text{ W/m}^2 \cdot S_{RT} \quad (132)$$

¹⁵ Constantes (ex: chaleur spécifique de l'eau) et conventions.

1.5.3.3 Calcul de la consommation d'éclairage conventionnelle des locaux communs des logements collectifs.

Cette consommation n'est calculée pour que l'usage logement collectif. La formule ci-dessous tient compte du fait que l'on peut avoir plusieurs zones dans un même bâtiment. De même, on utilise les surfaces habitables des zones pour répartir les consommations dans chaque zone.

Calcul horaire (Wh)

Si Usage_zone=2 - logements collectifs,

$$C_{ef_circ_ecl}^z(h) = P_{ef_circ_ecl}^z * p_{mobi}^a * p_{mobi}^s * SRT^z \quad (133)$$

Sinon

$$C_{ef_circ_ecl}^z(h) = 0 \quad (134)$$

Calcul annuel (kWh/m².Srt)

$$C_{ef_circ_ecl_annuel}^z = \sum_{h=0}^{8760} \frac{C_{ef_circ_ecl}^z(h)}{SRT^{bat}} \quad (135)$$

1.6 FICHE ALGORITHME : CALCUL DES CONSOMMATIONS D'ECLAIRAGE DES PARKING

1.6.1 INTRODUCTION

Ce modèle calcule la consommation annuelle et horaire en énergie finale de l'éclairage (ors éclairage de secours) d'un parking. Ce parking peut être de deux types :

- soit un parking externe, on suppose alors l'accès à la lumière du jour parfaite : la voute céleste est totalement visible en tout point du parking.
- soit un parking interne, on suppose alors l'accès à la lumière du jour nul en permanence.

Un parking est décrit et calculé au niveau du projet au sens de la méthode Th-BCE. Sa consommation est ensuite répartie entre chaque zone des bâtiments, au prorata de sa surface S_{RT} .

Le parking est caractérisé par les éléments opposables suivants :

- **la puissance électrique totale installée pour l'éclairage** cela comprend : les éventuels rampes ou couloir d'accès, les circulations piétonnes,..., et bien sur la zone de stationnement proprement dite. Cette puissance ne comprend pas : les panneaux signalétiques, les panneaux de publicité, la signalisation d'occupation de place, les automates de billetterie, les caméras de surveillance, la motorisation des barrières les blocs BAES.
- **le planning de fermeture du parking à l'échelle de l'année** ainsi appréhendé:
le nombre de semaines de fermeture totale 24h/24h
puis dans les semaines restantes, les horaires (heure légale) d'ouverture découpée en deux blocs du lundi au vendredi indifféremment puis du samedi au dimanche indifféremment.
- **les plages horaires dans la semaine (heure légale) ou l'éclairage est contrôlé par détection de présence, le reste étant supposé en marche forcée.**
- **l'extinction ou pas de l'éclairage en période de fermeture.**

La modélisation ne prend pas en compte une possibilité de gradation de la puissance d'éclairage, les dispositifs de signalisation électrique (panneaux de circulation, signalisation d'occupation, BAES) et considère que pendant les plages de fermeture l'éclairage est soit en marche forcée soit totalement éteint.

La modélisation est pensée pour pouvoir accueillir à terme un développement horaire à la volé qui tirerait parti du scénario d'occupation. En l'état actuel les puissances sur une base horaire puis la consommation annuelle sont calculées en une fois (un seul appel du module).

Le calcul est un calcul algébrique explicite.

Les jours ou le parking est fermé sont repérés par un calendrier annuelle sur base journalière. Par défaut tous les jours de l'année sont ouverts.

1.6.2 NOMENCLATURE DU MODELE

Entrées¹⁶

Nom	Description	Unité	Interv ¹⁷	Def ¹⁸
jsem	Numéro du jour de la semaine, 1 correspond au lundi (paramètre intrinsèque de C_Eex_Climat extérieur)	-	1 - 7	
Htsmf	heure de fin du pas de temps en temps UTC (paramètre intrinsèque de C_Eex_Climat extérieur)		1-8760	
Hleg	Heure légale (sortie de C_Eex_Climat extérieur)			
S _{RT} ^z	Surface thermique au sens de la RT2012 de la zone d'indice z	m ²	>0	

Paramètres d'intégration du module¹⁹

Nom	Description	Unité Calc. ²⁰	Unité Int. 21	Interv ²²	Def ²³
Type	Type de parking soit intérieur «int» soit extérieur «ext»	-	-	[int,ext]	
NbjO(j)	Calendrier annuel des jours ouverts (=1) ou fermés (= 0)	-	-	Vecteur de 365 composantes soit 1 soit 0.	1 pour toutes les composantes
PlagOse	Plage horaire d'ouverture en semaine du L au V du parking définie par le couple (heure légale d'ouverture , heure légale de fermeture)	heure, heure	heure, heure	[0, 23],[0, 23]	[0, 23]
PlagOwe	Plage horaire d'ouverture en week-end du parking définie par le couple (heure légale d'ouverture , heure légale de fermeture)	heure, heure	heure, heure	[0, 23],[0, 23]	[0, 23]
PlagDseⁱ		heure, heure		[0, 23],[0, 23]	[0, 0]

¹⁶ Valeurs opérées par d'autres modules

¹⁷ Les intervalles donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mentions contraire, le test de compatibilité est fait dans le code, pour debuggage uniquement. Préciser l'exclusion des bornes ([...], [...] etc.).

¹⁸ Valeur par défaut

¹⁹ Rentrés par l'utilisateur

²⁰ Unité utilisée dans les équations. Elles doivent répondre à un standard prédéfini.

²¹ Unité utilisée dans l'interface utilisateur. Non utilisé dans les équations.

²² Les intervalles de l'interface donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mentions contraire, le test de compatibilité est systématique fait dans le code. Préciser l'exclusion des bornes ([...], [...] etc.).

²³ Valeur par défaut avec unité d'interface

	Plages horaires en semaine du L au V de fonctionnement du dispositif d'éclairage en mode de détection définies par les couples (heure légale de démarrage, heure légale de fermeture) _j pour ce mode. Il y a au maximum maximum j=3 plages.		Heure, heure		
PlagDwe_j	Plages horaires en week end de fonctionnement du dispositif d'éclairage en mode de détection définies par les couples (heure légale de démarrage, heure légale de fermeture) _j pour ce mode. Il y a au maximum maximum j=3 plages.	heure, heure	heure, heure	[0, 23],[0, 23]	[0, 0]
Ex	Extinction de l'éclairage si le parking est fermé 0= oui ; 1=non	-	-	0 ou 1	1

Paramètres intrinsèques du module

Nom	Description	Unité Calc. ²⁴	Unit Int. ²⁵	Interv ²⁶	Def ²⁷
Pec_{ins}	Puissance totale de l'éclairage installée dans le parking.	W	kW	>0	Cf 1.6.3.2

Sorties

Nom	Description	Unité calc	Unit Int.	Intervalle	Def
Eec	Scalaire, consommation d'énergie finale annuelle de l'installation d'éclairage du parking	Wh	kWh	>0	
Pec_{app}(h)	Vecteur, puissance horaire moyenne appelée par l'éclairage du parking pendant l'heure h de l'année, 8760 composantes.	W	W	>0	
C_{ef_park}^z (h)	Consommation électrique des parkings (éclairage et ventilation) au pas de temps horaire et par zone	Wh	Wh	>0	

Variables internes²⁸

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
-----	-------------	-------	------------	-----

²⁴ Unité utilisée dans les équations. Elles doivent répondre à un standard prédéfini.

²⁵ Unité utilisée dans l'interface utilisateur. Non utilisé dans les équations.

²⁶ Les intervalles de l'interface donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mentions contraire, le test de compatibilité est systématique fait dans le code. Préciser l'exclusion des bornes ([...], [...] etc.).

²⁷ Valeur par défaut avec unité d'interface

²⁸ Variables utilisées uniquement dans le module courant.

Ouv(h)	Vecteur, ouverture parking pendant l'heure h de l'année : 1=>parking ouvert,0=>parking fermé. 8760 composantes.	-	[0.0-1.0]	
Det(h)	Vecteur mode de régulation de l'éclairage pendant l'heure h de l'année h : 0=marche forcée ; 1=marche sur détection. 8760 composantes.		[0.0 ou 1.0]	
Fh(h)	Vecteur tau horaire de besoin d'éclairage du parking considéré pendant l'heure h de l'année (0.= aucun besoin d'éclairage; 1.= besoin d'éclairage pendant toute l'heure). 8760 composantes.		[0.0-1.0]	

Constantes²⁹

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
Fh_{int}(h)	Vecteur tau horaire de besoin d'éclairage pendant l'heure h de l'année <u>pour les parkings intérieurs</u> . (0.= aucun besoin pendant l'heure ; 1.= besoin pendant toute l'heure). 8760 composantes.	-	[0.0- 1.0]	-
Fh_{ext}(h)	Vecteur tau horaire de besoin d'éclairage pendant l'heure h de l'année <u>pour les parkings extérieurs</u> . (0.= aucun besoin pendant l'heure ; 1.= besoin pendant toute l'heure).8760 composantes.	-	[0.0- 1.0]	-
TauDet(h)	Vecteur tau d'usage horaire pendant l'heure h de l'année de la puissance d'éclairage quand l'éclairage est en mode de détection de présence. 8760 composantes.	-	[0.0-1.0]	-

Tableau 19 : Liste exhaustive des variables du modèle

1.6.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

La description est séquentielle.

1.6.3.1 Définition des constantes et séquence de saisie des données

- **Fh_{int}(h)**= 1. pour tout h de 1 à 8760 (1)
- **Fh_{ext}(h)** est défini par le tableau suivant exprimé en heure légale de fin de pas de temps :

1 à 6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1.000	0.790	0.480	0.150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.200	0.360	0.500	0.650	0.840	1.000	1.000

Tableau 20 : valeurs de Fh_{ext}(h) en fonction de l'heure légale

- **TauDet(h)**=0.2 pour tout i de 1 à 8760 (2)

²⁹ Constantes (ex: chaleur spécifique de l'eau) et conventions.

Note : on considère que l'éclairage en mode détection de présence apporte un abattement conventionnel de consommation de 80%.

1.6.3.2 Définition des valeurs par défauts

- Pour les heures d'ouverture et les heures de détection par défaut :
 $NbjO(j)=1$ pour tout i , ie « parking ouvert tous les jours »
 $PlagOse = 0,23$ (24h/ 24h) , ie « plage horaire d'ouverture en semaine 24h / 24h »
 $PlagOwe = 0,23$ (24h/ 24h), ie « plage horaire d'ouverture en we 24h / 24h »
 $PlagDse = 0,0$ ie « pas détection de présence en semaine »
 $PlagDwe = 0,0$ ie « pas détection de présence en we »
- Pour la puissance électrique d'éclairage installée :
 $Pec_{ins} = Npl \times Net \times 16$ si parking du type « int » (parking intérieur) en W
 $Pec_{ins} = Npl \times Net \times 8$ si parking du type « ext » (parking extérieur) en W
Avec Npl nombres de place du parking hérité du module ventilation parking

1.6.3.3 séquence de saisie des données

La séquence logique de saisie de données, commune à l'éclairage et la ventilation des parking, est la suivante

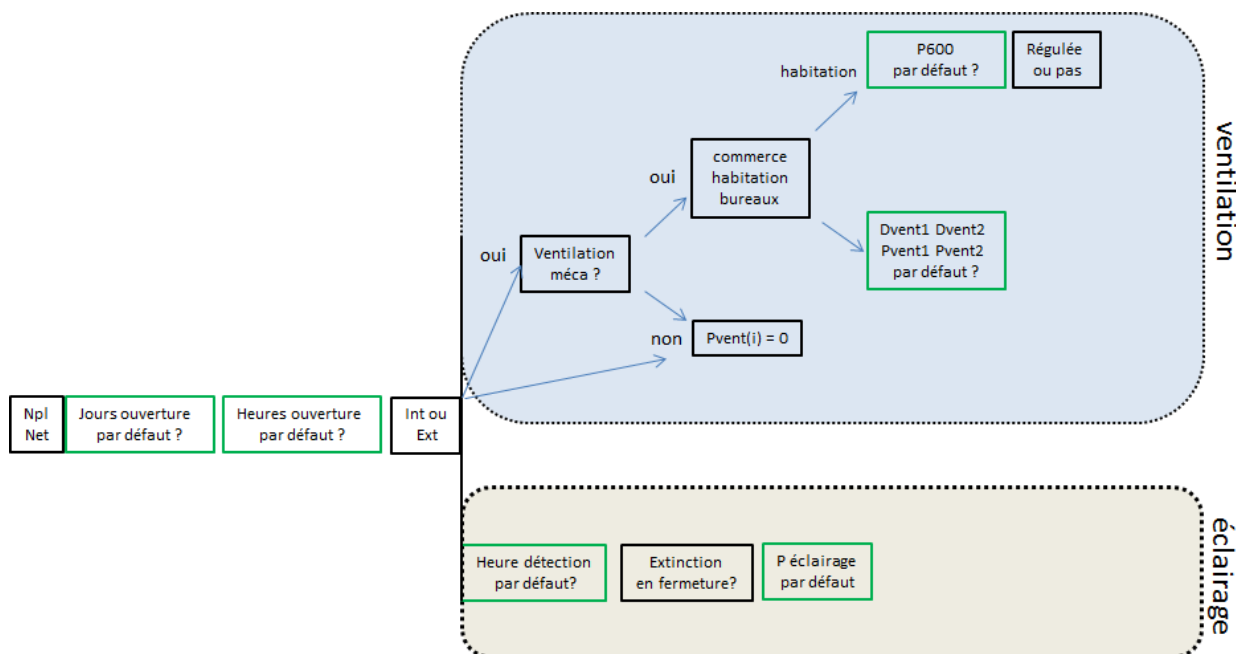


Figure 4 – Séquence logique de définition des paramètres d'éclairage et ventilation des parkings

1.6.3.4 Calcul du vecteur horaire $Ouv(i)$ (ouverture du parking)

Pour chaque heure de n°i dans l'année (de 1 à 8760):
 si avec j le n° jour dans l'année $NbjO(j)=1$
 si $jsem \in [1,5]$ (on est L M M J ou V)
 si $Hleg \in [PlagOse[$
 alors $Ouv(h)=1$.
 sinon $Ouv(h)=0$.
 sinon (le jour dans l'année est S ou D)
 si $Hleg \in [PlagOwe[$
 alors $Ouv(h)=1$.
 sinon $Ouv(h)=0$.
 sinon $Ouv(h)=0$. (136)

1.6.3.5 Calcul du vecteur horaire $Reg(i)$ (mode de régulation de l'éclairage):

Pour chaque heure de n°i dans l'année (de 1 à 8760):
 si avec j le n° jour dans l'année $NbjO(j)=1$
 si $jsem \in [1,5]$ (on est L M M J ou V)
 si $Hleg \in \bigcup_{j=1}^3 [PlagDse^j[$ (l heure légale est dans une des trois
 plages)
 alors $Det(h)=1$.
 sinon $Det(h)=0$.
 sinon (le jour dans l'année est S ou D)
 si $Hleg \in \bigcup_{j=1}^3 [PlagDwe^j[$
 alors $Det(h)=1$.
 sinon $Det(h)=0$.
 sinon $Det(h)=0$. (137)

1.6.3.6 Calcul du vecteur horaire $Fh(h)$ (besoin horaire d'éclairage):

Pour chaque heure de h dans l'année (de 1 à 8760): (138)

Si $Type = \text{int}$ alors $Fh(h) = Fh_{\text{int}}(h)$ sinon $Fh(h) = Fh_{\text{ext}}(h)$

1.6.3.7 Calcul du vecteur horaire d'appel de puissance horaire :

Pour chaque heure h dans l'année (de 1 à 8760): (139)

$$Pec_{\text{app}}(h) = Pec_{\text{ins}} \cdot \{Ouv(h) \cdot Fh(h) \cdot (1 - Det(h) + Det(h) \cdot TauDet(h)) + (1 - Ouv(h)) \cdot Ex\}$$

1.6.3.8 Calcul de la consommation annuelle :

$$Eec = \sum_{h=1}^{8760} Pec_{\text{app}}(h) \quad (140)$$

1.6.3.9 Ajout de la consommation d'éclairage horaire des parkings à la consommation électrique horaire des parkings répartie par zone

La puissance d'éclairage $Pec_{\text{app}}(h)$, calculée est répartie au proratas des surfaces conventionnelles S_{RT} des zones, puis ajoutée à la consommation électrique des parkings attribuée à chaque zone $C_{\text{ef_park}}^z(h)$.

1.7 FICHE ALGORITHME: CALCUL DES CONSOMMATIONS DE VENTILATION DES PARKINGS FERMES

1.7.1 INTRODUCTION

Le modèle calcule la consommation annuelle et horaire en énergie finale du système de ventilation forcée d'un parking fermé (et exclusivement fermé) si l'utilisateur déclare que le parking est en ventilation forcée.

La consommation des éventuels auxiliaires associés au système de ventilation n'est pas pris en compte ici.

Le modèle est 1D spatialement mais horaire temporellement.

Le modèle prend en compte deux typologies de parking:

- un parking d'habitat soumis à l'arrêté du 31 janvier 1986.
- un parking ors habitat soumis à l'instruction du 3 mars 1975.

Si le parking est ouvert le modèle de calcul retourne une valeur de consommation nulle.

- **pour le premier cas** un débit de 600 m³/h par véhicule lorsque le parc est utilisé est réputé suffisant ce qui constitue le point d'appui de la méthode.
- **pour le second cas** une concentration minimum en CO en particulier 50 ppm (partie pour million) sur huit heures consécutives est supposée respectée ce qui constitue le point d'appui de la méthode.

Plus précisément :

- **Pour les parkings intérieurs hors usage d'habitation :**

La consommation des ventilateurs est estimée au pas horaire. Pour une heure donnée la consommation électrique des ventilateurs est la conséquence de :

- un besoin de ventilation nécessaire pour tenir un tau maxi de CO de 50ppm. Ce besoin de ventilation est calculé à partir d'une consigne (terme source ci-dessous) point d'entrée d'une régulation à deux seuils du fonctionnement des ventilateurs sur auxquels sont attachés deux niveaux de puissance électrique correspondant à deux niveaux de débit de ventilation. Le besoin de ventilation intègre à travers la notion d'efficacité de ventilation la possibilité que le capteur de CO ne soit pas représentatif du niveau moyen de CO.
- un terme source de CO fonction d'hypothèses d'émission de CO qui est la conséquence d'un trafic de véhicule qui est dans ce modèle corrélé à:
 - un facteur d'émission de CO conventionnel des véhicules
 - une vitesse de déplacement conventionnelle des véhicules et donc une durée de déplacement des véhicules
 - des données topologiques simples du parking qui détermine la longueur de déplacement des véhicules,
 - une typologie simplifiée d'usage du parking qui conditionne le trafic horaire du parking en intensité et en distribution temporelle.Cette typologie d'usage est traduite par la définition d'un scénario horaire qui quantifie le nombre de mouvements par place (entrée ou bien sortie) moyenné sur l'heure. Ce scénario est une constante interne au modèle. Mentionnons le principe de construction d'un tel scénario : le scénario horaire est construit sur une hypothèse de durée moyenne de stationnement dans la journée ou alternativement du nombre de mouvements par jour. Ces caractéristiques journalières sont fonctions de la typologie d'usage du parking. Puis dans un second temps la

répartition horaire est induite suivant une distribution horaire à trois niveaux (beaucoup moyen aucun) à dire d'expert et qui est propre à chaque typologie d'usage. Un processus de normalisation permet de s'assurer que le scénario horaire journalier est consistant avec les hypothèses journalières.

Les hypothèses simplificatrices majeures sont :

- l'homogénéité spatiale du taux de CO dans le parking à un instant donné quelconque,
 - la ventilation naturelle n'est pas prise en compte,
 - la consommation de veille des ventilateurs ou des auxiliaires au sens large est négligée.
- **Pour les parkings intérieurs en usage d'habitation :**

On considère que :

- o soit la ventilation est permanente 24h/24h, il suffit alors de spécifier la puissance électrique de fonctionnement du système de ventilation par nombre de place correspondant à un point de fonctionnement 600 m³/h / place,
- o soit la ventilation est régulée dans ce cas le scénario d'usage du parking est exploité pour estimer par heure le nombre de véhicules en mouvement et en conséquence pour activer la puissance de ventilation par nombre de place correspondant à un point de fonctionnement 600 m³/h / place.

Dans tous les cas, les jours où le parking est fermé sont hérités du module parking _ éclairage. La méthode n'implique que des relations mathématiques explicites.

1.7.2 NOMENCLATURE DU MODELE

Entrées³⁰

Nom	Description	Unité	Intervalle ³¹	Def ³²
Nbjo(j)	Calendrier annuelle des jour ouverts/fermés du parking Hérité du module éclairage parking	.	.	Vecteur de 0 ou bien de 1 de dimension 365 [int,ext]
Type	Type de parking soit intérieur =«int» soit extérieur =«ext». Hérité du module éclairage parking	-	-	

Paramètres d'intégration du module³³

Nom	Description	Unité Calc. 34	Unit Int. 35	Intervalle 36	Def ³⁷
typeusage	Typologie de parking Type= »bureau « ou bien « commerce » ou bien « habitat »			Bureau OU Commerce OU Habitat	
Net	Nombre d'étages du parking	.	.	>0	
Npl	Nombre total de places de stationnement	.	.	>0	

Paramètres intrinsèques du module

Nom	Description	Unité	Unit	Intervalle 40	Def ⁴¹
-----	-------------	-------	------	---------------	-------------------

³⁰ Valeurs opérées par d'autres modules

³¹ Les intervalles donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mentions contraire, le test de compatibilité est fait dans le code, pour debuggage uniquement. Préciser l'exclusion des bornes ([...], [...] etc.).

³² Valeur par défaut

³³ Rentrés par l'utilisateur

³⁴ Unité utilisée dans les équations. Elles doivent répondre à un standard prédéfini.

³⁵ Unité utilisée dans l'interface utilisateur. Non utilisé dans les équations.

³⁶ Les intervalles de l'interface donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mentions contraire, le test de compatibilité est systématique fait dans le code. Préciser l'exclusion des bornes ([...], [...] etc.).

³⁷ Valeur par défaut avec unité d'interface

⁴⁰ Les intervalles de l'interface donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mentions contraire, le test de compatibilité est systématique fait dans le code. Préciser l'exclusion des bornes ([...], [...] etc.).

⁴¹ Valeur par défaut avec unité d'interface

		Calc. 38	Int. 39	
Dvent1	Débit de ventilation total première vitesse	m3/h	>0	cf 1.7.3.1
Dvent2	Débit de ventilation total seconde vitesse	m3/h	≥Dvent1	cf 1.7.3.1
Pvent1	Puissance électrique <u>active</u> appelée par <u>tous</u> les ventilateurs lorsqu'ils fonctionnent à la première vitesse	W	>0	cf 1.7.3.1
Pvent2	Puissance électrique <u>active</u> appelée par <u>tous</u> les ventilateurs lorsqu'ils fonctionnent à la seconde vitesse	W	≥Pvent1	cf 1.7.3.1
Pvent600	Puissance <u>active</u> totale de l'installation par nombre de place de parking et à 600 m3/h/véhicules pour les parking d'habitations	W/nb place	W >0	cf 1.7.3.1
Reg	Applicable uniquement à un parking de typeusage= »habitaion » Reg=1 la ventilation est régulée Reg+0 la ventilation n'est pas régulée	ad	ad 0 ou bien 1	
Vent	Présence (oui) ou pas (non) de ventilation forcée	.	« Oui » ou « non »	« non »

Sorties

Nom	Description	Comp. Unit	Unit Int.	Intervalle	Def
Pvent(h)	Puissance horaire des ventilateurs du parking pendant le pas de temps h de l'heure dans l'année (i de 1 à 8760)	W	Wh		
Event	Consommation annuelle en énergie active finale des ventilateurs du parking	Wh	kWh		
C^z_{ef_park} (h)	Consommation électrique des parkings (éclairage et ventilation) au pas de temps horaire et par zone	Wh	Wh		

Variables internes⁴²

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
ProdCO(h)	Terme source de CO de l'ensemble des véhicules dans le parking (CO à température ambiante) pendant le pas de temps h (h de 1 à 8760)	m ³ CO/h	≥0.	

³⁸ Unité utilisée dans les équations. Elles doivent répondre à un standard prédéfini.

³⁹ Unité utilisée dans l'interface utilisateur. Non utilisé dans les équations.

⁴² Variables utilisées uniquement dans le module courant.

Dreq(h)	Débit de ventilation mécanique requis pour tout le parking pour assurer une concentration en CO de CCOlim pendant le pas de temps h (de 1 à 8760)	m ³ /h	≥0.
Nveh(h)	Trafic de véhicule dans tous le parking exprimé en nombre de mouvements de véhicule par heure (une entrée ou une sortie) pendant le pas de temps h (de 1 à 8760)	1/h	≥0.
Rmvtpl(h)	Ratio moyen horaire de mouvement <u>par place</u> pendant le pas de temps h (de 1 à 8760)	-	
Dtraj	durée moyenne de déplacement d'un mouvement de véhicule	h	≥0.
Lmoytraj	Longueur moyenne d'un déplacement d'un véhicule	m	>0.
Larg	Longueur d'un étage du parking	m	>0.
Long	Largeur d'un étage du parking	m	>0.
Peri	Périmètre d'un étage du parking	m	>0.

Constantes⁴³

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
Effvent	Efficacité de ventilation en terme de ratio point de mesure donnant la valeur maximum / valeur moyenne dans le parc de stationnement.	-		0.5
CCOlim	Valeur maxi de concentration volumique en CO	m ³ Co/ m ³ Air		5 10⁻⁵
ProdCOveh	Facteur d'émission conventionnel d'un moteur de véhicule en fonctionnement (CO à température ambiante)	m ³ Co /h		0.35
Rutil	ratio d'utilisation moyen du parking : nombre moyen de places utilisées sur la période/ nombre de place.	-		1.0
Dfix	Durée moyenne de fonctionnement du moteur d'un véhicule lorsque le véhicule est à l'arrêt	h		0.01
Vmoy	Vitesse moyenne de déplacement des véhicules dans le parking (10 km/h)	m/h		10000

⁴³ Constantes (ex: chaleur spécifique de l'eau) et conventions.

RI	Allongement de la surface utile du parking : ratio longueur / largeur	.	2
Spl	Surface d'une place de parking	m ²	12

Tableau 21 : Liste exhaustive des variables du modèle

1.7.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

La description est séquentielle.

La présente fiche algorithme prévoit les sous-chapitres suivants :

- **le calcul des constantes** quelques soit la typologie d'usage du parking (quelle que soit la valeur de la variable **typeusage**) est regroupé en §1.7.3.2.
- **le calcul de la consommation horaire** du système de ventilation $P_{vent}(h)$ est découpé en trois cas:
 - le cas du parking ouvert ($Type = \text{«ext»}$) quelquesoit la typologie d'usage (**typeusage**) en §1.7.3.3
 - le cas du parking ors habitation (**typeusage**=«bureau» ou «commerce») fermé ($Type = \text{«int»}$) en §1.7.3.5
 - le cas du parking habitation (**typesuage**=«habitat») fermé ($Type = \text{«int»}$) en en §1.7.3.6

L'énergie annuelle est calculée de façon identique quelquesoit le scénario d'usage du parking (quelquesoit la valeur de la variable **typeusage**) en §1.7.3.7.

1.7.3.1 Valeurs par défauts pour D_{vent1} D_{vent2} P_{vent1} P_{vent2}

Les valeurs par défaut suivantes sont proposés à l'utilisateur:

$$\begin{aligned}
 D_{vent2} &= 900 \cdot N_{pl} \cdot Net \text{ en m}^3/h \\
 D_{vent1} &= 450 \cdot N_{pl} \cdot Net \text{ en m}^3/h \\
 P_{vent2} &= 40 \cdot N_{pl} \cdot Net \text{ en W} \\
 P_{vent1} &= 5 \cdot N_{pl} \cdot Net \text{ en W} \\
 P_{vent600} &= 40 \cdot W/place
 \end{aligned}
 \tag{141}$$

1.7.3.2 Calcul des constantes:

Largeur, longueur et périmètre de chaque étage du parking (identique pour tous les étages du parking):

$$Larg = \left(\frac{Spl \cdot N_{pl} / Net}{RI} \right)^{1/2} \tag{142}$$

$$Long = RI \cdot Larg \tag{143}$$

$$Peri = 2 \cdot Long + 2 \cdot Larg \tag{144}$$

Longueur moyenne (moyenne de l'entrée et de la sortie) d'un trajet (entrée sortie non distinguées) dans le parking:

$$L_{moytraj} = Peri \cdot \left(\frac{Net}{4} + \frac{1}{4} \right) \tag{145}$$

Durée moyenne du trajet moyen

$$D_{traj} = L_{moytraj} / V_{moy} \tag{146}$$

Durée moyenne de fonctionnement du moteur

$$D_{mvmvt} = D_{fix} + D_{traj} \tag{147}$$

Le tableau ci-dessous définit Rmvtpl en fonction du n° de fin de l'heure légale du jour courant (quel que soit le jour courant ie L M M J V S D) et ceci pour les différentes typologies d'usage de la zone.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
bureau personnel	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.308	0.308	0.308	0.154	0.000	0.154	0.154	0.000	0.308	0.308	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
bureau visiteurs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.143	0.286	0.286	0.143	0.143	0.143	0.143	0.286	0.286	0.143	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
commerce visiteurs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.278	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.278	0.278	0.000	0.000
spectacle visiteurs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
habitat	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.190	0.190	0.190	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.190	0.190	0.190	0.095	0.095	0.095	0.000	0.000

Tableau 22 : Valeurs conventionnelles de Rmvtpl(h) en fonction de l'heure légale et du type de local

La valeur de **Rmvtpl(h)** est fonction du scénario d'usage repéré par le paramètre **typeusage** :

Si **typeusage**= « bureau »

Rmvtpl(h)=tableau ci dessus ligne « bureau personnel »

Si **typeusage**= « commerce »

Rmvtpl(h)=tableau ci dessus ligne « commerce visiteur»

Si **typeusage** = « habitat »

Rmvtpl(h)=tableau ci dessus ligne « habitat »

En l'état actuel, certaines lignes de ce tableau ne sont donc pas utilisées.

1.7.3.3 Calculs de Pvent(h) pour le cas des parking ouverts

Les parking ouverts ne sont pas munis de dispositifs de ventilation :

Si **Type**= «ext» alors

$$Pvent(h)=0. \text{ pour tout pas de temps } h \quad (148)$$

Les paragraphes suivant sont alors ignorés.

1.7.3.4 Calculs de pVent(h) pour le cas des parkings sans ventilation forcée

Si **Ventilation**= «non» alors

$$Pvent(h)=0. \text{ pour tout pas de temps } h \quad (149)$$

Les paragraphes suivants sont alors ignorés.

1.7.3.5 Calcul de pvent(h) pour le cas du parking de type d'usage hors usage d'habitation et de type fermé:

Cette section est applicable uniquement pour le cas où **Type**= «int» ET (**typeusage** = «bureaux» OU **typeusage**= «commerce»).

Calcul du besoin en débit horaire de ventilation Dreq(h) :

Pour chaque pas de temps h dans l'année (de 1 à 8760):

Si pour le numéro du jour dans l'année j **Nbj0(j)=1** alors : (le parking est ouvert)

$$Dreq(h) = \frac{ProdCO(h)}{CCOlim.Effvent} \quad (150)$$

Calcul du terme source ProdCO :

$$\mathbf{ProdCO(h) = ProdCOveh. Nveh(h). Dmvmt} \quad (151)$$

Calcul du nombre de mouvement de véhicule par heure Nveh(h):

$$\mathbf{Nveh(h) = Npl. Rutil. Rmvtpl(h)} \quad (152)$$

Fin du calcul Nveh(h)

Fin du calcul de ProdCO(h):

$$\text{Sinon } \mathbf{Dreq(h) = 0} \quad (153)$$

Fin de l'itération sur le pas de temps h (de 1 à 8760)

Calcul de la consommation horaire des ventilateurs Pvent(h) :

Pour chaque pas de temps h dans l'année (de 1 à 8760)

Si **Dreq(h) = 0** alors

$$\mathbf{Pvent(h) = 0} \quad (154)$$

sinon

$$\text{si } \mathbf{Dvent1 > Dreq(h)} \text{ alors} \quad (155)$$

$$\mathbf{Pvent(h) = Dreq(h). Pvent1/Dvent1} \quad (156)$$

sinon

$$\mathbf{Pvent(h) = Dreq(h). Pvent2/Dvent2} \quad (157)$$

Fin de l'itération sur le pas de temps h (de 1 à 8760)

1.7.3.6 Calcul de pvent(h) et pour le cas d'un parking en usage d'habitation, et fermé

Cette section s'applique uniquement si **Type= «int»** ET **typeusage= «habitat»**

Calcul de la puissance électrique absorbée par les ventilateurs P_vent(h) :

Si le système est régulé ie si Reg=1 alors

Pour chaque pas de temps h dans l'année (de 1 à 8760):

Si pour le numéro du jour dans l'année j **Nbj0(j)=1** alors : (le parking est ouvert)

$$\mathbf{Pvent(h)=Pvent600 . Npl . Rutil . Rmvtpl(h)} \quad (158)$$

sinon

$$\mathbf{Pvent(h)=0} \quad (159)$$

Sinon (Reg=0 : le système n'est pas régulé), alors, quelle que soit la valeur de h:

$$\mathbf{Pvent(h)= Pvent600 . Npl . Rutil} \quad (160)$$

1.7.3.7 Calcul de la consommation annuelle du système de ventilation par zone

Le calcul de Event est commun à tous les scénarios d'usage ie quelques soit la valeur de **Type** et **typeusage**

$$\text{Event} = \sum_1^{8760} P_{\text{vent}}(h) \quad (161)$$

La consommation Event est répartie au prorata des surfaces S_{RT} des différentes zones du bâtiment.

1.7.3.8 Ajout de la consommation d'éclairage horaire des parkings à la consommation électrique horaire des parkings répartie par zone

La puissance absorbée par les ventilateurs $P_{\text{vent}}(h)$ est répartie au prorata des surfaces conventionnelles S_{RT} des zones, puis ajoutée à la consommation électrique des parkings attribuée à chaque zone $C_{\text{ef_park}}^z(h)$.

2. AJOUTS RELATIFS AU CALCUL DU NOUVEL INDICATEUR DE CONFORT D'ETE (DIES)

2.1 FICHE ALGORITHME: CALCUL DE L'INDICATEUR DE CONFORT D'ETE DIES

2.1.1 INTRODUCTION

Dans l'arrêté du 20 juillet 2011 (publié dans le bulletin officiel du MEDDTL N°14 du 10 août 2011) portant approbation de la méthode de calcul Th-BCE 2012, l'indicateur de confort d'été est la T_{ic} , température intérieure conventionnelle, calculée suivant le même principe qu'en RT 2005. Comme en RT 2005, la T_{ic} est comparée à une valeur de référence, $T_{ic_{réf}}$.

Or, dans l'objectif d'harmoniser les exigences de la RT2012, il a été décidé d'évaluer le confort d'été dans les bâtiments soumis à la RT2012 via un critère absolu basé sur les mêmes conventions que le Bbio et le Cep et calculé au fil du temps.

A cette fin, la DHUP a réuni un Groupe Scientifique et un Groupe de Travail pour élaborer ce nouvel indicateur. La fiche algorithme ci-dessous traduit en équations les conclusions des travaux menés.

Les données d'entrée restent identiques à celles d'un calcul Bbio/Cep. Le nouvel indicateur est calculé, pour chaque groupe, dans un post-processeur au moteur Th-BCE 2012.

2.1.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 1 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul de l'indicateur de confort d'été.

Entrées du composant

	Nom	Description	Unité
Données en provenance de la méthode Th-BCE	H_{leg}	Heure légale	h
	I_{HJ}	Heure du jour	h
	$\theta_{ei}(h)$	Température extérieure	°C
	$I_{sconf_adapt}(h)$	Indicateur de période de confort adaptatif 0 - hors période de confort adaptatif 1 - en période de confort adaptatif	-
	$\theta_{tm}(j)$	Température extérieure moyenne journalière glissante valable au jour j.	°C
	$\theta_{iich}^+(h)$	Température de consigne de chauffage en période d'occupation	°C
	$\theta_{iifr}^+(h)$	Température de consigne de refroidissement en période d'occupation	°C
	$\theta_{op}(h)$	Température opérative du groupe à la fin du pas de temps h	°C

$\Delta\theta_{op}^{corr_syst}(h)$ Impact sur la température limite d'inconfort chaud dû aux systèmes d'amélioration du confort d'été (brasseurs d'air, humidification directe,...) °C

I_{occ_zone} Indice d'occupation de la zone bool

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$catégorie_CE1_CE2^{gr}$	Catégorie CE1 ou CE2 du groupe (1=CE1 / 2=CE2)	-	1	2	-
$I_{sclimatise}^{gr}$	Indicateur au niveau du groupe précisant si le groupe est climatisé ou non (0=non climatisé / 1=climatisé)	-	0	1	-
$Usage_{zone}$	Usage de la zone	-	1	32	-
$Mode$	Mode de calcul (0-Th-B / 1-Th-C / 2-Th-E (ancien indicateur) / 3-Th-BCE / 4-Th-D (nouvel indicateur) / 5-Th-BCDE)	-	0	5	-

Sorties

Nom	Description	Unité
Dies	Indicateur de confort d'été (Durée d'Inconfort en Eté Statistique)	h.%
$\Delta\theta_{conf_adapt}(h)$	Ecart entre la température d'inconfort chaud et la température de consigne de refroidissement en occupation (lié à la notion de confort adaptatif)	°C
Nbh_{inconf}	Nombre d'heures pour lesquelles la température opérative est supérieure à la température d'inconfort	h
$Nbh_{inconf+1C}$	Nombre d'heures pour lesquelles la température opérative est supérieure à la température d'inconfort + 1°C	h
$Nbh_{inconf+2C}$	Nombre d'heures pour lesquelles la température opérative est supérieure à la température d'inconfort + 2°C	h
NDh	Nombre de degrés-heures (non pondérés)	h.°C
PPD_{moy}	Intensité moyenne de l'inconfort	%

Variables internes

Nom	Description	Unité
-----	-------------	-------

$\theta_{op_inc_max}$	Seuil de température opérative d'inconfort chaud	°C			
$\theta_{op_inc_max_C1}$ $\theta_{op_inc_max_C2}$ $\theta_{op_inc_max_C3}$	Seuil de température opérative d'inconfort chaud en catégorie d'ambiance 1, 2 et 3.	°C			
$\theta_{op_conf_ch}(h)$	Température limite de confort chaud	°C			
$\theta_{op_conf_ch_corr}(h)$	Température limite de confort chaud corrigée	°C			
$PMV(\theta_{op})$	(Predicted Mean Vote) Vote Moyen Prévisible en fonction de la température opérative	-			
$PPD(PMV)$	(Predicted Percentage Dissatisfied) Pourcentage prévisible d'insatisfaits en fonction du PMV	%			
ΔPPD	Ecart entre le PPD calculé (pour une température opérative donnée) et un PPD de 10% (limite de la zone de confort)	%			
$\Delta \theta_{op_inc_C1}$ $\Delta \theta_{op_inc_C2}$ $\Delta \theta_{op_inc_C3}$	Paramètres conventionnels intervenant dans la définition de $\theta_{op_inc_max}$, en catégorie d'ambiance 1, 2 et 3.	°C	$-\infty$	$+\infty$	2 3 4
Cat_amb	Catégorie d'ambiance du groupe considéré au regard des catégories 1, 2 et 3 définies ci-dessous	Entier	1	3	

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv
MET	Métabolisme de l'occupant conventionnel pour l'évaluation du confort d'été	met	1
CLO	Habillement de l'occupant conventionnel pour l'évaluation du confort d'été	clo	0,5
$\Delta \theta_{op_min_max}$	Ecart entre les températures opératives d'inconfort chaud minimale et maximale	°C	2
δPMV	Pente de la droite PMV en fonction de la température opérative	°C ⁻¹	0,4014
$PMV(\theta_{op_conf_ch_cor})$	Valeur du PMV à la température d'inconfort chaud	-	0,4892

Tableau 23 : Nomenclature du modèle

2.1.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

2.1.3.1 Principe de calcul

Le calcul de l'indicateur de confort d'été de Th-BCE 2012 s'appuie sur les normes NF EN 15251 (notion de confort adaptatif) et NF EN ISO 7730 (insatisfaction thermique statistique).

L'indicateur prend en compte à la fois l'intensité et la durée de l'inconfort.

Les étapes de calcul du modèle sont représentées sur le graphique suivant :

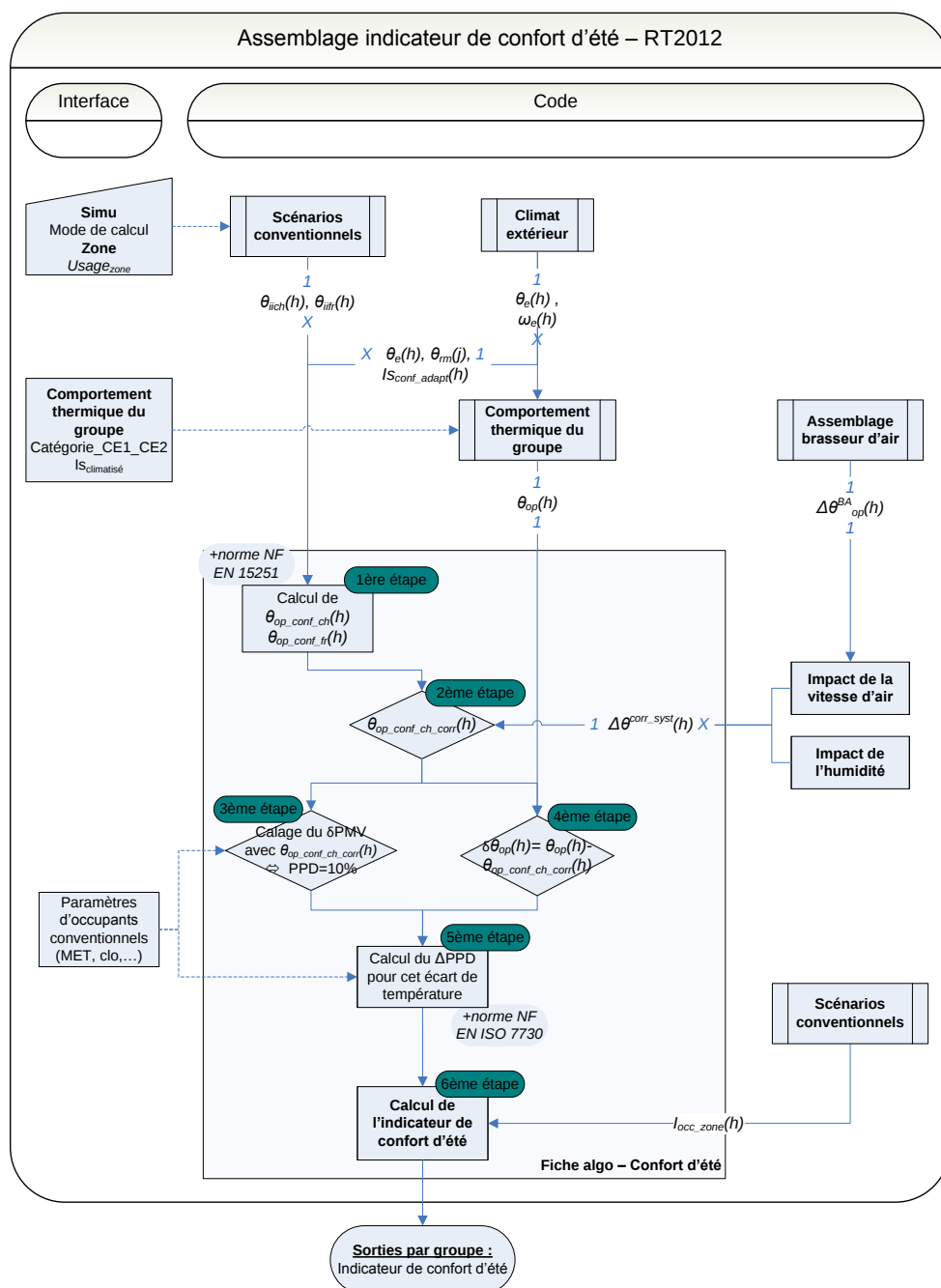


Figure 5 : schéma de principe

Les températures de consigne en occupation en chauffage et en refroidissement sont notées $\theta_{ii, ch}^+(h)$ et $\theta_{ii, fr}^+(h)$.

2.1.3.2 Mode de calcul

Les calculs de cette fiche algorithme ne sont effectués qu'en mode confort d'été, c'est à dire quand :

$$Mode=4 \text{ ou } 5 \quad (162)$$

2.1.3.3 Calcul de la température d'inconfort chaud

La première étape du calcul consiste à définir quelle est la température à partir de laquelle l'occupant est en situation d'inconfort chaud.

La température d'inconfort chaud est calculée d'après la norme NF EN 15251. Elle s'appuie sur la notion de confort adaptatif.

Dans un premier temps, on détermine, pour les trois catégories d'ambiance, les valeurs des seuils d'inconfort maximal de température opérative ressentie, $\theta_{op_inc_max}$ à partir de la température moyenne glissante au jour j de la température extérieure $\theta_{rm}(j)$ (calculée dans la fiche C_EEX_climat extérieur) et des valeurs $\Delta\theta_{op_inc}$ par catégorie d'ambiance. Les formules de calcul des $\theta_{op_inc_max}$ sont les suivantes :

$$\begin{aligned} \theta_{op_inc_max_C1}(j) &= MAX(\theta_{iif}^+; 0.33 \times \theta_{rm}(j) + 18.8 + \Delta\theta_{op_inc_C1}) \\ \theta_{op_inc_max_C2}(j) &= MAX(\theta_{iif}^+; 0.33 \times \theta_{rm}(j) + 18.8 + \Delta\theta_{op_inc_C2}) \\ \theta_{op_inc_max_C3}(j) &= MAX(\theta_{iif}^+; 0.33 \times \theta_{rm}(j) + 18.8 + \Delta\theta_{op_inc_C3}) \end{aligned} \quad (163)$$

Note : les calculs ci-dessus sont strictement identiques à ceux de la fiche algorithme C_Ein_Indicateurs de confort.

La valeur de catégorie d'ambiance retenue dépend du type d'usage du projet :

USAGE de la zone au sens des scénarios	Valeur de Cat_amb
Bâtiments à usage d'habitation	3
Autres usages	1

Tableau 24: Relation entre les catégories d'ambiance et le type d'usage

Valeur maximale

Quel que soit l'usage, nous limiterons la température d'inconfort chaud à 2°C au-dessus de la température de consigne de refroidissement ($\Delta\theta_{op_min_max}=2^\circ\text{C}$) ⁴⁴.

Valeur minimale

De plus, l'échange thermique entre l'occupant et l'air ambiant est réduit en période de sommeil. Pour les usages d'habitation, la température d'inconfort chaud aux heures de la nuit est donc supposée égale à la température de consigne de refroidissement en occupation normale, sans effet du confort adaptatif.

⁴⁴ La norme NF EN 15251 précise que la base de données utilisée pour déterminer la température d'inconfort chaud est restreinte pour des $\theta_{rm}(j)$ supérieures à 25°C.

Le calcul de la température d'inconfort chaud par catégorie d'ambiance est le suivant :

SI Cat_amb=1

$$\theta_{op_conf_ch}(h) = \min(\theta_{iifr}^+ + \Delta\theta_{op_min_max}; \theta_{op_inc_max_C1}(j)) \quad (164)$$

SI Cat_amb=2

$$\theta_{op_conf_ch}(h) = \min(\theta_{iifr}^+ + \Delta\theta_{op_min_max}; \theta_{op_inc_max_C2}(j)) \quad (165)$$

SI Cat_amb=3

SI $6 < h_{leg} \leq 22$,

$$\theta_{op_conf_ch}(h) = \min(\theta_{iifr}^+ + \Delta\theta_{op_min_max}; \theta_{op_inc_max_C3}(j)) \quad (166)$$

SINON (période de sommeil),

$$\theta_{op_conf_ch}(h) = \theta_{iifr}^+$$

La température d'inconfort chaud $\theta_{op_conf_ch}(h)$ est calculée à chaque heure et pour chaque groupe. Elle est, par définition, identique pour tous les groupes d'une même zone.

Note : en mode Th-D, la température de consigne de refroidissement prend en compte la suppression des vacances (cf. scénarios conventionnels)

2.1.3.4 Ecart entre la température d'inconfort chaud et la température de consigne

L'indicateur de période de confort adaptatif $Is_{conf_adapt}(h)$ dépend des données météorologiques et est donc calculé dans la fiche algorithme « C_EEX_climat extérieur ».

Remarque : la température de consigne de refroidissement est donnée au niveau de la zone (puisque liée aux scénarios d'occupation). Cependant, quelle que soit sa valeur, par construction, nous sommes en période de confort adaptatif lorsque la $\theta_{rm}(j)$ est supérieure à 16°C. Cette condition ne dépend que du climat et est donc la même pour toutes les zones d'un bâtiment.

Par ailleurs, nous déterminons l'écart entre la température d'inconfort chaud et la température de consigne de refroidissement en occupation :

Si Mode=Th-D,

$$\Delta\theta_{conf_adapt}(h) = \max(0; \theta_{op_conf_ch}(h) - \theta_{iifr}^+) \quad (167)$$

Sinon

$$\Delta\theta_{conf_adapt}(h) = 0 \quad (168)$$

Par construction, cet écart est nul hors période de confort adaptatif. $\Delta\theta_{conf_adapt}(h)$ est utilisé dans les modèles lorsque la température ressentie par l'occupant est un critère d'action sur le bâti.

2.1.3.5 Déplacement de la zone de confort

En présence de systèmes qui modifient la sensation thermique des occupants (par la création d'une vitesse d'air, un apport ou une diminution de l'humidité de l'air, etc.), la zone de confort est modifiée.

$$\theta_{op_conf_ch_corr}(h) = \theta_{op_conf_ch}(h) + \Delta\theta^{corr_syst}(h) \quad (169)$$

Cette température va être comparée à la température opérative du groupe.

2.1.3.6 Calcul de $\theta_{op}(h)$

La température opérative $\theta_{op}(h)$ est calculée heure par heure pour chaque groupe (cf. C_BAT_Comportement thermique du groupe et C_EMI_Systèmes Emissions du groupe en chaud et froid).

En fonction de la catégorie CE1 ou CE2 du groupe et de son caractère climatisé ou non, deux modes de calcul de la température opérative sont choisis. Pour les groupes climatisés, la température opérative est calculée avec les équipements (conventionnels) du mode Th-B, on parle alors d'un calcul de Dies en mode Th-DB. Pour les groupes non climatisés, la température opérative est calculée avec les équipements utilisés par le mode Th-C, on parle alors d'un calcul de Dies en mode Th-DC. Le tableau propose un résumé :

	Groupe CE1 non climatisé	Groupe CE1 clim	Groupe CE2
	$catégorie_CE1_CE2^{gr}=1$ ET $Isclimatise^{gr}=0$	$catégorie_CE1_CE2^{gr}=1$ ET $Isclimatise^{gr}=1$	$catégorie_CE1_CE2^{gr}=2$
La Dies du mode Th-D est calculée...	Avec le bâtiment et ses équipements réels (mode Th-DC)	En mode "Besoins", sans équipements, et en évolution libre (mode Th-DB)	En mode "Besoins", sans équipements, et en évolution libre (mode Th-DB)

Tableau 25 : Précisions sur le mode de calcul Th-D

2.1.3.7 Calcul de l'insatisfaction au fil du temps

Les sensations thermiques de l'homme sont liées principalement à l'équilibre thermique du corps dans son ensemble. Cet équilibre est influencé par son activité physique et par son vêtement ainsi que par les paramètres de l'environnement : température de l'air, température moyenne de rayonnement, vitesse de l'air et humidité de l'air. Lorsque ces facteurs ont été estimés ou mesurés, la sensation thermique du corps considéré dans son ensemble peut être prédite en calculant l'indice **PMV** (vote moyen prévisible, de l'anglais *Predicted Mean Vote*).

L'indice **PPD** (pourcentage prévisible d'insatisfaits, de l'anglais *Predicted Percentage Dissatisfied*) donne des informations sur l'inconfort thermique ou l'insatisfaction thermique, en estimant le pourcentage de personnes susceptibles d'avoir trop chaud ou trop froid dans une ambiance donnée. Le PPD peut être déterminé à partir du PMV.

Le nouvel indicateur de confort d'été repose sur cette notion de pourcentage d'insatisfaits. Il dépend de l'écart entre la température ressentie par les occupants et la température d'inconfort chaud.

2.1.3.7.1 Conventions d'occupants

Dans la méthode réglementaire, le comportement des occupants est conventionnel. Pour évaluer le confort d'été, l'activité de l'occupant (en MET) et son habillement (exprimé en clo) sont nécessaires. Aux conventions existantes sont donc ajoutés :

$$\begin{cases} \text{MET} = 1.0 \\ \text{CLO} = 0.5 \end{cases} \quad (170)$$

Ces conventions seront utilisées pour calculer le PMV et le PPD.

2.1.3.7.2 Principe

Nous considérons que la zone de confort de l'occupant est déterminée pour un $\text{PPD} \leq 10\%$. L'idée est donc de calculer le pourcentage statistique d'insatisfaits au-delà de la zone de confort ($\text{PPD} > 10\%$).

Hypothèse : pour $\theta_{op}(h) = \theta_{op_conf_ch_corr}(h) \Rightarrow \text{PPD} = 10\%$.

2.1.3.7.3 En situation d'inconfort chaud

Lorsque $\theta_{op}(h) > \theta_{op_conf_ch_corr}(h)$.

Calcul du PMV

En premier lieu, le PMV à la température opérative corrigée du groupe est calculé.

$$\text{PMV}(\theta_{op}(h)) = \text{PMV}(\theta_{op_conf_ch_corr}(h)) + \delta\text{PMV} * (\theta_{op}(h) - \theta_{op_conf_ch_corr}(h)) \quad (171)$$

Où, δPMV est la pente de la droite $\text{PMV} = f(\theta_{op})$ pour un métabolisme de 1 MET, un habillement de 0,5 clo et une vitesse relative d'air de 0,2 m/s.

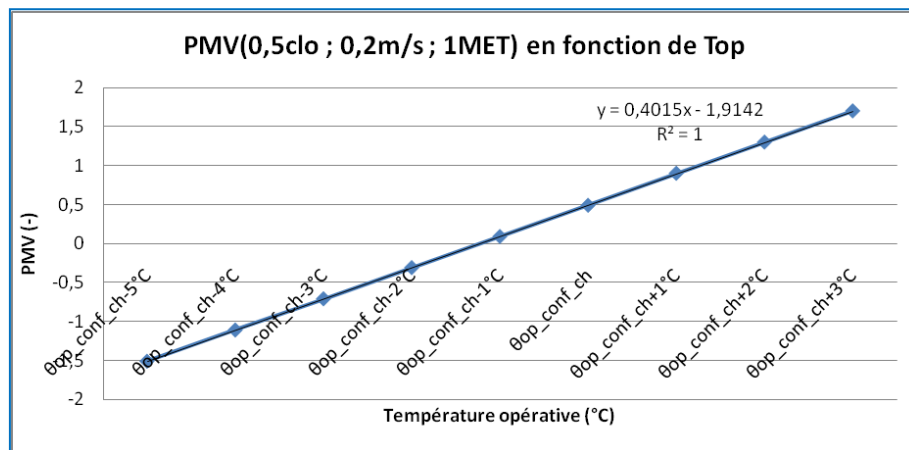


Figure 6 : PMV en fonction de la température opérative

La valeur de PMV à la température $\theta_{op_conf_ch_corr}(h)$ correspond à un PPD de 10% et délimite la zone d'inconfort. Elle est constante quelle que soit la température d'inconfort.

Calcul du PPD

Le PPD est calculé pour les deux températures qui nous intéressent :

- la température d'inconfort chaud ;
- la température ressentie par les occupants.

$$\begin{cases} PPD(PMV(\theta_{op_conf_ch_corr}(h))) = 10\% \\ PPD(PMV(\theta_{op}(h))) = \\ 100 - 95 \cdot \exp\left(-0,03353 \cdot (PMV(\theta_{op}(h)))^4 - 0,2179 \cdot (PMV(\theta_{op}(h)))^2\right) \text{ (en \%)} \end{cases} \quad (172)$$

Calcul du ΔPPD

Le pourcentage d'insatisfaits au-delà de la zone de confort $\Delta PPD(h)$ s'exprime donc de la manière suivante :

$$\Delta PPD(h) = PPD(PMV(\theta_{op}(h))) - PPD(PMV(\theta_{op_conf_ch_corr}(h))) \quad (173)$$

$$\Delta PPD(h) = PPD(PMV(\theta_{op}(h))) - 10\% \quad (174)$$

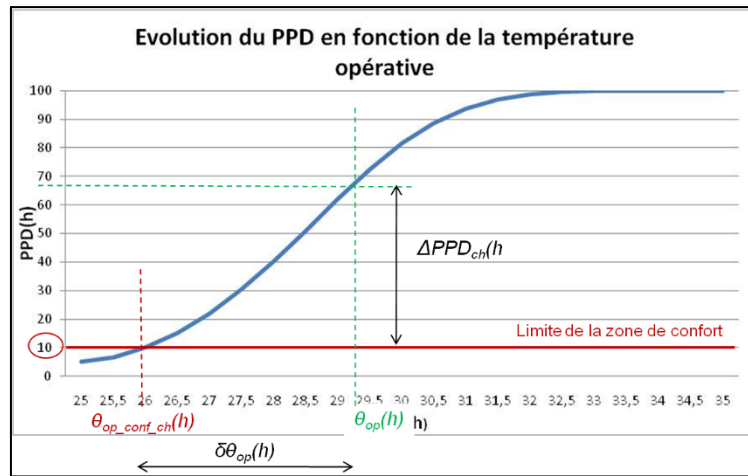


Figure 7 : Exemple d'un calcul du PPD en fonction de la température opérative

Calcul des indicateurs pédagogiques

Les calculs sont effectués en période de confort adaptatif et en période d'occupation ($I_{s_{conf_adapt}}(h)=1$ et $I_{occ_zone}(h)=1$). Ils consistent à comptabiliser le nombre d'heure où la température ressentie par les occupants dépasse la température d'inconfort chaud +0,1 et 2°C.

Initialisation au pas de temps 0 : $Nbh_{inconf} = Nbh_{inconf+1C} = Nbh_{inconf+2C} = 0$

$$\text{si } \theta_{op}(h) \geq \theta_{op_conf_ch_corr}(h) \quad (175)$$

$$Nbh_{inconf} + = 1$$

$$\text{SI } \theta_{op}(h) \geq \theta_{op_conf_ch_corr}(h) + 1 \quad (176)$$

$$Nbh_{inconf+1C} + = 1$$

$$\text{SI } \theta_{op}(h) \geq \theta_{op_conf_ch_corr}(h) + 2 \quad (177)$$

$$Nbh_{inconf+2C} + = 1$$

2.1.3.7.4 En dehors de la zone d'inconfort chaud

Lorsque la température ressentie est inférieure à la température d'inconfort chaud ($\theta_{op}(h) \leq \theta_{op_conf_ch_corr}(h)$), il n'y a alors pas d'insatisfaits supplémentaires :

$$\Delta PPD(h) = 0 \quad (178)$$

2.1.3.8 Calcul de l'indicateur de confort d'été

L'indicateur de confort d'été est égal au nombre d'heures pondérées par le pourcentage d'insatisfaits au-delà de la zone de confort, pendant la période d'observation. Autrement dit, on intègre à chaque pas de temps sur la période d'observation le pourcentage d'insatisfaits au-delà de 10%.

SI $I_{occ_zone}(h)=1$ et si $I_{conf_adapt}=1$

$$Dies = \sum_{\substack{h \text{ telle que} \\ (I_{occ_zone}(h)=1 \text{ et} \\ I_{conf_adapt}(h)=1)}} \Delta PPD(h) \quad (179)$$

SINON

$$Dies = 0 \quad (180)$$

Calcul des indicateurs pédagogiques

Deux autres indicateurs pédagogiques peuvent également être calculés à l'issue de l'année de simulation.

- Le nombre de degrés heure non pondérés d'inconfort chaud :

$$NDh = \sum_{\substack{h \text{ telle que} \\ (I_{occ_zone}(h)=1 \text{ et} \\ I_{conf_adapt}(h)=1)}} \max(0; \theta_{op}(h) - \theta_{op_conf_ch_corr}(h))$$

- L'intensité moyenne de l'inconfort, en divisant la *Dies* par le nombre d'heures non pondérées :

$$PPD_{moy} = \frac{Dies}{Nbh_{inconf}} \quad (181)$$

2.1.4 MODIFICATIONS MINEURES DES FICHES ALGORITHMIQUES TH-BCE PROPRE AU CALCUL DE LA DIES

La mise en place d'un nouveau mode de calcul d'un indicateur de confort d'été implique dans certains cas des modifications sur certaines fiches algorithmiques existantes dans la méthode Th-BCE. Plutôt que de rééditer chacune de ces fiches, l'ensemble des modifications apportées est répertorié par la suite. Les chapitres concernés sont mentionnés.

2.1.4.1 Données climatiques conventionnelles

En mode Th-D, la station de référence de la zone climatique H3 est Marseille. Pour les autres modes de calcul, la station de référence reste Nice.

2.1.4.2 C_EEX_Climat_extérieur

2.1.4.2.1 Nomenclature

Les ajouts à la nomenclature existante sont détaillés dans le tableau suivant :

Paramètres d'intégration du composant					
Mode	Mode de calcul (0-Th-B / 1-Th-C / 2-Th-E (ancien indicateur) / 3-Th-BCE / 4-Th-D (nouvel indicateur) / 5-Th-BCDE)	-	0	5	-
Sorties					
$I_{sconf_adapt}(h)$	Indicateur de période de confort adaptatif 0 - hors période de confort adaptatif 1 - en période de confort adaptatif	-			
$\theta_{rm}(j)$	Température extérieure moyenne journalière glissante valable au jour j.	°C			
Variables internes					
$\theta_{rm}(j-1)$	Température extérieure moyenne journalière glissante valable au jour j-1.	°C			
$\theta_{ei,moy}(j)$	Température moyenne extérieure journalière valable au jour j (calculée sur l'ensemble des températures horaires du jour j-1).	°C			

2.1.4.2.2 Description mathématique

➤ Détermination de la période de confort adaptatif

Dans un premier temps, on calcule $\theta_{rm}(j)$, la moyenne glissante au jour j de la température extérieure. Cette moyenne est calculée au premier pas de temps du jour j (h tel que $I_{HJ}=1$) et reprise pour l'ensemble des autres pas de temps du jour.

Si $I_{HJ} = 1$,

$$\theta_{rm}(j) = 0$$

Sinon,

$$\theta_{rm}(j) = 0.8 \times \theta_{rm}(j-1) + 0.2 \times \theta_{ei,moy}(j) \quad (182)$$

$$\text{Avec } \theta_{ei,moy}(j) = \frac{\sum_{h=1}^{j-1} T_e(h)}{24}$$

Le bâtiment est en « période de confort adaptatif » lorsque la température limite d'inconfort chaud est supérieure à la température de consigne de refroidissement, ce qui équivaut aux jours où la $\theta_{rm}(j)$ est supérieure à 16°C.

Si $\theta_{rm}(j) \geq 16^\circ\text{C}$

$$Is_{conf_adapt}(h) = 1 \quad (183)$$

Sinon

$$Is_{conf_adapt}(h) = 0$$

➤ Vitesse du vent

Si **mode=Th-D** et si $Is_{conf_adapt}(h)=1$ (période de confort adaptatif)

$$Vent(h) = 1 \text{ m/s} \quad (184)$$

Sinon

La vitesse de vent $Vent(h)$ est issue du fichier météo

2.1.4.3 C_EIN_Détermination_des_saisons

2.1.4.3.1 Nomenclature

Les ajouts à la nomenclature existante sont détaillés dans le tableau suivant :

Entrées du composant			
Th-D	$Is_{conf_adapt}(h)$	Indicateur de période de confort adaptatif :	
		0 - hors période de confort adaptatif	-
		1 - en période de confort adaptatif	

2.1.4.3.2 Calcul de $Aut_{fr,pro}^{gr}(j)$

L'algorithme se fonde sur les critères suivants:

- Pour décréter le démarrage saisonnier des systèmes de froid, une somme glissante sur une durée de 1 à 4 semaines précédant le jour actuel j des degrés-heures en situation d'inconfort thermique chaud (voir la fiche « Indicateurs de confort »).

En mode Th-D, le démarrage saisonnier est également décrété au cours de la première journée de confort adaptatif rencontrée (s'il ne l'a pas déjà été par le critère standard).

- Pour décréter l'arrêt des systèmes de froid, une moyenne glissante sur une durée de 4 semaines précédant le jour actuel j des besoins bruts en froid du groupe.

En mode Th-D, l'arrêt saisonnier n'est décrété sur la base de ce critère que si on se trouve en dehors d'une période de confort adaptatif.

2.1.4.3.3 Assemblage des calculs

L'algorithme suivant est déclenché chaque jour j de simulation, lorsque $h_{leg} = 9h$.

Pour la première semaine de simulation, jusqu'au 8^{ème} jour non-inclus :

$$Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = 0 \quad (185)$$

Pour la période allant du 8^{ème} jour au 182^{ème} jour:

$$\text{Si } Aut_{fr,pro}^{gr}(j-1) = 0,$$

$$\text{Si } MG_{dh_fr}^{gr}(j) \geq Seuil_{debut_fr} \times MAX(0.5; \frac{Nb_{h_occ_somme_fr}(j)}{4 \times Nb_{h_occ_ref}})$$

$$\text{ou (en mode Th-D :)} Is_{confort_adaptatif}(h) \geq 0, \text{ alors,} \quad (186)$$

$$Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = 1$$

Sinon,

$$Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = 0$$

Sinon,

$$Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = Aut_{fr,pro}^{gr}(j-1)$$

Pour la période allant du 183^{ème} au 245^{ème} jour :

$$Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = 1 \quad (187)$$

Pour la période allant du 246^{ème} jour à la fin de la simulation :

$$\text{Si } Aut_{fr,pro}^{gr}(j-1) = 1,$$

$$\text{Si } MG_{bfr}^{gr}(j) \leq Seuil_{fin_fr} \text{ et (en mode Th-D :)} Is_{confort_adaptatif}(h) = 0, \text{ alors,}$$

$$Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = 0 \quad (188)$$

Sinon,

$$Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = 1$$

Sinon,

$$Aut_{fr,pro}^{gr}(j) = Aut_{fr,pro}^{gr}(j-1)$$

2.1.4.4 C_BAT_Baie_vitrée

2.1.4.4.1 Nomenclature

Les ajouts à la nomenclature existante sont détaillés dans le tableau suivant :

Entrées du composant			
Th-D	$IS_{conf_adapt}(j)$	Indicateur de période de confort d'adaptatif 1 : en période de confort adaptatif 0 : hors période de confort adaptatif	Ent
Variables internes			
	$f_{ce,b}(h)$	Coefficient d'interpolation entre les facteurs de transmission solaire en conditions c et conditions e : 0 : facteur de transmission solaire en conditions c, 1 : facteur de transmission solaire en conditions e.	Réel

2.1.4.4.2 Calcul des flux de chaleur transmis au groupe par la baie vitrée b

On introduit le coefficient d'interpolation entre les conditions « c » et « e », $f_{ce,n}(h)$, variable au cours du temps :

En calculs Th-D:

$$f_{ce,b}(h) = 1 - i_{s_{confort_adaptatif}}(j) \quad (189)$$

Les facteurs de transmission solaires utilisés dans le calcul sont les suivants :

➤ Baie sans protection en place :

Pour un pas de temps donné h, les facteurs de transmission solaire de la paroi vitrée sans protection en place sont les suivants :

$$\begin{aligned} Sw1_{sp,b} &= f_{ce,b}(h).Sw1_{sp-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)].Sw1_{sp-e,b} \\ Sw2_{sp,b} &= f_{ce,b}(h).Sw2_{sp-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)].Sw2_{sp-e,b} \\ Sw3_{sp,b} &= f_{ce,b}(h).Sw3_{sp-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)].Sw3_{sp-e,b} \end{aligned} \quad (190)$$

➤ Baie avec protection de type volet ou store enroulable en place :

Pour un pas de temps donné h, les facteurs de transmission solaire de la paroi vitrée sans protection en place sont les suivants :

$$\begin{aligned} Sw1_{ap,b} &= f_{ce,b}(h).Sw1_{ap-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)].Sw1_{ap-e,b} \\ Sw2_{ap,b} &= f_{ce,b}(h).Sw2_{ap-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)].Sw2_{ap-e,b} \\ Sw3_{ap,b} &= f_{ce,b}(h).Sw3_{ap-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)].Sw3_{ap-e,b} \end{aligned} \quad (191)$$

➤ **Baie avec protection à lames inclinées en place :**

Pour un pas de temps donné h , les facteurs de transmission solaire de la paroi vitrée sans protection en place sont les suivants :

$$\begin{aligned}
 Sw1_{ap-dir,b} &= f_{ce,b}(h) \cdot Sw1_{ap,dir-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)] \cdot Sw1_{ap,dir-e,b} \\
 Sw1_{ap-dif,b} &= f_{ce,b}(h) \cdot Sw1_{ap,dif-c,b}(h) + [1 - f_{ce,b}(h)] \cdot Sw1_{ap,dif-e,b} \\
 Sw1_{ap-ref,b} &= f_{ce,b}(h) \cdot Sw1_{ap,ref-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)] \cdot Sw1_{ap,ref-e,b} \\
 \\
 Sw2_{ap-dir,b} &= f_{ce,b}(h) \cdot Sw2_{ap,dir-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)] \cdot Sw2_{ap,dir-e,b} \\
 Sw2_{ap-dif,b} &= f_{ce,b}(h) \cdot Sw2_{ap,dif-c,b}(h) + [1 - f_{ce,b}(h)] \cdot Sw2_{ap,dif-e,b} \\
 Sw2_{ap-ref,b} &= f_{ce,b}(h) \cdot Sw2_{ap,ref-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)] \cdot Sw2_{ap,ref-e,b} \\
 \\
 Sw3_{ap-dir,b} &= f_{ce,b}(h) \cdot Sw3_{ap,dir-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)] \cdot Sw3_{ap,dir-e,b} \\
 Sw3_{ap-dif,b} &= f_{ce,b}(h) \cdot Sw3_{ap,dif-c,b}(h) + [1 - f_{ce,b}(h)] \cdot Sw3_{ap,dif-e,b} \\
 Sw3_{ap-ref,b} &= f_{ce,b}(h) \cdot Sw3_{ap,ref-c,b} + [1 - f_{ce,b}(h)] \cdot Sw3_{ap,ref-e,b}
 \end{aligned} \tag{192}$$

2.1.4.5 C_BAT_Paroi_opaque

2.1.4.5.1 Nomenclature

Les ajouts à la nomenclature existante sont détaillés dans le tableau suivant :

Entrées du composant		
Th-D	$iS_{confort_adaptatif}(j)$	Indicateur de période de confort d'adaptatif 1 : en période de confort adaptatif 0 : hors période de confort adaptatif
		Ent
Variables internes		
	$f_{ce,k}(h)$	Coefficient d'interpolation entre les facteurs de transmission solaire en conditions c et conditions e : 0 : facteur de transmission solaire en conditions c, 1 : facteur de transmission solaire en conditions e.
		Réel

2.1.4.5.2 Calcul du flux solaire transmis au groupe

On introduit le coefficient d'interpolation entre les conditions « c » et « e », $f_{ce,k}(h)$, variable au cours du temps :

En calculs Th-D:

$$f_{ce,k}(h) = 1 - iS_{confort_adaptatif}(j) \tag{193}$$

En modes Th-B, Th-C et Th-D, dans le cas général, le facteur de transmission solaire utilisé dans le calcul devient lui aussi variable à chaque pas de temps de simulation h . Il est calculé de la manière suivante :

$$S_{f,k}(h) = f_{ce,k}(h) \cdot S_{f-c,k} + [1 - f_{ce,k}(h)] \cdot S_{f-e,k} \quad (194)$$

En modes Th-B, Th-C et Th-D, dans le cas particulier où la paroi est végétalisée ($Type_{végétal} = \ll 1 : \text{végétalisée} \gg$) et que le jour j n'est pas inclus dans la période de repos végétatif ($h > T_{simul_deb_veg}$ ET $h < T_{simul_fin_veg}$) :

$$S_{f,k}(h) = f_{ce,k}(h) \cdot S_{f-v,c,k} + [1 - f_{ce,k}(h)] \cdot S_{f-v,e,k} \quad (195)$$

Enfin, en mode Th-E, on prend en compte systématiquement l'effet de la végétation :

$$S_{f,k}(h) = f_{ce,k}(h) \cdot S_{f-v,c,k} + [1 - f_{ce,k}(h)] \cdot S_{f-v,e,k} \quad (196)$$

2.1.4.6 C_BAT_Pont_thermique

2.1.4.6.1 § Nomenclature

Les ajouts à la nomenclature existante sont détaillés dans le tableau suivant :

Entrées du composant			
Groupe	$i_{S_{confort_adaptatif}(j)}$	Indicateur de période de confort d'adaptatif 1 : en période de confort adaptatif 0 : hors période de confort adaptatif	Ent
Variables internes			
	$f_{ce,l}(h)$	Coefficient d'interpolation entre les facteurs de transmission solaire en conditions c et conditions e : 0 : facteur de transmission solaire en conditions c, 1 : facteur de transmission solaire en conditions e.	Réel

2.1.4.6.2 Calcul des flux solaires transmis au groupe

On introduit le coefficient d'interpolation entre les conditions « c » et « e », $f_{ce,l}(h)$, variable au cours du temps :

En calculs Th-D:

$$f_{ce,l}(h) = 1 - i_{S_{confort_adaptatif}(j)} \quad (35)$$

Le facteur de transmission solaire utilisé dans le calcul devient lui aussi variable en fonction du pas de temps de simulation :

$$S_{f,l}(h) = f_{ce,l}(h) \cdot S_{f-c,l} + [1 - f_{ce,l}(h)] \cdot S_{f-e,l} \quad (3197)$$

2.1.4.7 C_BAT_Gestion_protections_mobiles

2.1.4.7.1 Nomenclature

Les ajouts à la nomenclature existante sont détaillés dans le tableau suivant :

Entrées du composant

Climat ext.	$I_{s_{conf_adapt}}(h)$	Est-on en période de confort adaptatif (en mode Th-D) ?	°C
	$I_{s_{periode_chaude}}(h)$	Est-on en période chaude ?	°C

Un chapitre entier relatif au calcul des ratios de fermeture des protections mobiles en mode Th-D est rajouté à la fiche algorithme.

2.1.4.7.2 Calcul des ratios de fermeture des PM dans Th-D

Ce paragraphe concerne le mode de calcul Th-D (*mode=4* ou *5*).

Hypothèses : Il s'agit ici de reprendre le mode de calcul des règles Th-BCE (matrices, etc...) en adaptant les ratios de fermeture à l'évaluation du confort d'été, comme cela a pu être fait dans les règles Th-E. Les différences entre modes de gestion sont conservées, mais une attention particulière est portée de sorte de favoriser la surventilation nocturne sans négliger les critères de sécurité, réduire les apports solaires en inoccupation, permettre aux occupants de moins fermer leurs protections mobiles pour profiter de la lumière du jour si la température intérieure n'est pas trop élevée.

Ceci se traduit par l'ajout d'une ligne « été Th-D » aux matrices Th-BC, le mode Th-BCE n'est pas impacté par ces modifications.

Dès lors, **en mode Th-D** :

- si $Topj-1_{max} < 26.5^{\circ}\text{C}$, on conserve les mêmes valeurs que Th-BC.
- si $Topj-1_{max} \geq 26.5^{\circ}\text{C}$, on vient lire les nouvelles valeurs (seuls les Rprot0 sont modifiés). Les seuils d'éclairement sont conservés. Il n'y a pas de PM2 (impact sur éblouissement et non confort thermique).

Les nouveaux ratios de Rprot0 de la gestion des protections mobiles en mode Th-D sont détaillés dans le tableau suivant.

		Résidentiel	Bureaux	Enseignement	Restauration	Hôpitaux nuit	Autres
Volets	Rprot1_manu _occ0_v	Si Type_GPM=3 : =max(80% ; valeur Th-BCE)	Si Type_GPM=3 : =max(80% ; valeur Th-BCE)	Si Type_GPM=3 : =max(80% ; valeur Th-BCE)	Si Type_GPM=3 : =max(70% ; valeur Th-BCE)	Si Type_GPM=3 : =max(80% ; valeur Th-BCE)	70%
		Si Type_GPM#3:	Si Type_GPM#3:	Si Type_GPM#3:	Si Type_GPM#3:	Si Type_GPM#3:	

		=max(70% ; valeur Th-BCE)	=max(70% ; valeur Th-BCE)	=max(70% ; valeur Th-BCE)	=max(60% ; valeur Th-BCE)	=max(70% ; valeur Th-BCE)	
	Rprot1_manu _inocc_v	Si Type_GPM=3 : =max(80% ; valeur Th-BCE) Si Type_GPM≠3: =max(70% ; valeur Th-BCE)	Si Type_GPM=3 : =max(80% ; valeur Th-BCE) Si Type_GPM≠3: =max(70% ; valeur Th-BCE)	Si Type_GPM=3 : =max(80% ; valeur Th-BCE) Si Type_GPM≠3: =max(70% ; valeur Th-BCE)	Si Type_GPM=3 : =max(70% ; valeur Th-BCE) Si Type_GPM≠3: =max(60% ; valeur Th-BCE)	Si Type_GPM=3 : =max(80% ; valeur Th-BCE) Si Type_GPM≠3: =max(70% ; valeur Th-BCE)	60%
	Rprot1_manu _occ0_v(jour= nuit)	=min(70% ; valeur Th-BCE)	=min(50% ; valeur Th-BCE)	=min(50% ; valeur Th-BCE)	=min(70% ; valeur Th-BCE)	=min(50% ; valeur Th-BCE)	70%
	Rprot1_manu _inocc_v(jour= nuit)						
Stores enroulables	Rprot1_manu _occ0_se	Idem que volets	Idem que volets	Idem que volets	Idem que volets	Idem que volets	Idem que volets
	Rprot1_manu _inocc_se	Idem que volets	Idem que volets	Idem que volets	Idem que volets	Idem que volets	Idem que volets
	Rprot1_manu _occ0_se(jour= nuit)	50%	50%	50%	=min(70% ; valeur Th-BCE)	=min(50% ; valeur Th-BCE)	Idem que volets
	Rprot1_manu _inocc_se(jour= nuit)						
Stores à lancée	Rprot1_manu_ occ_sv (Etp**≥ Eclim_manu _sv)	90%	90%	90%	90%	90%	90%
	Rprot1_manu_ inocc_sv (Etp**≥ Eclim_manu _sv)	70%	70%	70%	70%	70%	70%

Tableau 26 : ratio Rprot0 de la GPM en mode Th-D

Si $Is_{conf_adapt}=0$ (hors période de confort adaptatif)

(37)

Mêmes valeurs que dans le mode Th-BC.

Si $Is_{conf_adapt}=1$ (en période de confort adaptatif)

Si Type-PM=1 (volets)

Si $Topj-1_{max} < Topj-1lim_manu_v[z]$

Mêmes valeurs que dans le mode Th-BC.

(38)

Si $Topj-1_{max} \geq Topj-1lim_manu_v[z]$

(voir coeff. Tableau 26 : ratio Rprot0 de la GPM en mode Th-D

)

Rprot2,b=0

Si Type-PM=2 (stores enroulables)

Si $Topj-1_{max} < Topj-1lim_manu_se[z]$

(39)

Mêmes valeurs que dans le mode Th-BC.

Si $Topj-1_{max} \geq Topj-1lim_manu_se[z]$

(voir coeff. Tableau 26 : ratio Rprot0 de la GPM en mode Th-D

)

Rprot2,b=0

Si Type-PM=3 (stores à lames orientables)

(voir coeff. Tableau 26 : ratio Rprot0 de la GPM en mode Th-D

(40)

)

Rappel : dans les règles Th-D et en période de confort adaptatif ($ls_{conf_adapt}(h)=1$), les lames du store vénitien sont conventionnellement inclinées à 90°.

2.1.4.8 C_BAT_Gestion de l'ouverture des baies pour la surventilation naturelle

2.1.4.8.1 Nomenclature

Les ajouts à la nomenclature existante sont détaillés dans le tableau suivant :

Entrées du composant			
Confort	$\Delta\theta_{conf_adapt}(h)$	Ecart entre la température d'inconfort chaud et la température de consigne de refroidissement en occupation (lié à la notion de confort adaptatif)	°C

2.1.4.8.2 Calcul de $Rouv\theta_{op_man}$ et $Rouv\theta_{op_aut}$

2.1.4.8.2.1 Détermination des températures de consigne

En mode Th-D, pour une gestion manuelle, les températures de consigne de la gestion manuelle des ouvertures de baies sont déterminées en ajoutant une correction relative à la prise en compte du confort adaptatif :

$$\theta_{ouv_1_man}(h) = MIN(\theta_{op_base_man} + \Delta\theta_{op_1_man}; \theta_{iifr_+} - \Delta\theta_{op_2_man}) + \Delta\theta_{conf_adapt}(h), \quad (1981)$$

$$\theta_{ouv_2_man}(h) = MIN(\theta_{op_base_man} + \Delta\theta_{op_1_man} + \Delta\theta_{op_2_man}; \theta_{iifr_+}) + \Delta\theta_{conf_adapt}(h)$$

$$\theta_{fer_1_man}(h) = MIN(\theta_{op_base_man} + \Delta\theta_{op_2_man}; \theta_{ouv_2_man}) + \Delta\theta_{conf_adapt}(h),$$

$$\theta_{fer_2_man}(h) = MIN(\theta_{op_base_man}; \theta_{ouv_1_man}) + \Delta\theta_{conf_adapt}(h)$$

2.1.4.9 C_BAT_Débits de surventilation naturelle par ouverture des baies

2.1.4.9.1 Nomenclature

Les ajouts à la nomenclature existante sont détaillés dans le tableau suivant :

Entrées du composant

$A_{ouvmax_ac_PM,b}(h)$	Surface d'ouverture maximale de la baie b avec protection mobile mise en place	m^2
---------------------------	--	-------

Variables internes

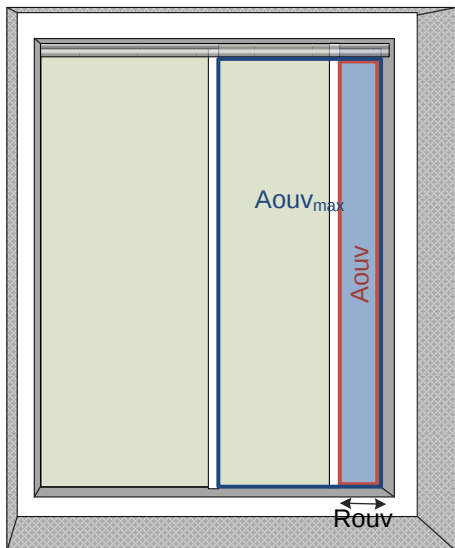
$R_{ouv_corrige}^b(h)$	Ratio surfacique d'ouverture de la baie d'indice b , au temps h en prenant en compte la limitation de la PM. La valeur 1 correspond à l'ouverture maximale qu'admet la baie.	Réel
-------------------------	--	------

2.1.4.9.2 Section d'ouverture totale du groupe

Dans le cas d'un calcul Th-DB ou TH-DC :

On intègre l'impact de la réduction de section d'ouverture associée à la mise en place de la protection mobile au travers d'un ratio d'ouverture corrigé. Par soucis de simplification, la hauteur de tirage thermique intervenant dans le calcul du débit d'air entrant n'est pas corrigée en fonction de la position de la protection.

Gestion/régulation de l'ouverture des baies:
 R_{ouv} sans prise en compte de la protection



Correction: R_{ouv} est recalculé pour conserver la même section d'ouverture A_{ouv} , en prenant en compte la limitation liée à la protection mobile

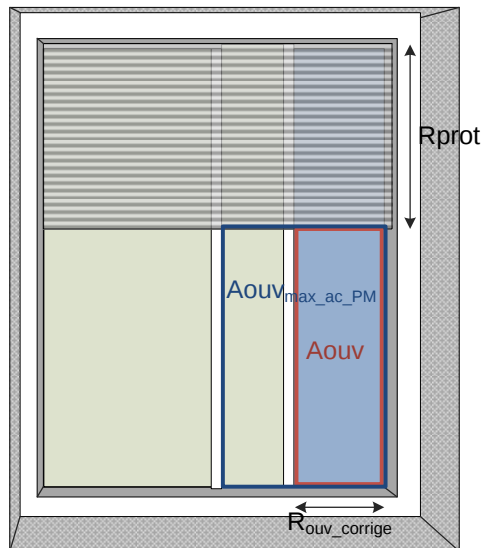


Figure 8: prise en compte de l'interaction entre l'ouverture de la baie et la mise en place d'une protection mobile

En fonction de la valeur $A_{ouvmax_ac_PM}^b$ calculée dans la fiche algorithme « C_BAT_Perméabilité des protections mobiles »

$$R_{ouv_corrige}^b(h) = MIN(1; \frac{R_{ouv}^b(h) \times A_{ouvmax}^b}{A_{ouvmax_ac_PM}^b(h)}) \quad (42)$$

Note : si $A_{ouvmax_ac_PM}^b(h)$ est nul, on retient : $R_{ouv_corrige}^b(h) = R_{ouv}^b(h)$

Pour chaque baie d'indice b:

$$A_{ouv}^b(h) = R_{ouv_corrige}^b(h) \times A_{ouvmax_ac_PM}^b(h) \quad (43)$$

La sommation est ensuite:

$$A_{ouv}(h) = \sum_b A_{ouv}^b(h) \quad (44)$$

2.2 FICHE ALGORITHME : PRISE EN COMPTE DES BRASSEURS D'AIR DANS LE CALCUL DE CONFORT D'ETE

2.2.1 INTRODUCTION

La modélisation des brasseurs d'air est réalisée en tenant compte des hypothèses suivantes :

- Un composant brasseur d'air est créé pour chaque type de brasseur d'air.
- La vitesse de l'air dans une zone couverte par des brasseurs d'un certain type est directement proportionnelle au taux de brassage dans cette zone.
- Le modèle utilisé est valable pour des hauteurs sous plafond inférieures à 3m.
- Pour des brasseurs d'un même type, on applique la même gestion/régulation ne sachant pas l'emplacement exact de l'occupant.
- La surface maximale desservie par un brasseur d'air est de 20 m².
- Le fonctionnement des brasseurs d'air n'est possible qu'en période de confort adaptatif.

La modélisation de la gestion/régulation des brasseurs d'air est réalisée selon la température ressentie par les occupants, ou perçue par la sonde du système de régulation. Le débit brassé peut être égal à trois valeurs différentes (0, $Q_{Vair_br_p_int}$ et $Q_{Vair_br_p_max}$). Le profil choisi pour le choix du débit en fonction de $\theta_{op,fin}$ est un profil à hystérésis en deux paliers basé sur 4 paramètres $\theta_{op_dec_br}$, $\Delta\theta_{op_1_br}$, $\Delta\theta_{op_2_br}$ et $\Delta\theta_{op_3_br}$ (voir Figure 9).

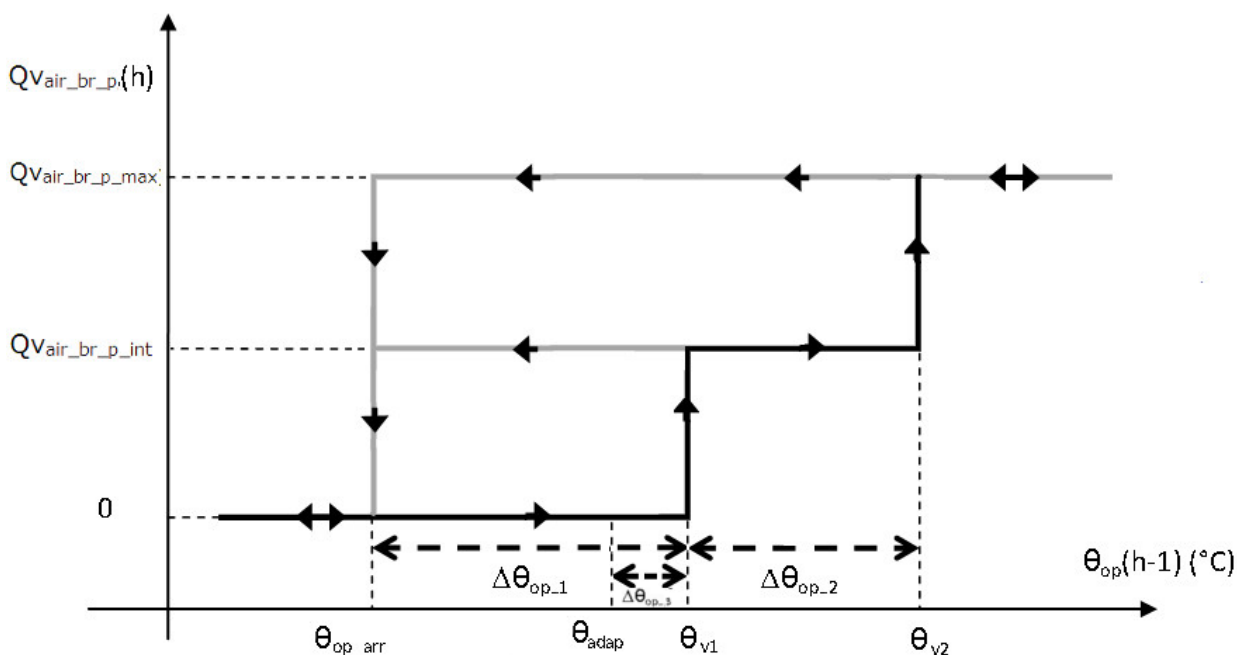


Figure 9 : Débit brassé en fonction de la température opérative intérieure au pas de temps précédent

2.2.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 1 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul. Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation.

Entrées du composant

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
Zone	$h_{\text{lég}}$	Heure légale au pas de temps h.	h			
	$IS_{\text{conf_adapt}}(h)$	Indicateur de période de confort adaptatif 0 - hors période de confort adaptatif 1 - en période de confort adaptatif	Bool			
	$\theta_i(h)$	Température de l'air intérieur du groupe considéré, au pas de temps h.	°C			
	$\theta_{\text{rm}}(h)$	Température radiante moyenne du groupe considéré, au pas de temps h.	°C			
	$\theta_{\text{iifr}}^+(h)$	Température de consigne de refroidissement en période d'occupation	°C			
	$\Delta\theta_{\text{conf_adapt}}(h)$	Ecart entre la température d'inconfort chaud et la température de consigne de refroidissement en occupation (lié à la notion de confort adaptatif)	°C			
	$SHON_{\text{RT}}$	Surface hors œuvre nette du bâtiment.	m2			
	$i_{\text{occ_zone}}(h)$	Indicateur d'occupation au temps h : vrai : zone en occupation faux : zone en inoccupation	Entier			
	$SHON_{\text{RT}}^z$	Surface hors œuvre nette au niveau de la zone.	m2			
	Vol	Volume du groupe.	m3			
Groupe	$SHON_{\text{RT}}^{\text{gr}}$	Surface hors œuvre nette au niveau du groupe.	m2			
	$\theta_{\text{op,fin}}(h-1)$	Température intérieure opérative du groupe considéré à la fin du pas de temps h-1.	°C			
	$\theta_{\text{op,fin}}(h-2)$	Température intérieure opérative du groupe considéré à la fin du pas de temps h-2.	°C			
	$\text{categorie_CE1_CE2}_{\text{gr}}$	Catégorie CE1 ou CE2 du groupe (1=CE1 / 2=CE2)	-	1	2	
	$IS_{\text{climatisé}}^{\text{gr}}$	Indicateur au niveau du groupe précisant si le groupe est climatisé ou non (0=non climatisé / 1=climatisé)	-	0	1	

Sorties du composant

	Nom	Description	Unité
	$\Delta\theta_{\text{op}}^{\text{BA}}(h)$	Impact sur la température opérative dû aux brasseurs d'air.	°C
	$C_{\text{ef_BA_m}}^{\text{gr}}$	Consommation globale mensuelle en énergie finale des brasseurs d'air d'un même groupe.	WhEF/m2
	$C_{\text{ep_BA_m}}^{\text{gr}}$	Consommation globale mensuelle en énergie primaire des brasseurs d'air d'un même groupe.	WhEP/m2

	$C_{ef_BA_m}^{zn}$	Consommation globale mensuelle en énergie finale des brasseurs d'air d'une même zone.	WhEF/m2			
	$C_{ep_BA_m}^{zn}$	Consommation globale mensuelle en énergie primaire des brasseurs d'air d'une même zone.	WhEP/m2			
	$C_{ef_BA_m}^{bat}$	Consommation globale mensuelle en énergie finale des brasseurs d'air du bâtiment.	WhEF/m2			
	$C_{ep_BA_m}^{bat}$	Consommation globale mensuelle en énergie primaire des brasseurs d'air du bâtiment.	WhEP/m2			
	$C_{ef_BA}^{gr}$	Consommation globale annuelle en énergie finale des brasseurs d'air d'un même groupe.	WhEF/m2.an			
	$C_{ep_BA}^{gr}$	Consommation globale annuelle en énergie primaire des brasseurs d'air d'un même groupe.	WhEP/m2.an			
	$C_{ef_BA}^{zn}$	Consommation globale annuelle en énergie finale des brasseurs d'air d'une même zone.	WhEF/m2.an			
	$C_{ep_BA}^{zn}$	Consommation globale annuelle en énergie primaire des brasseurs d'air d'une même zone.	WhEP/m2.an			
	$C_{ef_BA}^{bat}$	Consommation globale annuelle en énergie finale des brasseurs d'air du bâtiment.	WhEF/m2.an			
	$C_{ep_BA}^{bat}$	Consommation globale annuelle en énergie primaire des brasseurs d'air du bâtiment.	WhEP/m2.an			
Paramètres d'intégration du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	p	Type de brasseur.	Entier	0	$+\infty$	
	N_{br_p}	Nombre de brasseurs de type p.	Entier	0	$+\infty$	
	Rat_{br_p}	Ratio de surface utile couverte par les brasseurs de type p.	Réel	0	1	
	U_{sp}	Type d'usage pour les brasseurs de type p (Jour/Nuit).	Entier	0	1	
	mode_gestion_br_p	Paramètre de définition du mode de gestion des brasseurs de type p	Entier	1	3	
Gestion automatique avec thermostats	$\Delta\theta_{op_1_br_p_th_aut}$	Paramètres de base de l'hystérésis en gestion automatique avec thermostats pour les brasseurs de type p.	°C	0	$+\infty$	
	$\Delta\theta_{op_2_br_p_th_aut}$					
	$\Delta\theta_{op_3_br_p_th_aut}$					
Gestion toute automatique	$\Delta\theta_{op_1_br_p_aut}$	Paramètres de base de l'hystérésis en gestion automatique pour les brasseurs de type p.	°C	0	$+\infty$	
	$\Delta\theta_{op_2_br_p_aut}$					
	$\Delta\theta_{op_3_br_p_aut}$					

$\theta_{op_dec_br_p_aut}$	Température de déclenchement des brasseurs d'air de type p en gestion automatique.	°C	0	$+\infty$
--------------------------------	--	----	---	-----------

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$P_{elec_br_p_max}$ $P_{elec_br_p_min}$	Puissances électriques individuelle maximale et minimale d'un brasseur d'air de type p.	W	0	$+\infty$	
$QV_{air_br_p_min}$ $QV_{air_br_p_max}$	Débits volumiques individuels maximal et minimal d'un brasseur d'air de type p.	m3/h	0	$+\infty$	

Variables internes

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$C_{BA_p}(h)$	Consommation des brasseurs d'air de type p, au pas de temps h.	W			
$P_{elec_br_p}(h)$	Puissance électrique d'un brasseur de type p, au pas de temps h.	W			
$QV_{air_br_p}(h)$	Débit volumique d'un brasseur de type p, au pas de temps h.	m3/h			
$QV_{air_br_p_tot}(h)$	Débit volumique d'un brasseur de type p équivalent, au pas de temps h.	m3/h			
$\tau_{br_p}(h)$	Taux de brassage rapporté au brasseur de type p équivalent, au pas de temps h.	vol/h			
$v_{br_p}(h)$	Vitesse moyenne dans la zone couverte par l'ensemble des brasseurs d'air de type p, au pas de temps h.	m/s			
$\Delta\theta_{op}^{BA_p}(h)$	Impact sur la température opérative dû aux brasseurs d'air de type p, au pas de temps h.	°C			

Gestion manuelle	$\Delta\theta_{op}^{BA_jour} (h)$	Impact sur la température opérative dû aux brasseurs d'air en usage jour, au pas de temps h.	°C			
	$\Delta\theta_{op}^{BA_nuit} (h)$	Impact sur la température opérative dû aux brasseurs d'air en usage nuit, au pas de temps h.	°C			
	$\Delta\theta_{op_1_br_man}$ $\Delta\theta_{op_2_br_man}$ $\Delta\theta_{op_3_br_man}$	Paramètres de base de l'hystérésis en gestion manuelle.	°C	0	$+\infty$	Voir le tableau 2
	$\theta_{op_dec_br_man}$	Température de déclenchement des brasseurs d'air en gestion manuelle.	°C	0	$+\infty$	
	$\theta_{op_dec_br_p_th_aut}$	Température de déclenchement des brasseurs d'air de type p en gestion automatique avec thermostats.	°C	0	$+\infty$	
	$\theta_{v1_man},$ $\theta_{v2_man},$ θ_{arr_man}	Températures de consigne de l'hystérésis de gestion en manuel.	°C	0	$+\infty$	-
	$\theta_{v1_aut},$ $\theta_{v2_aut},$ θ_{arr_aut}	Températures de consigne de l'hystérésis de gestion en manuel.	°C	0	$+\infty$	-
Constantes						
Nom	Description	Unité				
$\{Coef_{ep}(énergie;1)\}$	Matrice des coefficients d'énergie primaire associés aux différents types d'énergie.	Réel	-			

Tableau 27 : Nomenclature du modèle

2.2.3 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

2.2.3.1 Paramètres d'intégration et intrinsèques

2.2.3.1.1 Définition d'un type p de brasseur d'air

Les brasseurs d'air de type p sont définis par plusieurs paramètres qui sont les suivants : leur puissance électrique individuelle maximale $P_{elec_br_p_max}$, leur puissance électrique individuelle minimale $P_{elec_br_p_min}$, leur puissance électrique individuelle intermédiaire $P_{elec_br_p_int} = (P_{elec_br_p_min} + P_{elec_br_p_max})/2$, leur débit volumique horaire individuel maximal $Qv_{air_br_p_max}$, leur débit volumique horaire individuel minimal $Qv_{air_br_p_min}$, leur débit volumique horaire individuel intermédiaire $Qv_{air_br_p_int} = (Qv_{air_br_p_min} + Qv_{air_br_p_max})/2$, leur nombre N_{br_p} , le pourcentage de la surface utile du groupe qu'ils desservent Rat_{br_p} avec une limite de 20 m² par brasseur de type p, leur type d'usage (Jour/Nuit) Us_p et leur mode de gestion $mode_gestion_br_p$.

2.2.3.1.2 Principe de calcul du $\Delta\theta_{op}^{BA-p}$ engendré par un ensemble de brasseurs d'air de type p à chaque pas de temps h

Le $\Delta\theta_{op}^{BA-p}$ engendré par le fonctionnement d'un ensemble de brasseurs d'air de type p est calculé grâce aux différents paramètres définis dans le paragraphe 1.1.3.1.1 suivant l'algorithme $Calcul_Delta\theta_{op}^{BA-p}(p, Qv_{air_br_p})$.

Algorithme $Calcul_Delta\theta_{op}^{BA-p}(p, Qv_{air_br_p})$:

D'un ensemble de brasseurs de type p, on se ramène à un brasseur de type p équivalent dont le débit volumique horaire serait :

$$Qv_{air_br_p_tot}(h) = Qv_{air_br_p}(h) \cdot N_{br_p} \quad (199)$$

On définit ensuite le taux de brassage τ_{br_p} rapporté au brasseur de type p équivalent :

$$\tau_{br_p}(h) = \frac{Qv_{air_br_p_tot}(h)}{Vol \cdot Rat_{br_p}} \quad (200)$$

La vitesse moyenne v_{br_p} dans la zone couverte par l'ensemble des brasseurs d'air de type p peut être approchée par la formule suivante :

$$v_{br_p}(h) = 0,0032 \cdot \tau_{br_p}(h) \quad (201)$$

On peut ensuite à partir de cette vitesse pour calculer le $\Delta\theta_{op}^{BA-p}$ qui est engendré par le fonctionnement d'un ensemble de brasseurs d'air de type p au débit $Qv_{air_br_p_max}$ ou $Qv_{air_br_p_int}$ qui est actualisé à chaque pas de temps selon la valeur de la température opérative, des paramètres de gestion et de l'usage (Jour/Nuit). Le $\Delta\theta_{op}^{BA-p}$ dépend donc de la vitesse moyenne v_{br_p} dans la zone couverte par l'ensemble des brasseurs d'air de type p mais aussi de la température radiante moyenne θ_{rm} , de la température de l'air intérieure θ_i dans le groupe et se calcule grâce à la formule empirique suivante :

$$\Delta\theta_{op}^{BA-p}(h) = (1,8322 \cdot e^{0,0368(\theta_{rm}(h)-\theta_i(h))}) \cdot \ln(v_{br-p}(h)) + (3,0498 \cdot e^{0,0368(\theta_{rm}(h)-\theta_i(h))}) \quad (202)$$

2.2.3.1.3 Définition de l'usage (Jour/Nuit)

L'usage est défini au niveau de chaque type p de brasseurs d'air. La variable Us_p peut prendre les valeurs suivantes:

- **0** : défini l'usage nuit pour les brasseurs de type p,
- **1** : défini l'usage jour pour les brasseurs de type p.

2.2.3.1.4 Définition du mode de gestion

Les modes de gestion de la vitesse sont définis au niveau de chaque type p de brasseurs d'air. La variable $mode_gestion_br_p$ peut prendre les valeurs suivantes:

- **1** : gestion manuelle de la vitesse (par les occupants).
- **2** : gestion automatique de la vitesse avec thermostats.
- **3** : gestion toute automatique de la vitesse.

2.2.3.1.4.1 Paramètres en gestion manuelle

Les températures de consigne permettant la modélisation des actions des occupants vis-à-vis de la régulation de la vitesse des brasseurs d'air sont intégralement conventionnelles.

Les valeurs permettant la définition des températures de consigne sont définies conventionnellement dans le tableau 2. Elles sont les mêmes pour tous les usages.

Paramètres	Valeurs conventionnelles en usage jour	Valeurs conventionnelles en usage nuit
$\Delta\theta_{op_1_br_man}$	3°C	3°C
$\Delta\theta_{op_2_br_man}$	2°C	2°C
$\Delta\theta_{op_3_br_man}$	1°C	

Tableau 28: Paramètres conventionnels de consigne en gestion manuelle

La valeur de $\theta_{op_dec_br_man}$ est modifiée à chaque pas de temps :

$$\theta_{op_dec_br_man}(h) = \theta_{iifr}^+(h) + \Delta\theta_{conf_adapt}(h) + \Delta\theta_{op_3_br_man}$$

2.2.3.1.4.2 Paramètres en gestion automatique avec thermostats

Les paramètres de consigne en gestion automatique sont définis au niveau de chaque type p de brasseurs d'air.

Ces valeurs dépendent des paramètres de régulation utilisés dans le système automatique. L'utilisateur doit utiliser ses propres valeurs de consigne $\Delta\theta_{op_1_br_p_th_aut}$, $\Delta\theta_{op_2_br_p_th_aut}$ et $\Delta\theta_{op_3_br_p_th_aut}$.

La valeur de $\theta_{op_dec_br_p_th_aut}$ est modifiée à chaque pas de temps :

$$\theta_{op_dec_br_th_aut}(h) = \theta_{iif}^+(h) + \Delta\theta_{conf_adapt}(h) + \Delta\theta_{op_3_br_th_aut}$$

2.2.3.1.4.3 Paramètres en gestion toute automatique

Les paramètres de consigne en gestion automatique sont définis au niveau de chaque type p de brasseurs d'air.

Ces valeurs dépendent des paramètres de régulation utilisés dans le système automatique. L'utilisateur doit utiliser ses propres valeurs de consigne $\Delta\theta_{op_1_br_p_aut}$, $\Delta\theta_{op_2_br_p_aut}$, $\Delta\theta_{op_3_br_p_aut}$ (0 par défaut) et $\Delta\theta_{op_dec_br_p_aut}$.

2.2.3.2 Détermination de la vitesse d'un type p de brasseur d'air

2.2.3.2.1 Détermination des températures de consigne

Les trois températures θ_{V1} , θ_{V2} et θ_{arr} ne sont pas explicitement données en tant que variables d'intégration. Il est nécessaire de les calculer en fonction des données d'intégration : $\Delta\theta_{op_1_br}$, $\Delta\theta_{op_2_br}$ et $\theta_{op_dec_br}$.

Pour une gestion manuelle pour l'ensemble des brasseurs d'air:

$$\begin{aligned}\theta_{V1_man}(h) &= \theta_{op_dec_br_man}(h), \\ \theta_{V2_man}(h) &= \theta_{op_dec_br_man}(h) + \Delta\theta_{op_2_br_man}, \\ \theta_{arr_man}(h) &= \theta_{op_dec_br_man}(h) - \Delta\theta_{op_1_br_man}\end{aligned}\tag{203}$$

Pour une gestion automatique pour chaque type p de brasseur d'air :

$$\begin{aligned}\theta_{V1_th_aut}(h) &= \theta_{op_dec_br_p_th_aut}(h), \\ \theta_{V2_th_aut}(h) &= \theta_{op_dec_br_p_th_aut}(h) + \Delta\theta_{op_2_br_p_th_aut}, \\ \theta_{arr_th_aut}(h) &= \theta_{op_dec_br_p_th_aut}(h) - \Delta\theta_{op_1_br_p_th_aut}\end{aligned}\tag{204}$$

Pour une gestion automatique pour chaque type p de brasseur d'air :

$$\begin{aligned}\theta_{V1_aut} &= \theta_{op_dec_br_p_aut} + \Delta\theta_{op_3_br_p_aut}, \\ \theta_{V2_aut} &= \theta_{op_dec_br_p_aut} + \Delta\theta_{op_3_br_p_aut} + \Delta\theta_{op_2_br_p_aut}, \\ \theta_{arr_aut} &= \theta_{op_dec_br_p_aut} + \Delta\theta_{op_3_br_p_aut} - \Delta\theta_{op_1_br_p_aut}\end{aligned}\tag{205}$$

2.2.3.2.2 Autorisation de fonctionnement des brasseurs d'air

On autorise le calcul de la gestion/régulation des brasseurs en période de confort adaptatif. Les algorithmes suivants ne sont exécutés que lorsque $ls_{conf_adapt}(h) = 1$.

Plus généralement, les brasseurs d'air ne peuvent être utilisés que dans des groupes CE1 non-climatisés avec $catégorie_CE1_CE2^{gr} = 1$ et $ls_{climatisé}^{gr} = 0$. Le calcul de la consommation annuelle des brasseurs d'air doit donc a fortiori être réalisé dans le mode Th-DC du mode Th-D.

2.2.3.2.3 Process de calcul des débits à utiliser pour le calcul du $\Delta\theta_{op}^{BA-p}(h)$ des brasseurs d'air de type p

2.2.3.2.3.1 En gestion manuelle

L'algorithme est la traduction du diagramme à hystérésis de la Figure 9, complété des spécificités du mode de gestion manuel :

$$\begin{aligned}
 & \text{Si } Us_p = 0 \\
 & \quad \text{Si } 6 < h_{lég} \leq 22 \\
 & \quad \quad Qv_{air_br_p}(h) = 0 \\
 & \quad \text{Sinon, si } 22 < h_{lég} \leq 6 \\
 & \quad \quad \text{Si } i_{occ_zone}(h)=0, \text{ alors} \\
 & \quad \quad \quad Qv_{air_br_p}(h) = 0 \\
 & \quad \quad \text{Sinon, si } i_{occ_zone}(h)=1, \text{ alors} \\
 & \quad \quad \quad \text{Si } \theta_{op,fin}(h-2) \leq \theta_{op,fin}(h-1), \\
 & \quad \quad \quad \quad \text{Si } \theta_{op,fin}(h-1) \leq \theta_{v1_man}, \\
 & \quad \quad \quad \quad Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p}(h-1) \\
 & \quad \quad \quad \quad \text{Sinon, si } \theta_{v1_man} < \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v2_man} \\
 & \quad \quad \quad \quad Qv_{air_br_p}(h) = MAX(Qv_{air_br_p_nit}; Qv_{air_br_p}(h-1)) \\
 & \quad \quad \quad \quad \text{Sinon, si } \theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{v2_man} \tag{206} \\
 & \quad \quad \quad \quad Qv_{air_br_p}(h) = MAX(Qv_{air_br_p_max}; Qv_{air_br_p}(h-1)) \\
 & \quad \quad \quad \quad \text{Sinon, si } \theta_{op,fin}(h-2) \geq \theta_{op,fin}(h-1), \\
 & \quad \quad \quad \quad \text{Si } \theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{v2_man}, \\
 & \quad \quad \quad \quad Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p_max} \\
 & \quad \quad \quad \quad \text{Sinon, si } \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v2_man} \\
 & \quad \quad \quad \quad \text{Si } Qv_{air_br_p}(h-1) = Qv_{air_br_p_max} \\
 & \quad \quad \quad \quad \quad Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p_max} \\
 & \quad \quad \quad \quad \text{Sinon, si } Qv_{air_br_p}(h-1) = Qv_{air_br_p_nit} \\
 & \quad \quad \quad \quad \quad Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p_nit} \\
 & \quad \quad \quad \quad \Delta\theta_{op}^{BA-p}(h) = Calcul_ \Delta\theta_{op}^{BA-p}(p, Qv_{air_br_p}(h))
 \end{aligned}$$

Sinon, si $US_p = 1$

Si $22 < h_{lég} \leq 6$

$$Qv_{air_br_p}(h) = 0$$

Sinon, si $6 < h_{lég} \leq 22$

Si $i_{occ_zone}(h)=0$, alors

$$Qv_{air_br_p}(h) = 0$$

Sinon, si $i_{occ_zone}(h)=1$, alors

Si $\theta_{op,fin}(h-2) \leq \theta_{op,fin}(h-1)$,

Si $\theta_{op,fin}(h-1) \leq \theta_{v1_man}$,

$$Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p}(h-1)$$

Sinon, si $\theta_{v1_man} < \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v2_man}$

$$Qv_{air_br_p}(h) = MAX(Qv_{air_br_p_rit}; Qv_{air_br_p}(h-1))$$

Sinon, si $\theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{v2_man}$

$$Qv_{air_br_p}(h) = MAX(Qv_{air_br_p_max}; Qv_{air_br_p}(h-1))$$

(207)

Sinon, si $\theta_{op,fin}(h-2) \geq \theta_{op,fin}(h-1)$,

Si $\theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{v2_man}$,

$$Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p_max}$$

Sinon, si $\theta_{arr_man} < \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v2_man}$

$$Si \ Qv_{air_br_p}(h-1) = Qv_{air_br_p_max}$$

$$Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p_max}$$

$$Sinon, si \ Qv_{air_br_p}(h-1) = Qv_{air_br_p_rit}$$

$$Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p_rit}$$

Sinon, si $\theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{arr_man}$

$$Qv_{air_br_p}(h) = 0$$

$$\Delta\theta_{op}^{BA-p}(h) = Calcul_ \Delta\theta_{op}^{BA-p}(p, Qv_{air_br_p}(h))$$

2.2.3.2.3.2 En gestion automatique avec thermostats

L'algorithme est la traduction du diagramme à hystérésis de la Figure 9, complété des spécificités du mode de gestion automatique :

$$\begin{aligned}
 & \text{Si } U_{S_p} = 0 \\
 & \quad \text{Si } 22 < h_{lég} \leq 6 \\
 & \quad \quad Q_{v_{air_br_p}}(h) = 0 \\
 & \quad \text{Sinon, si } 6 < h_{lég} \leq 22 \\
 & \quad \quad \text{Si } i_{occ_zone}(h)=0, \text{ alors} \\
 & \quad \quad \quad Q_{v_{air_br_p}}(h) = 0 \\
 & \quad \quad \text{Sinon, si } i_{occ_zone}(h)=1, \text{ alors} \\
 & \quad \quad \quad \text{Si } \theta_{op,fin}(h-2) \leq \theta_{op,fin}(h-1), \\
 & \quad \quad \quad \quad \text{Si } \theta_{op,fin}(h-1) \leq \theta_{v1_th_aut}, \\
 & \quad \quad \quad \quad Q_{v_{air_br_p}}(h) = Q_{v_{air_br_p}}(h-1) \\
 & \quad \quad \quad \quad \text{Sinon, si } \theta_{v1_th_aut} < \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v2_th_aut} \\
 & \quad \quad \quad \quad Q_{v_{air_br_p}}(h) = MAX(Q_{v_{air_br_p_rit}}; Q_{v_{air_br_p}}(h-1)) \\
 & \quad \quad \quad \quad \text{Sinon, si } \theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{v2_th_aut} \\
 & \quad \quad \quad \quad Q_{v_{air_br_p}}(h) = MAX(Q_{v_{air_br_p_max}}; Q_{v_{air_br_p}}(h-1)) \quad (208) \\
 & \quad \quad \quad \quad \text{Sinon, si } \theta_{op,fin}(h-2) \geq \theta_{op,fin}(h-1), \\
 & \quad \quad \quad \quad \text{Si } \theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{v2_th_aut}, \\
 & \quad \quad \quad \quad Q_{v_{air_br_p}}(h) = Q_{v_{air_br_p_max}} \\
 & \quad \quad \quad \quad \text{Sinon, si } \theta_{arr_th_aut} < \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v2_th_aut} \\
 & \quad \quad \quad \quad \text{Si } Q_{v_{air_br_p}}(h-1) = Q_{v_{air_br_p_max}} \\
 & \quad \quad \quad \quad \quad Q_{v_{air_br_p}}(h) = Q_{v_{air_br_p_max}} \\
 & \quad \quad \quad \quad \text{Sinon, si } Q_{v_{air_br_p}}(h-1) = Q_{v_{air_br_p_rit}} \\
 & \quad \quad \quad \quad \quad Q_{v_{air_br_p}}(h) = Q_{v_{air_br_p_rit}} \\
 & \quad \quad \quad \quad \text{Sinon, si } \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{arr_th_aut} \\
 & \quad \quad \quad \quad \quad Q_{v_{air_br_p}}(h) = 0 \\
 & \Delta \theta_{op}^{BA-p}(h) = Calcul_ \Delta \theta_{op}^{BA-p}(p, Q_{v_{air_br_p}}(h))
 \end{aligned}$$

Si $Us_p = 1$

Si $6 < h_{lég} \leq 22$

$$Qv_{air_br_p}(h) = 0$$

Sinon, si $22 < h_{lég} \leq 6$

Si $i_{occ_zone}(h)=0$, alors

$$Qv_{air_br_p}(h) = 0$$

Sinon, si $i_{occ_zone}(h)=1$, alors

Si $\theta_{op,fin}(h-2) \leq \theta_{op,fin}(h-1)$,

Si $\theta_{op,fin}(h-1) \leq \theta_{v1_th_aut}$,

$$Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p}(h-1)$$

Sinon, si $\theta_{v1_th_aut} < \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v2_th_aut}$

$$Qv_{air_br_p}(h) = MAX(Qv_{air_br_p_rit}; Qv_{air_br_p}(h-1))$$

Sinon, si $\theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{v2_th_aut}$

$$Qv_{air_br_p}(h) = MAX(Qv_{air_br_p_max}; Qv_{air_br_p}(h-1)) \quad (209)$$

Sinon, si $\theta_{op,fin}(h-2) \geq \theta_{op,fin}(h-1)$,

Si $\theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{v2_th_aut}$,

$$Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p_max}$$

Sinon, si $\theta_{arr_th_aut} < \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{v2_th_aut}$

$$Si \quad Qv_{air_br_p}(h-1) = Qv_{air_br_p_max}$$

$$Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p_max}$$

$$Sinon, si \quad Qv_{air_br_p}(h-1) = Qv_{air_br_p_rit}$$

$$Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p_rit}$$

Sinon, si $\theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{arr_th_aut}$

$$Qv_{air_br_p}(h) = 0$$

$$\Delta\theta_{op}^{BA-p}(h) = Calcul_ \Delta\theta_{op}^{BA-p}(p, Qv_{air_br_p}(h))$$

2.2.3.2.3.3 En gestion toute automatique

L'algorithme est la traduction du diagramme à hystérésis de la Figure 9, complété des spécificités du mode de gestion automatique :

$$\begin{aligned}
 & \text{Si } US_p = 0 \\
 & \quad \text{Si } 22 < h_{\text{leg}} \leq 6 \\
 & \quad \quad Qv_{\text{air_br_p}}(h) = 0 \\
 & \quad \text{Sinon, si } 6 < h_{\text{leg}} \leq 22 \\
 & \quad \quad \text{Si } i_{\text{occ_zone}}(h)=0, \text{ alors} \\
 & \quad \quad \quad Qv_{\text{air_br_p}}(h) = 0 \\
 & \quad \quad \text{Sinon, si } i_{\text{occ_zone}}(h)=1, \text{ alors} \\
 & \quad \quad \quad \text{Si } \theta_{\text{op,fin}}(h-2) \leq \theta_{\text{op,fin}}(h-1), \\
 & \quad \quad \quad \quad \text{Si } \theta_{\text{op,fin}}(h-1) \leq \theta_{V1_aut}, \\
 & \quad \quad \quad \quad \quad Qv_{\text{air_br_p}}(h) = Qv_{\text{air_br_p}}(h-1) \\
 & \quad \quad \quad \text{Sinon, si } \theta_{V1_aut} < \theta_{\text{op,fin}}(h-1) < \theta_{V2_aut} \\
 & \quad \quad \quad \quad \quad Qv_{\text{air_br_p}}(h) = \text{MAX}(Qv_{\text{air_br_p_rit}}; Qv_{\text{air_br_p}}(h-1)) \\
 & \quad \quad \quad \text{Sinon, si } \theta_{\text{op,fin}}(h-1) \geq \theta_{V2_aut} \\
 & \quad \quad \quad \quad \quad Qv_{\text{air_br_p}}(h) = \text{MAX}(Qv_{\text{air_br_p_max}}; Qv_{\text{air_br_p}}(h-1)) \quad (210) \\
 & \quad \quad \text{Sinon, si } \theta_{\text{op,fin}}(h-2) \geq \theta_{\text{op,fin}}(h-1), \\
 & \quad \quad \quad \text{Si } \theta_{\text{op,fin}}(h-1) \geq \theta_{V2_aut}, \\
 & \quad \quad \quad \quad \quad Qv_{\text{air_br_p}}(h) = Qv_{\text{air_br_p_max}} \\
 & \quad \quad \quad \text{Sinon, si } \theta_{\text{arr_aut}} < \theta_{\text{op,fin}}(h-1) < \theta_{V2_aut} \\
 & \quad \quad \quad \quad \quad \text{Si } Qv_{\text{air_br_p}}(h-1) = Qv_{\text{air_br_p_max}} \\
 & \quad \quad \quad \quad \quad \quad Qv_{\text{air_br_p}}(h) = Qv_{\text{air_br_p_max}} \\
 & \quad \quad \quad \quad \quad \text{Sinon, si } Qv_{\text{air_br_p}}(h-1) = Qv_{\text{air_br_p_rit}} \\
 & \quad \quad \quad \quad \quad \quad Qv_{\text{air_br_p}}(h) = Qv_{\text{air_br_p_rit}} \\
 & \quad \quad \quad \text{Sinon, si } \theta_{\text{op,fin}}(h-1) < \theta_{\text{arr_aut}} \\
 & \quad \quad \quad \quad \quad Qv_{\text{air_br_p}}(h) = 0 \\
 & \quad \Delta\theta_{\text{op}}^{\text{BA}-p}(h) = \text{Calcul_}\Delta\theta_{\text{op}}^{\text{BA}-p}(p, Qv_{\text{air_br_p}}(h))
 \end{aligned}$$

$$\text{Sinon, si } US_p = 1 \quad (211)$$

Si $6 < h_{lég} \leq 22$

$$Qv_{air_br_p}(h) = 0$$

Sinon, si $22 < h_{lég} \leq 6$

Si $i_{occ_zone}(h)=0$, alors

$$Qv_{air_br_p}(h) = 0$$

Sinon, si $i_{occ_zone}(h)=1$, alors

Si $\theta_{op,fin}(h-2) \leq \theta_{op,fin}(h-1)$,

Si $\theta_{op,fin}(h-1) \leq \theta_{V1_aut}$,

$$Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p}(h-1)$$

Sinon, si $\theta_{V1_aut} < \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{V2_aut}$

$$Qv_{air_br_p}(h) = \text{MAX}(Qv_{air_br_p_rit}; Qv_{air_br_p}(h-1))$$

Sinon, si $\theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{V2_aut}$

$$Qv_{air_br_p}(h) = \text{MAX}(Qv_{air_br_p_max}; Qv_{air_br_p}(h-1))$$

Sinon, si $\theta_{op,fin}(h-2) \geq \theta_{op,fin}(h-1)$,

Si $\theta_{op,fin}(h-1) \geq \theta_{V2_aut}$,

$$Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p_max}$$

Sinon, si $\theta_{arr_aut} < \theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{V2_aut}$

$$\text{Si } Qv_{air_br_p}(h-1) = Qv_{air_br_p_max}$$

$$Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p_max}$$

$$\text{Sinon, si } Qv_{air_br_p}(h-1) = Qv_{air_br_p_rit}$$

$$Qv_{air_br_p}(h) = Qv_{air_br_p_rit}$$

Sinon, si $\theta_{op,fin}(h-1) < \theta_{arr_aut}$

$$Qv_{air_br_p}(h) = 0$$

$$\Delta\theta_{op}^{BA-p}(h) = \text{Calcul_}\Delta\theta_{op}^{BA-p}(p, Qv_{air_br_p}(h))$$

2.2.3.3 Calcul final du $\Delta\theta_{op}^{BA}(h)$

Après avoir calculé les différents $\Delta\theta_{op}^{BA-p}(h)$, on peut calculer le $\Delta\theta_{op}^{BA}(h)$ global engendré par l'ensemble des brasseurs d'air présents dans le groupe. On définit tout d'abord un $\Delta\theta_{op}^{BA-jour}(h)$ et un $\Delta\theta_{op}^{BA-nuit}(h)$.

$$\Delta\theta_{op}^{BA-nuit}(h) = \frac{\sum_{\forall p: Us_p=0} Rat_{br-p} \cdot \Delta\theta_{op}^{BA-p}(h)}{\sum_{\forall p: Us_p=0} Rat_{br-p}} \quad (212)$$

$$\Delta\theta_{op}^{BA-jour}(h) = \frac{\sum_{\forall p: Us_p=1} Rat_{br-p} \cdot \Delta\theta_{op}^{BA-p}(h)}{\sum_{\forall p: Us_p=1} Rat_{br-p}}$$

Si $6 < h_{lég} \leq 22$, alors $\Delta\theta_{op}^{BA}(h) = \Delta\theta_{op}^{BA-jour}(h)$
Sinon, si $22 < h_{lég} \leq 6$, alors $\Delta\theta_{op}^{BA}(h) = \Delta\theta_{op}^{BA-nuit}(h)$ (213)

On obtient en sortie de cet algorithme le $\Delta\theta_{op}^{BA}(h)$ global.

2.2.3.4 Calcul de la consommation des brasseurs d'air C_{BA} par groupe, zone et bâtiment

On calcule le débit des brasseurs de type p à chaque pas de temps h. La puissance électrique consommée par le brasseur d'air est proportionnelle au débit de ce même brasseur. Il en résulte l'algorithme suivant permettant de calculer la consommation globale des brasseurs d'air C_{BA} au niveau du groupe de la zone et du bâtiment.

$$\begin{aligned} &\forall \text{ groupe}, \forall p, \\ &C_{BA-p} = 0 \\ &\forall h, \\ &\text{Si } Q_{v_{air-br-p}}(h) = 0, \text{ alors } P_{elec-br-p}(h) = 0 \\ &\text{Sinon, si } Q_{v_{air-br-p}}(h) = Q_{v_{air-br-p_int}}, \text{ alors } P_{elec-br-p}(h) = P_{elec-br-p_int} \\ &\text{Sinon, si } Q_{v_{air-br-p}}(h) = Q_{v_{air-br-p_max}}, \text{ alors } P_{elec-br-p}(h) = P_{elec-br-p_max} \\ &C_{BA-p}(h) = C_{BA-p}(h-1) + P_{elec-br-p}(h) \end{aligned} \quad (214)$$

Consommations en énergie finale et primaire des brasseurs d'air par groupe

$$C_{ef_BA-m}^{gr} = \frac{\sum_{h \in \text{mois}} \sum_p C_{BA-p}(h)}{SHON_{RT}^{gr}}$$

$$C_{ep_BA-m}^{gr} = Coef_{ep(50;1)} \cdot C_{ef_BA-m}^{gr}$$

$$C_{ef_BA}^{gr} = \sum_{mois \in [1:12]} C_{ef_BA_m}^{gr}$$

$$C_{ep_BA}^{gr} = Coef_{ep(50;1)} \cdot C_{ef_BA}^{gr}$$

Consommations en énergie finale et primaire des brasseurs d'air de la zone

$$C_{ef_BA_m}^{zn} = \frac{\sum_{gr \in zn} SHON_{RT}^{gr} \cdot C_{ef_BA_m}^{gr}}{SHON_{RT}^z}$$

$$C_{ep_BA_m}^{zn} = \frac{\sum_{gr \in zn} SHON_{RT}^{gr} \cdot C_{ep_BA_m}^{gr}}{SHON_{RT}^z}$$

$$C_{ef_BA}^{zn} = \sum_{mois \in [1:12]} C_{ef_BA_m}^{zn}$$

$$C_{ep_BA}^{zn} = \sum_{mois \in [1:12]} C_{ep_BA_m}^{zn}$$

Note : Les consommations de brasseurs d'air sont calculées uniquement à titre informatifs. Elles n'affectent ni l'indicateur Cep, ni l'indicateur Bilan_BEPOS.

2.3 FICHE ALGORITHME: PRISE EN COMPTE DES Puits HYDRAULIQUES DANS LE CALCUL DE L'INDICATEUR DE CONFORT D'ETE DIES

2.3.1 INTRODUCTION

Il s'agit ici de modéliser dans Th-DC l'utilisation d'un puits hydraulique à eau glycolée comme système de refroidissement participant au maintien du confort d'été.

Un puits hydraulique consiste à utiliser l'énergie thermique du sol en été pour rafraîchir l'air neuf qui sera insufflé dans le bâtiment. Tandis que le puits provençal classique fait directement circuler l'air neuf dans des tubes enfouis dans le sol (faisant office d'échangeur air/sol), le puits hydraulique utilise l'eau glycolée comme caloporteur intermédiaire. C'est alors ce dernier qui capte la fraîcheur du sol (échangeur eau/sol) avant d'aller la restituer à l'air neuf entrant au travers d'un échangeur eau/air en amont de la CTA. L'utilisation d'un fluide caloporteur intermédiaire présente plusieurs avantages : fonctionnement en circuit fermé (diminution des risques bactériologiques), absence de condensats, peu d'entretien...

La modélisation du puits hydraulique se fait au travers de deux étapes :

- La présente fiche modélise l'ensemble du circuit d'eau glycolée et fournit en sortie le débit ainsi que la température de l'eau à l'arrivée de l'échangeur air/eau. La régulation du système ainsi que les consommations de la pompe sont également définies dans cette fiche.
- L'échangeur air/eau est quant à lui décrit au sein des fiches existantes de ventilation : **C_VEN_Mecanique_double_flux** et **C_VEN_Mecanique_SF** selon le ou les types de systèmes associés au puits hydraulique. Ces dernières sont donc éditées pour prendre en compte l'utilisation d'un puits hydraulique comme soutien au refroidissement du bâtiment.

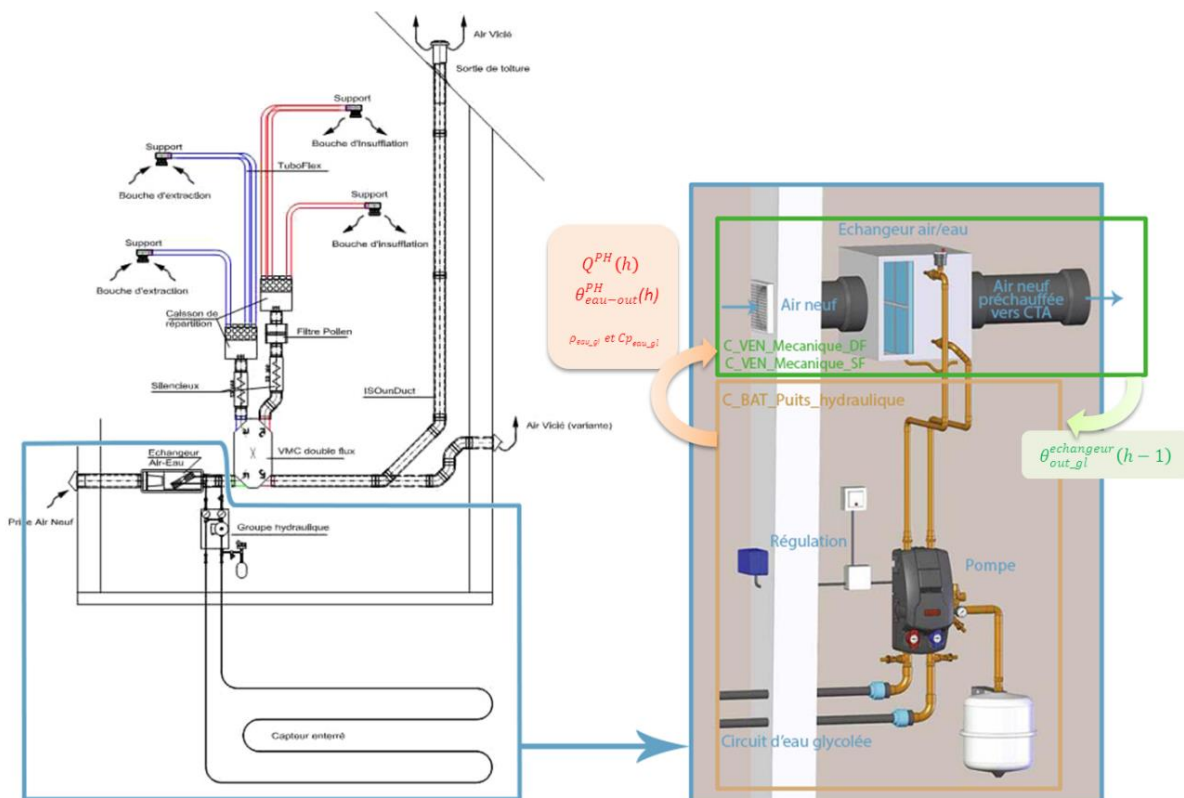


Figure 10 - Principe et modélisation du puits hydraulique

2.3.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 1 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de calcul. Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation.

Entrées du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$I_{Scont_adapt}(h)$	Indicateur de période de confort adaptatif 0 - hors période de confort adaptatif 1 - en période de confort adaptatif	Bool			
$\theta_{out_gl}^{echangeur}(h-1)$	Température de l'eau glycolée en sortie de l'échangeur air/eau glycolée associé au puits hydraulique	°C			
$\theta_z(h-1)$	Température de la zone (= moyenne pondérée par la surface des températures de groupe) à la fin du pas de temps h-1.	°C			
$T_{AN}(h)$	Température de l'air neuf	°C			
$\theta_z(h-2)$	Température de la zone (= moyenne pondérée par la surface des températures de groupe) à la fin du pas de temps h-2.	°C			
$Q^{PH}(h-1)$	Débit d'eau glycolée dans le puits hydraulique au pas de temps h-1.	m³/h			
$\theta_g(h-1)$	Température du sol au pas de temps h-1.	°C			

Sorties du composant

Nom	Description	Unité
$\theta_{eau-out}^{PH}(h)$	Température de l'eau glycolée après passage dans le puits hydraulique (= température d'entrée échangeur)	°C
$Q^{PH}(h)$	Débit d'eau glycolée dans le puits hydraulique	m³/h
$T_{air_out_PH}(h)$	Température de l'air neuf en sortie de l'échangeur air/eau glycolée du puits climatique	°C
$C_{ef_PH_m}^z$	Consommation mensuelle en énergie finale du puits hydraulique (au niveau de la zone)	WhEF/m²
$C_{ep_PH_m}^z$	Consommation mensuelle en énergie primaire du puits hydraulique (au niveau de la zone)	WhEP/m²
$C_{ef_PH_a}^z$	Consommation annuelle en énergie finale du puits hydraulique (au niveau de la zone)	WhEF/m²
$C_{ep_PH_a}^z$	Consommation annuelle en énergie primaire du puits hydraulique (au niveau de la zone)	WhEP/m²
$C_{ef_PH_m}^{bat}$	Consommation mensuelle en énergie finale des puits hydrauliques du bâtiment	WhEF/m²
$C_{ep_PH_m}^{bat}$	Consommation mensuelle en énergie primaire des puits hydrauliques du bâtiment	WhEP/m²
$C_{ef_PH_a}^{bat}$	Consommation annuelle en énergie finale des puits hydrauliques du bâtiment	WhEF/m²
$C_{ep_PH_a}^{bat}$	Consommation annuelle en énergie primaire des puits hydrauliques du bâtiment	WhEP/m²

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité			
$I_{hydraulique}$	Booléen indiquant le raccordement éventuel à un puits hydraulique pour chaque système de ventilation	Bool	Vrai	Faux	-
Q_{max}^{PH}	Débit maximum fourni par la pompe	m³/s	0	+ ∞	-
P_{max}^{PH}	Puissance nominale de la pompe	W	0	+ ∞	-

L_{puits}	Longueur du conduit hydraulique (Longueur d'échange sol/eau glycolée)	m	0	$+\infty$	-
λ_{tube}	Conductivité thermique du conduit hydraulique	W/(m.K)	0	$+\infty$	-
e_p	Epaisseur du conduit hydraulique	m	0	$+\infty$	-
d_i	Diamètre intérieur du conduit hydraulique	m	0	$+\infty$	-
ε_{PH}	Efficacité de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique pour une représentation simplifiée : calculée en s'appuyant sur une certification, une mesure ou sur la déclaration du fabricant	ad	0	1	-
UA_{echPH}	Coefficient d'échange global de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique pour une représentation détaillée	W/K	-	-	-

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité			
Z	Profondeur d'enfouissement des conduits du puits hydraulique	m	0	$+\infty$	-
θ_{reg_base}	Température de base de construction du diagramme à hystérésis (ou température intérieure visée)	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
$\Delta\theta_{arrêt}$	Ecart entre la température de consigne de démarrage de la pompe et la température d'arrêt.	°C	0	$+\infty$	-
$\Delta\theta_{variable}$	Plage de température sur laquelle la pompe passe de 0% à 100% de sa puissance max (ou l'inverse).	°C	0	$+\infty$	-

Variables internes

Nom	Description	Unité			
$\theta_{in}^{PH}(h)$	Température en entrée du puits hydraulique	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
$P_{Pompe}^{PH}(h)$	Puissance fournie par la pompe				
θ_G	Température du sol	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
ε	Efficacité du puits hydraulique				
$\theta_{arrêt2}$					
$\theta_{arrêt1}$					
θ_{dem1}	Températures de consigne de l'hystérésis	°C			
θ_{dem2}					
U_g	Coefficient d'échange global entre l'eau glycolée et le sol (dépend du type de tube)	W/(m.K)			
h_i	Coefficient de surface interne entre l'eau glycolée et la face intérieure du conduit (échange par convection)	W/(m.K)			
AH	Facteur de correction de l'amplitude pour la température du sol	-			
VS	Déphasage de la température du sol par rapport à la température extérieure	h			
gm	Coefficient de correction de la température du sol en fonction de la nature du sol	-			
θ_{am}	Température extérieure moyenne annuelle				

$\Delta\theta_a$	Amplitude de la variation annuelle de la température	
JH	Heure annuelle	h
$C_{air_neuf_total}$	Débit total capacitif de l'air neuf avant distribution aux différents systèmes desservis par le puits hydraulique	W/K
C_{eau_PH}	Débit capacitif de l'eau glycolée du puits hydraulique	W/K
C_{PH}	rapport du débit capacitif minimal au débit maximal des deux fluides de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique	-
NUT_{PH}	Nombre d'unités de transfert de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique	-
$\varepsilon_{PHutile_max}$	Efficacité maximale de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique en l'absence de valeurs certifiées ou déclarés.	-
	$\varepsilon_{PHutile\ max} = 0,50$	
ε_{echPH}	Efficacité de l'échangeur air/eau glycolée du puits hydraulique pour une représentation détaillée	-

Constantes

Nom	Description	Unité	
ρ_{eau_gl}	Masse volumique de l'eau glycolée	kg/m ³	1040
λ_{eau_gl}	Conductivité thermique de l'eau glycolée	W/(m.K)	0.496
μ_{eau_gl}	Viscosité dynamique de l'eau glycolée	kg/(m.s)	1.516.10 ⁻³
Cp_{eau_gl}	Capacité calorifique massique de l'eau glycolée	J/(kg.K)	3751
$Coef_{ep(i)}, i=10 \text{ à } 60$	Matrice des coefficients d'énergie primaire associés aux différents types d'énergie.	Réel	-

Tableau 29 : Nomenclature du modèle

2.3.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

2.3.3.1 Hypothèses et caractéristiques du modèle

Le puits climatique est décrit au niveau de la zone. Il peut être relié à plusieurs systèmes de traitement d'air.

L'utilisation d'un puits climatique est autorisé uniquement dans le cas de bâtiments de type CE1 non-climatisés.

De même, son fonctionnement n'est possible qu'en période de confort adaptatif.

La modélisation des échanges au niveau du sol reprend la plupart des hypothèses du modèle de puits climatique classique. A savoir :

- Le sol est considéré homogène et non perturbé par les échanges thermiques air/sol ;
- La température de la surface extérieure du conduit enterré est identique à celle du sol ;
- Le conduit enterré est considéré cylindrique, droit, et horizontal ;

- Les échanges latents sont négligés ;
- Le sol est considéré comme une source thermique infinie.

2.3.3.2 Température du sol au niveau du conduit enterré

Le calcul de la température du sol ne dépend pas du type de puits climatique (air ou hydraulique) mais de la nature du sol et de la profondeur d'enfouissement du conduit d'eau glycolée (Z). Le calcul est donc identique à celui présent dans la fiche algorithmique existante du puits climatique.

La température du sol dépend de la température moyenne annuelle d'air extérieur (θ_{am}), de l'amplitude annuelle de la température d'air neuf ($\Delta\theta_a$), de la nature du sol et de la profondeur d'enfouissement du conduit (Z).

Etant donné que les variations de températures dans le sol sont moins importantes qu'à la surface, la température de l'air neuf est corrigée par les coefficients AH, VS et gm. Ainsi, la température du sol est modélisée sous la forme d'une courbe sinusoïdale.

Avec :

$$AH = \max(1 - 0,1993 \cdot Z + 0,01381 \cdot Z^2 - 0,000335 \cdot Z^3; 0) \quad (215)$$

$$VS = 24 \times (0,1786 + 10,298 \times Z - 1,0156 \times Z^2 + 0,3385 \times Z^3 - 0,0195 \times Z^4) \quad (216)$$

Où AH représente l'amplitude et VS la dérive de la courbe.

Finalement, la température du sol à une profondeur Z, est déterminée suivant la formule :

$$\theta_G = gm \cdot \left(\theta_{AM} - AH \cdot \Delta\theta_A \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{8760} \times [JH - VS + 24 \cdot 25]\right) \right) \quad (217)$$

θ_{AM} est la moyenne des moyennes mensuelles.

$\Delta\theta_A = (\text{La moyenne mensuelle maximale} - \text{la moyenne mensuelle minimale})/2$.

Les valeurs par défaut pour le coefficient gm sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Type_sol _{pc}	Conductivité (W/mK)	Masse volumique (kg/m3)	Capacité (J/kgK)	Facteur correctif gm
0-Sol humide	1,5	1400	1400	1,00
1-Sable sec	0,7	1500	920	0,90
2-Sable humide	1,88	1500	1200	0,98
3-Argile humide	1,45	1800	1340	1,04
4-Argile mouillée	2,9	1800	1590	1,05

Tableau 30 : Propositions de gm pour différents types de sol

2.3.3.3 Gestion/Régulation du puits hydraulique

La gestion/régulation du puits hydraulique comme système de refroidissement en période de confort adaptatif se fait en fonction de la température intérieure θ_z à l'échelle de la zone (moyenne pondérée des températures intérieures de chaque groupe pondérée par leur $SHON_{RT}^{gr}$).

2.3.3.3.1 Détermination des températures de consignes

Les quatre températures ($\theta_{arr\hat{e}t2}$, $\theta_{arr\hat{e}t1}$, θ_{dem1} , θ_{dem2}) permettant de décrire la régulation du puits hydraulique sont déduites des données d'intégration (θ_{reg_base} , $\Delta\theta_{arr\hat{e}t}$, $\Delta\theta_{variable}$) et du type de pompe (Pompe à débit variable ou Pompe à débit constant).

- **Pompe à débit variable** ($\Delta\theta_{variable} \neq 0$)

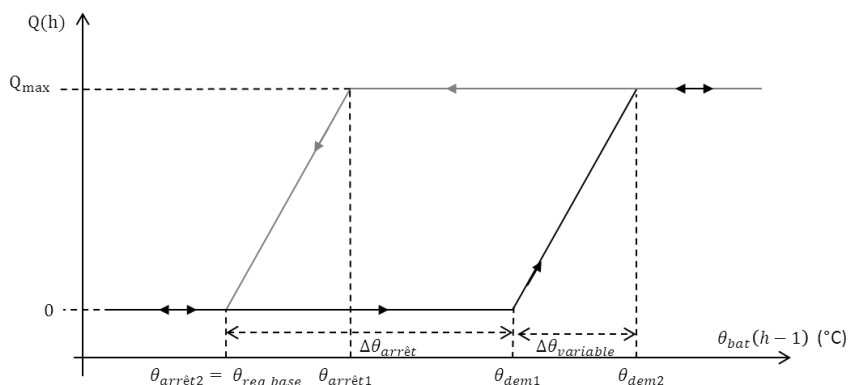


Figure 11 - Débit d'eau glycolée dans le puits hydraulique en fonction de la température moyenne du bâtiment au pas de temps précédent dans le cas d'une pompe à débit variable.

$$\theta_{arr\hat{e}t2} = \theta_{reg_base}$$

$$\theta_{arr\hat{e}t1} = \theta_{reg_base} + \Delta\theta_{variable}$$

$$\theta_{dem1} = \theta_{reg_base} + \Delta\theta_{arr\hat{e}t}$$

$$\theta_{dem2} = \theta_{reg_base} + \Delta\theta_{arr\hat{e}t} + \Delta\theta_{variable}$$

- **Pompe à débit constant** ($\Delta\theta_{variable} = 0$)

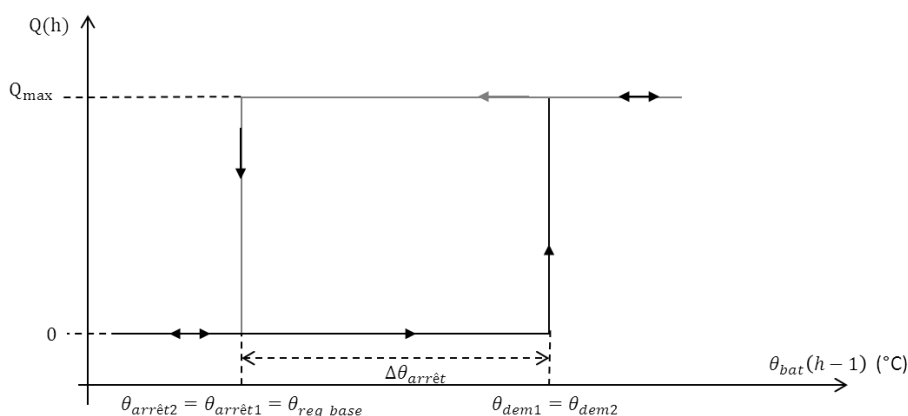


Figure 12 - Débit d'eau glycolée dans le puits hydraulique en fonction de la température moyenne du bâtiment au pas de temps précédent dans le cas d'une pompe à débit constant.

Dans ce cas, $\Delta\theta_{variable} = 0$. On a donc :

$$\theta_{arr\hat{e}t2} = \theta_{arr\hat{e}t1} = \theta_{reg_base}$$

$$\theta_{dem1} = \theta_{dem2} = \theta_{reg_base} + \Delta\theta_{arr\hat{e}t}$$

2.3.3.3.2 Régulation - Détermination du débit d'eau glycolée dans le puits climatique

Sa traduction sous forme d'algorithme est la suivante :

Si $Is_{conf_adapt}(h)=0$,	(hors période de confort adaptatif)
$Q^{PH}(h)=0$	
Sinon,	
Si $\theta_z(h-1) \leq \theta_{arrêt2}$	
$Q^{PH}(h)=0$	
Sinon, Si $\theta_z(h-1) \geq \theta_{dem2}$	
$Q^{PH}(h)=Q_{max}^{PH}$	
Sinon,	
Si $\theta_z(h-2) \leq \theta_z(h-1)$	(augmentation de la température)
Si $\theta_z(h-1) \leq \theta_{dem1}$	
$Q^{PH}(h)=Q^{PH}(h-1)$	
Sinon,	(cas $\theta_{dem1} < \theta_z(h-1) < \theta_{dem2}$)
$Q^{PH}(h)=\max(Q_{max}^{PH} \times \frac{\theta_z(h-1)-\theta_{dem1}}{\theta_{dem2}-\theta_{dem1}} ; Q^{PH}(h-1))$	
Sinon,	(diminution de la température)
Si $\theta_z(h-1) \geq \theta_{arrêt1}$	
$Q^{PH}(h)=Q^{PH}(h-1)$	
Sinon,	(cas $\theta_{arrêt2} < \theta_z(h-1) < \theta_{arrêt1}$)
$Q^{PH}(h)=\min(Q_{max}^{PH} \times \frac{\theta_{bat}(h-1)-\theta_{arrêt2}}{\theta_{arrêt1}-\theta_{arrêt2}} ; Q^{PH}(h-1))$	

2.3.3.4 Température d'eau glycolée en sortie du puits hydraulique

La température de l'eau glycolée en sortie du puits climatique est calculée comme suit :

$$\theta_{eau-out}^{PH}(h) = \theta_{in}^{PH}(h) + \varepsilon \cdot (\theta_g(h) - \theta_{in}^{PH}(h)) \quad (218)$$

Avec :

$$\varepsilon = 1 - \exp \left[\frac{-U_g \cdot L_{puits}}{3600^{-1} \cdot Q^{PH}(h) \cdot \rho_{eau_{gl}} \cdot Cp_{eau_{gl}}} \right] \quad (219)$$

$$U_g(h) = \frac{1}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{tube}} \ln \left(\frac{d_i + 2 \cdot e_p}{d_i} \right) + \frac{1}{\pi \cdot d_i \cdot h_i(h)}} \quad (220)$$

La circulation de l'eau glycolée dans le puits hydraulique est forcée et généralement turbulente ($Re > 2300$). On considère donc le régime turbulent établi dans le tube. On évalue alors h_i avec la formule de

Colburn pour un fluide en refroidissement (l'eau glycolée se refroidit en passant dans le sol après s'être échauffée au contact de l'échangeur air/eau):

$$h_i(h) = 0.023 \times \frac{\lambda_{eau_gl}}{d_i} \times \left[\frac{\rho_{eau_gl} \cdot \frac{4 \cdot 3600^{-1} Q^{PH}(h)}{\pi \cdot d_i}}{\mu_{eau_gl}} \right]^{0.8} \cdot \left[\frac{\mu_{eau_gl} \cdot C_{p_{eau_gl}}}{\lambda_{eau_gl}} \right]^{0.30} \quad (221)$$

Les caractéristiques de l'eau glycolée sont prises pour un mélange à 25%.

Initialisation :

A chaque démarrage du puits hydraulique, il est nécessaire d'initialiser la température $\theta_{in}^{PH}(h)$ pour le bon déroulement des calculs. L'algorithme suivant définit la valeur de $\theta_{in}^{PH}(h)$ à chaque pas de temps et intègre le cas particulier du démarrage :

$\forall h,$ Si $Q^{PH}(h-1) = 0,$ $\theta_{in}^{PH}(h) = \theta_g(h-1)$ Sinon, $\theta_{in}^{PH}(h) = \theta_{out_gl}^{échangeur}(h-1)$
--

2.3.3.5 Calcul de la température d'air neuf

A l'issue du calcul de la température d'eau de sortie d'eau du puits hydraulique, on calcule pour chaque système de ventilation mécanique connecté (simple flux ou double flux) la température d'air neuf corrigée $T_{air_out,PH}(h)$.

Dans le cas où l'air neuf du système de ventilation transite par un puits hydraulique ($I_{hydraulique}=Vrai$) :

Si $I_{sconf_adapt}=Vrai$ et $Q^{PH}(h)>0$, alors le puits hydraulique est en fonctionnement et l'air entrant passe par un échangeur air/eau glycolée avant d'être réparti entre les différentes CTA. L'échange est modélisé de la façon suivante en fonction du niveau de détail de la prise en compte de l'échangeur du puits hydraulique :

SI niveau_détail_échangeur_PH=0, prise en compte détaillée de l'échangeur :

$$C_{air_neuf_total}(h) = C_{pa} \times \sum_s q_{m,air_neuf}^s \quad (222)$$

$$C_{eau_PH}(h) = C_{p_{eau_gl}} \times \rho_{eau_gl} \times 3600^{-1} \times Q^{PH}(h) \quad (223)$$

$$C_{PH} = \frac{\min(C_{air_neuf_total}(h); C_{eau_PH}(h))}{\max(C_{air_neuf_total}(h); C_{eau_PH}(h))} \quad (224)$$

$$NUT_{PH} = \frac{UA_{echPH}}{\min(C_{air_neuf_total}(h); C_{eau_PH}(h))} \quad (225)$$

Si $C_{eau_PH} < C_{air_neuf_total}$

$$\varepsilon_{echPH} = \frac{1}{C_{PH}} \left\{ 1 - \exp \left[-C_{PH} \times (1 - e^{-NUT}) \right] \right\} \quad (226)$$

Si $C_{eau_PH} > C_{air_neuf_total}$

$$\varepsilon_{echPH} = 1 - \exp \left\{ -\frac{1}{C_{PH}} \left[1 - e^{-NUT \cdot C_{PH}} \right] \right\} \quad (227)$$

Note : Le coefficient global de l'échangeur, UA_{echPH} , peut être déterminé à partir d'une performance, mesurée pour des débits connus.

La température de l'air en sortie d'échangeur du puits hydraulique, $T_{air_out_PH}$, est alors la suivante :

$$T_{air_out_PH}(h) = T_{AN}(h) + \varepsilon_{echPH} * (\theta_{eau_out}^{PH}(h) - T_{AN}(h)) \times \frac{\min(C_{air_neuf_total}(h); C_{eau_PH}(h))}{C_{air_neuf_total}(h)} \quad (228)$$

Le calcul de la température de l'eau glycolée en sortie d'échangeur $\theta_{out_gl}^{echangeur}$ est également nécessaire afin de pouvoir amorcer le calcul du puits hydraulique au pas de temps suivant.

$$\theta_{out_gl}^{echangeur}(h) = \theta_{eau_out}^{PH}(h) + \varepsilon_{echPH} * (T_{AN}(h) - \theta_{eau_out}^{PH}(h)) \times \frac{\min(C_{air_neuf_total}(h); C_{eau_PH}(h))}{C_{eau_PH}(h)} \quad (229)$$

SI niveau détail échangeur PH=1, prise en compte simplifiée de l'échangeur :

Utilisation du paramètre efficacité de l'échangeur du puits hydraulique : ε_{PH}

Note : Au même titre que pour les autres types d'échangeurs, l'efficacité ε_{PH} prend une des valeurs suivantes :

- La valeur issue d'une certification,

- $\varepsilon_{PH} = 0.9 \times \varepsilon_{PHmes}$, ε_{PHmes} étant une valeur justifiée par un essai effectué par un laboratoire indépendant,

- $\varepsilon_{PH} = \min(0.8 \times \varepsilon_{PHdecl}, \varepsilon_{PHutile_max})$, ε_{PHdecl} étant la valeur déclarée par le fabricant.

La température d'air en sortie du puits hydraulique est alors définie par :

$$T_{air_out_PH}(h) = T_{AN}(h) + \varepsilon_{PH} * (\theta_{eau_out}^{PH}(h) - T_{AN}(h)) \quad (230)$$

Et la température de l'eau glycolée en sortie :

$$\theta_{out_gl}^{echangeur}(h) = \theta_{eau_out}^{PH}(h) + \varepsilon_{PH} * (T_{AN}(h) - \theta_{eau_out}^{PH}(h))$$

2.3.3.5.1 Calcul de la consommation du puits hydraulique

Le calcul à chaque pas de temps h du débit d'eau glycolée nous donne accès à la puissance électrique consommée par la pompe car celle-ci est proportionnelle au débit. Il en résulte l'algorithme suivant

permettant de calculer les consommations mensuelles et annuelles du puits climatique (consommations au niveau de la zone puis du bâtiment).

A chaque pas de temps h,

$$P_{Pompe}^{PH}(h) = \frac{P_{max}^{PH}}{Q_{max}^{PH}} \times Q^{PH}(h) \quad (231)$$

On en déduit donc,

Consommation au niveau de la zone

$$\text{Consommation mensuelle (énergie finale)} : C_{ef_PH_m}^z = \frac{\sum_{h \in \text{mois}} P_{Pompe}^{PH}(h) \cdot 1h}{SHON_{RT}^z} \quad (232)$$

$$\text{Consommation mensuelle (énergie primaire)} : C_{ep_PH_m}^z = C_{ef_PH_m}^z \cdot Coef_{ep(i)} \quad (233)$$

$$\text{Consommation annuelle (énergie finale)} : C_{ef_PH_a}^z = \sum_{m \in [1;12]} C_{ef_PH_m}^z \quad (234)$$

$$\text{Consommation annuelle (énergie primaire)} : C_{ep_PH_a}^z = C_{ef_PH_a}^z \cdot Coef_{ep(i)} \quad (235)$$

Consommation au niveau du bâtiment

$$\text{Consommation mensuelle (énergie finale)} : C_{ef_PH_m}^{bat} = \frac{\sum_{z \in bat} SHON_{RT}^z \cdot C_{ef_PH_m}^z}{SHON_{RT}} \quad (236)$$

$$\text{Consommation mensuelle (énergie primaire)} : C_{ep_PH_m}^{bat} = C_{ef_PH_m}^{bat} \cdot Coef_{ep(i)} \quad (237)$$

$$\text{Consommation annuelle (énergie finale)} : C_{ef_PH_a}^{bat} = \sum_{m \in [1;12]} C_{ef_PH_m}^{bat} \quad (238)$$

$$\text{Consommation mensuelle (énergie primaire)} : C_{ep_PH_a}^{bat} = C_{ef_PH_a}^{bat} \cdot Coef_{ep(i)} \quad (239)$$

Note : les consommations d'auxiliaires du puits hydraulique sont calculées uniquement à titre informatifs. Elles n'affectent ni l'indicateur Cep, ni l'indicateur Bilan_BEPOS.

2.4 FICHE ALGORITHME: PRISE EN COMPTE DES SYSTEMES D'HUMIDIFICATION DIRECTE ET INDIRECTE (RAFRAICHISSEMENT ADIABATIQUE) EN CALCUL DE L'INDICATEUR DE CONFORT D'ETE DIES

2.4.1 INTRODUCTION

La présente fiche algorithme vise à décrire la prise en compte des systèmes de rafraichissement adiabatique de l'air soufflé présents dans les centrales de ventilation mécanique double flux ou de traitement d'air à débit constant (CTA DAC).

Cette prise en compte n'a lieu qu'en calcul de l'indicateur de confort d'été DIES et hypothèses Th-DC, et donc uniquement pour des bâtiments de catégorie CE1 non climatisé.

Deux types de rafraichissement adiabatique peuvent être décrits : à humidification directe ou indirecte. Dans les deux cas, l'humidificateur est décrit au travers d'un rendement η_{hum} et d'une loi de pilotage en fonction de la température d'air intérieure.

L'algorithme vient s'insérer à l'intérieur de la modélisation de la centrale de ventilation telle que prévue dans le chapitre 8.4 C_VEN_Mécanique_Double_Flux de la méthode Th-BCE.

2.4.2 NOMENCLATURE

Entrées du composant					
Nom	Description	Unité			
$Is_{\text{conf_adapt}}(h)$	Indicateur de période de confort adaptatif <i>0 - hors période de confort adaptatif</i> <i>1 - en période de confort adaptatif</i>	Bool			
$\Theta_{i,\text{fin}}(h-1)$	Température de l'air extrait entrant dans l'humidificateur indirect au pas de temps h				
$T_{\text{extr},2}(h)$	Température de l'air extrait entrant dans l'humidificateur indirect au pas de temps h	°C			
$\omega_{i,\text{prev}}(h)$	Poids d'eau dans l'air extrait entrant dans l'humidificateur indirect de reprise au pas de temps h	kg/kg as			
$T_{\text{souf,prechaud}}(h)$	Température de l'air soufflé entrant dans l'humidificateur direct au pas de temps h	°C			
$\omega_{\text{mel}}(h)$	Humidité de l'air soufflé entrant dans l'humidificateur direct au pas de temps h	kg/kg as			
Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.

Type_hr_été	Type de rafraîchissement adiabatique : <i>0 : Pas d'humidificateur été</i> <i>1 : humidificateur direct pour confort d'été (Th-D)</i> <i>2 : humidificateur indirect pour confort d'été (Th-D)</i>	Ent	0	2
θ_{i_base} , $\Delta\theta_{i1}$ $\Delta\theta_{i2}$	Paramètres de régulation du profil à hystérésis pour l'humidificateur direct ou indirect	°C		

Paramètres intrinsèques

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
η_{hum_indir}	Rendement de l'humidificateur indirect	Réel	0	1	-
η_{hum_dir}	Rendement de l'humidificateur direct	Réel	0	1	-

Sorties

Nom	Description	Unité
$T_{extr,hum,indir_ete}(h)$	Température de l'air après l'humidificateur direct ou la batterie de prérefroidissement selon les cas	°C
$\omega_{extr,hum,indir_ete}(h)$	Humidité de l'air après l'humidificateur direct ou la batterie de prérefroidissement selon les cas	kg/kg as
$T_{souf,hum,indir_ete}(h)$	Température de l'air après l'humidificateur direct	°C
$\omega_{souf,hum,indir_ete}(h)$	Humidité de l'air après l'humidificateur direct	kg/kg as

Variables internes

Nom	Description	Unité
θ_{hum_1} θ_{hum_2} θ_{hum_3} θ_{hum_4}	Températures de consignes permettant la gestion/régulation de l'humidification directe ou indirecte	
$\xi_{hum_indir}(h)$	Pourcentage d'utilisation de l'humidificateur indirect au pas de temps h	

$\xi_{\text{hum_indir}}(h-1)$	Pourcentage d'utilisation de l'humidificateur indirect au pas de temps h-1	
$\xi_{\text{hum_dir}}(h)$	Pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct au pas de temps h	
$\xi_{\text{hum_dir}}(h-1)$	Pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct au pas de temps h-1	
FA A B C FXH FA1 FADIAB	Paramètres utilisés dans la fonction FADIAB(T,w) décrivant le possible accroissement d'humidité	
$\omega_{\text{souf,hum_indir_été_lim}}$	Humidité spécifique que l'on ne peut pas dépasser lors de l'humification indirecte	kg/kg as
$\omega_{\text{souf,hum_dir_été_lim}}$	Humidité spécifique que l'on ne peut pas dépasser lors de l'humification directe	kg/kg as

2.4.3 DESCRIPTION MATHEMATIQUE

Le rafraîchissement adiabatique est pris en compte uniquement en mode Th-DC, et si tous les groupes auxquels le système de ventilation est relié sont des groupes CE1 non climatisés.

2.4.3.1 Rafraîchissement par humidification directe de l'air soufflé

La présence d'un dispositif d'humidification directe permet d'abaisser directement la température de l'air soufflé, tout en augmentant son humidité spécifique.

Le présent paragraphe décrit la méthode de calcul des température et humidité de l'air soufflé après impact de l'humidification indirecte. L'humidificateur direct est supposé positionné en sortie de centrale de traitement d'air, après la boîte de mélange et les batteries de préchauffage/prérefroidissement de l'air soufflé, selon les conventions retenues dans le chapitre 8.4 C_VEN_Mécanique_Double_Flux de la méthode Th-BCE.

Ces dernières ne peuvent pas être utilisées simultanément à l'humidificateur, qui n'est activé qu'au cours de la période de confort adaptatif.

Le calcul n'est réalisé que si $\text{Type_HR_été} = 1$ et si $I_{\text{sconf_adapt}}(h) = 1$ (en période de confort adaptatif).

Calcul du pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct ($\xi_{\text{hum_dir}}$) à chaque pas de temps h

La présence d'un dispositif d'humidification indirecte sur l'air extrait permet d'abaisser sa température. La prise en compte de ce dispositif est uniquement valable en mode Th-DC et si tous les groupes auxquels le système de ventilation est relié sont des groupes CE1 non climatisés. Le calcul est le suivant :

Selon la température, le pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct évolue entre 0 et 100%. Le profil choisit pour cette évolution du pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct en fonction de $\theta_{i,fin}^s(h-1)$ est un profil à hystérésis basé sur 3 paramètres θ_{i_base} , $\Delta\theta_{i1}$ et $\Delta\theta_{i2}$.

Les températures de consignes permettant la gestion/régulation de l'humidification directe sont définies ainsi :

$$\begin{aligned}\theta_{hum_1} &= \theta_{i_base} + \Delta\theta_{i1} \\ \theta_{hum_2} &= \theta_{i_base} + \Delta\theta_{i1} + \Delta\theta_{i2}, \\ \theta_{hum_3} &= \theta_{i_base} + \Delta\theta_{i2} \\ \theta_{hum_4} &= \theta_{i_base}\end{aligned}\tag{240}$$

L'algorithme donnant à chaque pas de temps le pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct est le suivant :

$$\begin{aligned}\text{Si } \theta_{i,fin}^s(h-1) &\leq \theta_{hum_4}, \\ \xi_{hum_dir} &= 0 \\ \text{Sinon, si } \theta_{i,fin}^s(h-1) &\geq \theta_{hum_2}, \\ \xi_{hum_dir} &= 1 \\ \text{Sinon,} \\ \text{Si } \theta_{i,fin}^s(h-2) &\leq \theta_{i,fin}^s(h-1) \text{ (augmentation de température d'air)} \\ \text{Si } \theta_{i,fin}^s(h-1) &\leq \theta_{hum_1}, \\ \xi_{hum_dir} &= \xi_{hum_dir}(h-1) \\ \text{Sinon, (cas : } \theta_{hum_1} &< \theta_{i,fin}^s(h-1) < \theta_{hum_2}) \\ \xi_{hum_dir} &= \max\left(\frac{\theta_{i,fin}^s(h-1) - \theta_{hum_1}}{\theta_{hum_2} - \theta_{hum_1}}; \xi_{hum_dir}(h-1)\right) \\ \text{Sinon, (diminution de température opérative)} \\ \text{Si } \theta_{i,fin}^s(h-1) &\geq \theta_{hum_3}, \\ \xi_{hum_dir} &= \xi_{hum_dir}(h-1) \\ \text{Sinon, (cas : } \theta_{hum_4} &< \theta_{i,fin}^s(h-1) < \theta_{hum_3}) \\ \xi_{hum_dir} &= \min\left(\frac{\theta_{i,fin}^s(h-1) - \theta_{hum_4}}{\theta_{hum_3} - \theta_{hum_4}}; \xi_{hum_dir}(h-1)\right)\end{aligned}\tag{241}$$

Connaissant le pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct, on le multiplie au rendement nominal de l'humidificateur pour obtenir son rendement effectif.

Calcul de la température et de l'humidité de l'air soufflé après humidification directe

On définit la fonction FADIAB(T,w) décrivant le possible accroissement d'humidité :

$$\begin{aligned}
 & \text{FADIAB}(T,w) \\
 & \quad FA=0 \\
 & \quad A=18.8161 \\
 & \quad B=4110.34 \\
 & \quad C=235 \\
 & \quad FXH=\max(0, 0.2545 \times T - 0.3636 \times w) \\
 & \quad FA=(T+C-2.5 \times FXH) \times (A-\log(w+FXH))-B \\
 & \quad \text{Tant que } FA > 0 \text{ alors} \\
 & \quad \quad FXH = FXH + 0.1 \\
 & \quad \quad FA1=FA \\
 & \quad \quad FA=(T+C-2.5 \times FXH) \times (A-\log(w+FXH))-B \\
 & \quad \text{Fin} \\
 & \quad \text{FADIAB}=FXH-0.1 \times FA/(FA-FA1)
 \end{aligned} \tag{242}$$

L'humidité théorique de l'air après humidification est alors définie par :

$$\omega_{\text{souf, hum, dir, \acute{e}te}}(h) = \omega_{\text{mel}}(h) + \eta_{\text{-humdir}} \cdot \xi_{\text{-humdir}} \cdot \text{FADIAB}(T_{\text{souf, prechaud}}(h); \omega_{\text{mel}}(h)) \tag{243}$$

On définit une humidité spécifique que l'on ne peut pas dépasser lors de l'humidification directe :

$$\omega_{\text{souf, hum, dir, \acute{e}te_LIM}}(h) = \omega_{\text{sat}}(h) \cdot \eta_{\text{-humdir}} \tag{244}$$

Avec :

$$\omega_{\text{sat}}(h) = 0,001 \cdot \exp\left(18.8161 - \frac{4110,34}{T_{\text{extr},2}(h)+235,0}\right) \tag{245}$$

Dès lors :

$$\begin{aligned}
 & \text{Si } \omega_{\text{souf, hum_dir_été_lim}} < \omega_{\text{souf, hum_dir_été}}, \text{ alors } \omega_{\text{souf, hum_dir_été}} = \omega_{\text{souf, hum_dir_été_lim}} \\
 & \text{Si } \omega_{\text{souf, hum_dir_été_lim}} < \omega_{\text{mel}}, \text{ alors } \omega_{\text{souf, hum_dir_été}} = \omega_{\text{mel}}
 \end{aligned} \tag{246}$$

$$\begin{aligned}
 & \Delta \omega_{\text{souf, hum_dir_été}} = \omega_{\text{souf, hum_dir_été}} - \omega_{\text{mel}} \\
 & \Delta T_{\text{souf, hum_dir_été}} = -2.5 \Delta \omega_{\text{souf, hum_dir_été}}
 \end{aligned} \tag{247}$$

$$\begin{aligned}
 & T_{\text{souf, hum_dir_été}} = \Delta T_{\text{souf, hum_dir_été}} + T_{\text{souf, prechaud}} \\
 & \omega_{\text{souf, hum_dir_été}} = \Delta \omega_{\text{souf, hum_dir_été}} + \omega_{\text{mel}}
 \end{aligned} \tag{248}$$

2.4.3.2 **Rafrachissement par humidification indirecte de l'air repris**

Le présent paragraphe décrit la méthode de calcul des température et humidité de l'air extrait après impact de l'humidification indirecte. L'humidificateur indirect est supposé positionné après le ventilateur et avant le récupérateur de chaleur (échangeur à plaque ou à roue), selon les conventions retenues dans le chapitre 8.4 C_VEN_Mécanique_Double_Flux de la méthode Th-BCE.

La présence d'un dispositif d'humidification indirecte vise à abaisser la température de l'air repris en augmentant son humidité spécifique. Cet air repris passe ensuite dans l'échangeur, qui rafraichit ainsi indirectement l'air soufflé.

Le calcul n'est réalisé que si Type_HR_été = 2 et si $Is_{conf_adapt}(h) = 1$ (en période de confort adaptatif).

Calcul du pourcentage d'utilisation de l'humidificateur indirect (ξ_{hum_indir}) à chaque pas de temps h

Ce calcul permet de gérer la régulation de l'utilisation de l'humidificateur indirect en période de rafraichissement. La régulation de l'humidification indirecte est faite en fonction de la température d'air intérieur au pas de temps précédent.

Selon la température, le pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct évolue entre 0 et 100%. Le profil choisit pour cette évolution du pourcentage d'utilisation de l'humidificateur indirect en fonction de $\theta_{i,fin}^s(h-1)$ est un profil à hystérésis basé sur 3 paramètres θ_{i_base} , $\Delta\theta_{i1}$ et $\Delta\theta_{i2}$.

Les températures de consignes permettant la gestion/régulation de l'humidification directe sont définies selon les relations (240).

L'algorithme donnant à chaque pas de temps le pourcentage d'utilisation de l'humidificateur direct est le suivant :

$$\text{Si } \theta_{i,fin}^s(h-1) \leq \theta_{hum_4},$$

$$\xi_{hum_indir} = 0$$

$$\text{Sinon, si } \theta_{i,fin}^s(h-1) \geq \theta_{hum_2},$$

$$\xi_{hum_indir} = 1$$

Sinon,

$$\text{Si } \theta_{i,fin}^s(h-2) \leq \theta_{i,fin}^s(h-1) \text{ (augmentation de température d'air)}$$

$$\text{Si } \theta_{i,fin}^s(h-1) \leq \theta_{hum_1}, \quad (249)$$

$$\xi_{hum_indir} = \xi_{hum_indir}(h-1)$$

$$\text{Sinon, (cas : } \theta_{hum_1} < \theta_{i,fin}^s(h-1) < \theta_{hum_2})$$

$$\xi_{hum_indir} = \max\left(\frac{\theta_{i,fin}^s(h-1) - \theta_{hum_1}}{\theta_{hum_2} - \theta_{hum_1}}; \xi_{hum_indir}(h-1)\right)$$

Sinon, (diminution de température opérative)

Si $\theta_{i,fin}^s(h-1) \geq \theta_{hum_3}$,

$$\xi_{hum_indir} = \xi_{hum_indir}(h-1)$$

Sinon, (cas : $\theta_{hum_4} < \theta_{i,fin}^s(h-1) < \theta_{hum_3}$)

$$\xi_{hum_indir} = \min\left(\frac{\theta_{i,fin}^s(h-1) - \theta_{hum_4}}{\theta_{hum_3} - \theta_{hum_4}}; \xi_{hum_indir}(h-1)\right)$$

Connaissant le pourcentage d'utilisation de l'humidificateur indirect, on le multiplie au rendement nominal de l'humidificateur pour obtenir son rendement effectif.

Calcul des température et humidité en sortie de l'humidificateur indirect

L'humidité théorique de l'air après humidification est alors définie par :

$$\omega_{extr,hum,indir_ete}(h) = \omega_{i,prev}(h) + \eta_{humindir} \cdot \xi_{humindir} \cdot FADIAB(T_{extr,2}(h); \omega_{i,prev}(h)) \quad (250)$$

Où FADIAB est la fonction décrite dans le bloc d'équations numéroté (242).

On définit une humidité spécifique que l'on ne peut pas dépasser lors de l'humification indirecte :

$$\omega_{extr,hum,indir_ete_LIM}(h) = \omega_{sat}(h) \cdot \xi_{humindir} \quad (251)$$

Avec :

$$\omega_{sat}(h) = 0,001 \cdot \exp\left(18.8161 - \frac{4110,34}{T_{extr,2}(h) + 235,0}\right) \quad (252)$$

Dès lors :

$$\text{Si } \omega_{extr,hum,indir_ete}(h) > \omega_{extr,hum,indir_ete_LIM}, \text{ alors : } \omega_{extr,hum,indir_ete}(h) = \omega_{extr,hum,indir_ete_LIM} \quad (253)$$

$$\text{Si } \omega_{extr,hum,indir_ete}(h) < \omega_{i,prev}, \text{ alors : } \omega_{extr,hum,indir_ete}(h) = \omega_{i,prev} \quad (254)$$

$$\Delta\omega_{souf,hum_indir_été} = \omega_{souf,hum_indir_été} - \omega_{i,prev} \quad (255)$$

$$\Delta T_{souf,hum_indir_été} = -2.5 \Delta\omega_{souf,hum_indir_été}$$

$$T_{souf,hum_indir_été} = \Delta T_{souf,hum_indir_été} + T_{extr2}^s \quad (256)$$

$$\omega_{souf,hum_indir_été} = \Delta\omega_{souf,hum_indir_été} + \omega_{i,prev}$$