

AMÉNAGEMENT NATURE, LOGEMENT

MINISTÈRE DU LOGEMENT,
DE L'ÉGALITÉ DES TERRITOIRES
ET DE LA RURALITÉ

Arrêté du 14 décembre 2015 relatif à l'agrément des modalités de prise en compte des systèmes de production centralisée à appoints décentralisés dans la réglementation thermique 2012 (JORF n° 0297 du 23 décembre 2015)

NOR : ETL1525280A

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

Objet : prise en compte des systèmes de production centralisée à appoints décentralisés également utilisés pour le chauffage des bâtiments dans la réglementation thermique (procédure dite « Titre V »).

Entrée en vigueur : le texte entre en vigueur le lendemain de sa publication.

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

La ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et la ministre du logement, de l'égalité des territoires et de la ruralité,

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

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

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

Vu l'arrêté du 28 décembre 2012 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments autres que ceux concernés par l'article 2 du décret du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions;

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

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

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

Arrêtent:

Art. 1^{er}. – Conformément à l'article 50 de l'arrêté du 26 octobre 2010 susvisé et à l'article 40 de l'arrêté du 28 décembre 2012 susvisé, le mode de prise en compte des systèmes de production centralisée à appoints décentralisés dans la méthode de calcul Th-B-C-E 2012, définie par l'arrêté du 30 avril 2013 susvisé, est agréé selon les conditions d'application définies dans l'annexe (1) du présent arrêté.

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

Fait le 14 décembre 2015.

*La ministre du logement,
de l'égalité des territoires
et de la ruralité,*
Pour la ministre et par délégation :
*La sous-directrice de la qualité
et du développement durable
dans la construction,*
K. NARCY

*La ministre de l'écologie,
du développement durable
et de l'énergie,*
Pour la ministre et par délégation :

*La sous-directrice de la qualité
et du développement durable
dans la construction,*
K. NARCY

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

(1) L'annexe du présent arrêté sera publiée au *Bulletin officiel* du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et du ministère du logement, de l'égalité des territoires et de la ruralité.

ANNEXE

1/ Définition du système

Au sens du présent arrêté, les systèmes de production centralisée à appoints décentralisés (PCAD) sont des générations d'eau chaude sanitaire (ECS) qui associent des éléments centralisés (boucle solaire, distribution intergroupe et ballon central pour les CESCAI) et des éléments décentralisés (ballon individuel, générateur d'appoint, etc.).

Le présent arrêté étend le champ d'application des PCAD en permettant aux générateurs d'appoint hydrauliques des ballons individuels d'ECS d'assurer aussi le chauffage instantané.

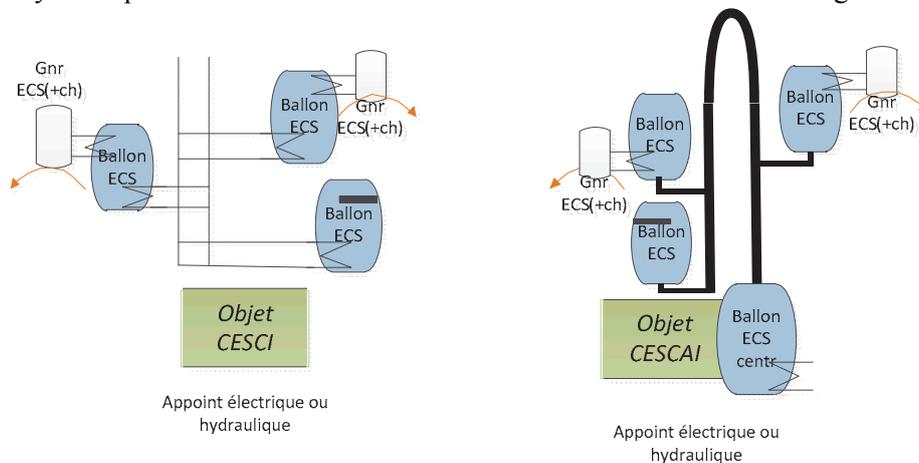


Figure 1: Les nouvelles configurations des assemblages CESCOI et CESCAI

2/ Domaine d'application

Le champ d'application de la présente méthode s'étend à la production d'ECS pour les types d'usages suivants :

- Bâtiment à usage d'habitation – Logement collectif ;
- Etablissement d'accueil de la petite enfance ;
- Enseignement secondaire (partie nuit) ;
- Bâtiment à usage d'habitation - Foyer de jeunes travailleurs ;
- Bâtiment à usage d'habitation - Etablissement sanitaire avec hébergement ;
- Bâtiment à usage d'habitation - Cité universitaire ;
- Tous les types d'hôtels

Les générateurs d'appoint des ballons décentralisés concernés par ce titre V sont les générateurs d'appoint hydrauliques.

3/ Méthode de prise en compte

La présente méthode de prise en compte est décrite dans les deux fiches algorithmes suivantes :

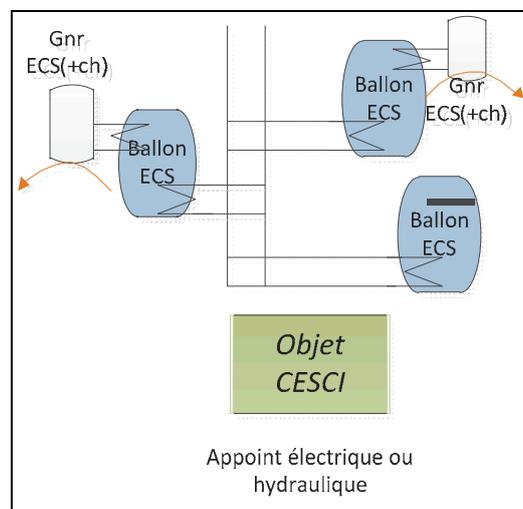
- S1_GE N_CESCOI pour les chauffe-eau solaire collectifs individualisés
- S2_GEN_CESCAI pour les chauffe-eau solaire collectifs à appoint individualisés

3.1 S1_GEN_CESCI

3.1.1 INTRODUCTION

Des modèles de boucle solaire, ballon d'eau chaude, régulation des générateurs de base et d'appoint ont été décrits dans des « fiches algorithmes ». Ces différents modèles élémentaires sont ici assemblés en un modèle de chauffe-eau solaire collectif avec appoint stockage individualisé (CESCI).

Les différentes configurations sont détaillées ci-dessous :



Les générateurs d'appoint sont appelés si nécessaire pour réchauffer le ballon d'ECS mais peuvent également être utilisés pour le chauffage instantané.

3.1.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 1 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de CESCI.

Entrées du système			
	Nom	Description	Unité
	I_{sr}^*	Irradiance (ensoleillement) sur le plan des capteurs	W/m ²
	$\theta_e(h)$	Température extérieure	°C
	$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C
	$A^{gr,em-e}$	Surface du groupe desservi par un émetteur ECS équivalent	m ²
	$Q_{w,2nd-e}(h)$	Besoins d'ECS majorés des pertes de distributions du groupe	Wh
Distr. du groupe	$Q_{sys_ch}^{ds}(h)$	Energie requise par le réseau du groupe ds en chauffage.	Wh
	$\theta_{dep}^{ds}(h)$	Température du départ du réseau du groupe ds , pour le chauffage ou le refroidissement.	°C
	$\theta_{ret}^{ds}(h)$	Température du retour du réseau du groupe ds , pour le chauffage ou le refroidissement.	°C

	$Rat_{eff_ch}^{gr,em}$	Part de l'énergie effective assurée par l'émetteur em en chauffage, pour le groupe gr desservi par la distribution intergroupes.	Ent
ET	$b_{therm}(h)$	Facteur de réduction des déperditions thermiques induit par l'espace tampon	-
	h_{leg}	Heure légale	-

Paramètres du système

	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	$Type_PCAD$	Type de production centralisée à appoints décentralisés : 0- CESCO (Chauffe-Eau Solaire Collectif Individualisé) 1- CESCOI (Chauffe-Eau Solaire Collectif à Appoint Individuel)	-	0	1	0
	nb_{ens}	Nombre d'ensemble de ballons décentralisés strictement identiques	-	0	$+\infty$	-
	nb_{sto}^B	Nombre de ballons de stockage décentralisés de l'ensemble {B} strictement identiques	-	0	$+\infty$	-
	id_{fousto}	Fonction de l'élément de stockage - 1 : Chauffage, - 2 : Refroidissement, - 3 : ECS, - 4 : Chauffage et ECS, - 5 : Chauffage et refroidissement.	Ent.	1	5	-
	id_{fougen}^{gnr}	Fonction du générateur gnr compris dans la génération : 1 : Chauffage 2 : Refroidissement 3 : ECS 4 : Chauffage et ECS 5 : Chauffage et refroidissement	Ent	1	5	-
	$id_{priorite_ch}^{gnr}$	Indice de priorité en chauffage. Priorité de fonctionnement des générateurs pour la génération :	Ent.	1	$+\infty$	-
	$id_{type_priorite}$	1 : Sans priorité, 2 : Générateurs en cascade, 3 : Générateurs alternés.	Ent	1	3	-
	$id_{raccord_gnr}$	Type de raccordement des générateurs entre eux, pour un mode de gestion avec priorité : 0 : Permanent, 1 : Avec isolement	Ent	0	1	1
	pos_{gen}	Position de l'assemblage CESCOI : 0 : Hors volume chauffé, 1 : En volume chauffé.	Ent	0	1	-
GIR réseau du groupe	Agr	Surface du groupe	m ²	0	$+\infty$	
	$\theta_{dep_dim_ch}^{ds}$	Température de départ de dimensionnement.	°C	$-\infty$	$+\infty$	
	$\theta_{ret_dim_ch}^{ds}$	Température de retour de dimensionnement.	°C	$-\infty$	$+\infty$	
	$\Delta\theta_{em_dim_ch}^{ds}$	Différence nominale de température dans le réseau de distribution du groupe entre départ et retour, liée au dimensionnement.	°C	$-\infty$	$+\infty$	

Fonctionnement en chauffage	$i d_{gestion_ch}$	Type de gestion de la température de génération en chauffage. <i>1 : fonctionnement à température moyenne constante,</i> <i>2 : fonctionnement à la température moyenne des réseaux de distribution.</i>	Ent	1	2	-
	θ_{vm_ch}	Température de fonctionnement de la génération pour un fonctionnement à température constante. <i>(voir paramètres des fiches de l'assemblage et les paramètres de la GR de la génération)</i>	°C	0	100	-

Sorties

	Nom	Description	Unité
Pertes des stockages d'ECS	$\Phi_{dec_vc}^{sto}(h)$	Pertes vers des espaces chauffés des systèmes des ballons décentralisés de l'ECS.	Wh
	$\Phi_{dec_vc}^{gnr}(h)$	Pertes des auxiliaires des générateurs décentralisés transmises au volume chauffé.	Wh
Gnr Génération décentralisés	$\Phi_{tot_vc}^{gen}(h)$	Pertes des auxiliaires du CESCO (càd de la génération) transmises au volume chauffé.	Wh
	$\Phi_{tot_vc}^{gen,gr}(h)$	Pertes des consommations des auxiliaires du CESCO, par groupe, transmises au volume chauffé.	Wh
	$Rat_{surf}^{gen,gr}$ $= Rat_{surf}^{CESCI,gr}$	Ratio de la surface du groupe <i>gr</i> sur la surface totale desservie par la génération pour le poste ECS	-
	$Rat_{surf_ch}^{CESCI,gr}$ $= Rat_{surf_dess_ch}^{CESCI,gr}$	Ratio de la surface du groupe <i>gr</i> sur la surface totale desservie par la génération pour le poste chauffage	-
	$E_{sol_tot}^{BS}$	Energie totale annuelle cumulée transmise à l'échangeur.	Wh/an
	$E_{ef_aux_tot}^{BS}$	Energie totale annuel cumulée consommée par la pompe de la boucle solaire.	Wh/an
	$\{Q_{cef(poste;energie)}^{CESCI}(h)\}$	Matrice des consommations en énergie finale en fonction des postes et du type d'énergie.	Wh
	$\{Q_{cef(poste;energie)}^{CESCI,gr}(h)\}$	Matrice des consommations en énergie finale en fonction des postes et du type d'énergie, répartie au niveau du groupe	Wh
	$C_{ef_ecs_m}^{CESCI}$	Consommation mensuelle en énergie finale d'ECS, par CESCO	Wh
	$C_{ep_ecs_m}^{CESCI}$	Consommation mensuelle en énergie primaire d'ECS, par CESCO	Wh
$C_{ef_ecs}^{CESCI}$	Consommation annuelle en énergie finale d'ECS, par CESCO	Wh	
$C_{ep_ecs}^{CESCI}$	Consommation annuelle en énergie primaire d'ECS, par CESCO	Wh	
$C_{ef_ecs_m}^{CESCI,gr}$	Consommation mensuelle en énergie finale d'ECS, par CESCO et par groupe	Wh	
$C_{ep_ecs_m}^{CESCI,gr}$	Consommation mensuelle en énergie primaire d'ECS, par CESCO et par groupe	Wh	

$C_{ef_ecs}^{CESCI,gr}$	Consommation annuelle en énergie finale d'ECS, par CESCOI et par groupe	Wh
$C_{ep_ecs}^{CESCI,gr}$	Consommation annuelle en énergie primaire d'ECS, par CESCOI et par groupe	Wh
$C_{ef_ch_m}^{CESCI}$	Consommation mensuelle en énergie finale de chauffage, par CESCOI	Wh
$C_{ep_ch_m}^{CESCI}$	Consommation mensuelle en énergie primaire de chauffage, par CESCOI	Wh
$C_{ef_ch}^{CESCI}$	Consommation annuelle en énergie finale de chauffage, par CESCOI	Wh
$C_{ep_ch}^{CESCI}$	Consommation annuelle en énergie primaire de chauffage, par CESCOI	Wh
$C_{ef_ch_m}^{CESCI,gr}$	Consommation mensuelle en énergie finale de chauffage, par CESCOI et par groupe	Wh
$C_{ep_ch_m}^{CESCI,gr}$	Consommation mensuelle en énergie primaire de chauffage, par CESCOI et par groupe	Wh
$C_{ef_ch}^{CESCI,gr}$	Consommation annuelle en énergie finale de chauffage, par CESCOI et par groupe	Wh
$C_{ep_ch}^{CESCI,gr}$	Consommation annuelle en énergie primaire de chauffage, par CESCOI et par groupe	Wh
$\{C_{ef_gaz}^{CESCI}, C_{ef_fod}^{CESCI}, C_{ef_cha}^{CESCI}, C_{ef_boi}^{CESCI}, C_{ef_ele}^{CESCI}, C_{ef_rdc}^{CESCI}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie finale par CESCOI	Wh
$\{C_{ep_gaz}^{CESCI}, C_{ep_fod}^{CESCI}, C_{ep_cha}^{CESCI}, C_{ep_boi}^{CESCI}, C_{ep_ele}^{CESCI}, C_{ep_rdc}^{CESCI}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie primaire par CESCOI	Wh
$\{C_{ef_gaz}^{CESCI,gr}, C_{ef_fod}^{CESCI,gr}, C_{ef_cha}^{CESCI,gr}, C_{ef_boi}^{CESCI,gr}, C_{ef_ele}^{CESCI,gr}, C_{ef_rdc}^{CESCI,gr}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie finale par CESCOI et par groupe	Wh
$\{C_{ep_gaz}^{CESCI,gr}, C_{ep_fod}^{CESCI,gr}, C_{ep_cha}^{CESCI,gr}, C_{ep_boi}^{CESCI,gr}, C_{ep_ele}^{CESCI,gr}, C_{ep_rdc}^{CESCI,gr}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie par CESCOI et par groupe	Wh

Variables internes

Nom	Description	Unité
Pe_z	Pertes thermiques des zones du ballon	W
Q_{sol}	Energie transférée aux échangeurs solaires des ballons de l'assemblage	W
Q_{sol_unit}	Energie transférée à l'échangeur solaire d'un ballon	W
V_p	Volume horaire puisé (= volume d'eau froide entrant dans le ballon)	L/h
$Q_{fou_sto_ap}$	Energie fournie par l'élément chauffant d'appoint	W
$\Phi_{vc}^{gnr}(h)$	Pertes thermiques vers l'ambiance d'un générateur d'appoint	Wh

	$Q_{req_tot_sr_ch}(h)$	Demande d'énergie en chauffage au niveau d'un générateur d'appoint du CESCOI	Wh
	$Rat_{besoins_sec_e}(h)$	Ratio des besoins d'ECS d'un réseau de distributions du groupe relié au CESCOI sur la somme de tous les besoins d'ECS du CESCOI	-
	$Rat_{bes_ch}^{CESCI,gr}(h)$	Ratio des besoins de chauffage d'un réseau de distributions du groupe relié au CESCOI sur la somme de tous les besoins de chauffage du CESCOI	-
	$\Phi_{vc}^{BS}(h)$	Pertes thermiques vers l'ambiance de la boucle solaire	Wh
	$Id_{fonction}(h)$	Indicateur de fonction accompagnant le $Q_{req}(h)$ (1 : chauffage, 2 : refroidissement, 3 : ECS)	Ent
	$id_{relance}(h)$	Indicateurs de période de relance en chauffage	Bool
	$\theta_{ecs_max}^{gen}$	Température maximale « des réseaux de distribution intergroupes d'ECS connectés à la génération <i>gen</i> . »	°C
	$\theta_{ch_max}^{gen}$	Température maximale « des réseaux de distribution intergroupes de chauffage connectés à la génération <i>gen</i> . »	°C
	$Q_{sys_ds_req_ch}(h)$	Besoins de chauffage majorés des pertes de distributions du groupe	Wh
Températures fonctionnement	$\theta_{aval_ch}(h)$	Température de fonctionnement définie au niveau de la gestion/régulation de la génération en chauffage.	°C
	$\theta_{aval_ch}(h-1)$	Température de fonctionnement définie au niveau de la gestion/régulation de la génération en chauffage, au pas de temps précédent.	°C
Sour. amont	$\theta_{amont}^{SA}(h)$	Température amont calculée au niveau d'une source amont SA donnée.	°C
	$\theta_{amont}^{gnr}(h)$	Température amont du générateur <i>gnr</i> , dans le cas des générateurs thermodynamiques (sans objet sinon).	°C

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg. K)	1,163
$\{Coef_{ep}(énergie)\}$	Vecteur des coefficients d'énergie primaire associés aux différents types d'énergie.	Réel	-

Tableau 1 : Nomenclature des différentes variables du modèle de CESCOI

3.1.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS

Une installation solaire collective individualisée (ou CESCOI) comporte un champ de capteurs solaires, plusieurs ballons de stockage ECS (à priori autant que de logements), des conduites (boucle solaire) reliant le champ de capteurs solaires aux échangeurs internes de chaque ballon de stockage, une pompe pour la mise en circulation du fluide caloporteur, un dispositif de régulation automatique avec action sur la pompe, une source énergétique d'appoint dans chaque ballon individuel.

L'assemblage CESCO assure les besoins d'ECS et éventuellement les besoins de chauffage via les générateurs d'appoint. Il a exactement le même rôle qu'un objet « génération ». A la différence près que les distributions du groupe d'ECS et/ou de chauffage, et non les distributions intergroupes, sont reliées à l'objet CESCO.

Les calculs d'une d'installation centralisée à appoints décentralisés, comme le CESCO, ne se font pas tous à la même échelle : pour répartir l'énergie fournie en sortie de la boucle solaire, qui est centralisée, nous utiliserons un échelon intermédiaire appelé ensemble (ou collection) de ballons individuels. Tous les ballons de stockage d'un ensemble possèdent exactement les mêmes caractéristiques (volume, mode de gestion, générateur d'appoint,...).

3.1.3.1 Prétraitement des données

Ce paragraphe a pour objectif de préparer, à partir des demandes d'énergie d'ECS et de chauffage et des températures des réseaux de distributions, le jeu de données d'entrées nécessaire au modèle du CESCO.

Les données d'entrée sont :

1. Les informations issues de la (ou des) distribution(s) interne(s) au groupe ;
2. Les aspects d'irradiance de la boucle solaire décrits par Isr^* et K_θ ;
3. Des températures externes à l'assemblage qui influent sur l'assemblage.

L'évaluation des paramètres d'intégration (propres à l'assemblage) et le calcul des données d'entrée des fiches constituant l'assemblage est détaillé ci-dessous.

3.1.3.1.1 Type d'assemblage

Les algorithmes ci-dessous décrivent l'assemblage CESCO.

$$Type_{PCAD} = 0 \quad (1)$$

3.1.3.1.2 Fonction de l'assemblage

Dans l'assemblage CESCO, les ballons ne fonctionnent qu'en mode ECS seule. Les générateurs d'appoint des ballons peuvent être mixtes (chauffage+ECS) mais ne peuvent assurer le refroidissement.

$$\begin{aligned} Id_{fousto} &= 3 \\ Id_{fougen} &= 3 \text{ ou } 4 \end{aligned} \quad (2)$$

3.1.3.1.3 Température au niveau de la génération

Pour chaque ensemble de ballon, la température à atteindre au niveau de l'assemblage est celle du réseau de distribution du groupe connecté au ballon.

$$\theta_{ecs_max}^{gen} = \theta_{2nd-e}^{ds-e} \quad (3)$$

Pour chaque générateur faisant du chauffage, la température de fonctionnement est déterminée de la manière suivante. Dans le cas où le réseau est à température de départ constante ou à régulation sur la température extérieure, la référence est la température de départ. Dans le cas

d'une température de retour constante, on calcule l'extrême de la température de départ dans les conditions nominales.

$$\theta_{\max_ch}^{gen} = \underset{ds \in CESCOI}{MAX} \left(\theta_{dep_dim_ch}^{ds} - \frac{\Delta\theta_{em_dim_ch}^{ds}}{2}; \theta_{ret_dim_ch}^{ds} + \frac{\Delta\theta_{em_dim_ch}^{ds}}{2} \right) \quad (4)$$

Note : cette formule est donnée dans l'arrêté modificatif du 16 avril 2013

3.1.3.1.4 Emplacement des ballons et des générateurs (en volume chauffé ou hors volume chauffé)

Les positions des ballons individuels du CESCOI ainsi que de leur générateur d'appoint dépendent de celle de l'assemblage.

3.1.3.1.5 Température ambiante au niveau de l'assemblage

La température ambiante sera utilisée pour le calcul des pertes thermiques de la boucle solaire, des ballons individuels et des générateurs d'appoint. En volume chauffé, elle est supposée constante.

Si $Pos_{gen}=0$ (hors volume chauffé)

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{ext}(h) \quad (5)$$

Si $Pos_{gen}=1$ (en volume chauffé)

$$\theta_{amb}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \times \theta_{amb_ch}$$

3.1.3.1.6 Fonctionnement des ballons d'ECS

3.1.3.1.6.1 Ballons individuels

Les ballons décentralisés se comportent comme des « ballons base + appoint » (avec deux échangeurs).

$$Type_{prod_stockage} = 1 \quad (6)$$

3.1.3.1.6.2 Position de l'échangeur de la boucle solaire dans les ballons

Les échangeurs de la boucle solaire et les sondes de température se situent dans les zones inférieures des ballons.

Pour tous les ensembles {B}

$$z_{base} = z_{reg_base} = 1 \quad (7)$$

3.1.3.1.6.3 Régulation de la boucle solaire

La régulation de la boucle solaire est pilotée par l'irradiance

$$Type_{regul_BS} = 1 \quad (8)$$

3.1.3.1.6.4 Température de consigne des ballons

Les températures de consigne des ballons sont conventionnellement figées à 55°C.

$$\theta_{c_base}^{déc} = \theta_{c_appoint}^{déc} = 55^{\circ}C \quad (9)$$

3.1.3.1.6.5 Ratio des surfaces et des besoins de chaque groupe desservi en ECS

Le calcul suivant permettra de répartir les pertes thermiques des composants centralisés du CESCO (c'est-à-dire la boucle solaire) dans chacun des groupes, au prorata de leurs surfaces.

$$Rat_{surf}^{gen,gr} = Rat_{surf}^{CESCI,gr} = \frac{\sum_{em-e \in gr} A^{gr,em-e}}{\sum_{em-e \in CESCO} A^{gr,em-e}} \quad (10)$$

L'ensemble des distributions du groupe reliées au CESCO peut appartenir à un ou plusieurs groupes. Le calcul suivant permettra de répartir les consommations en énergie finale du CESCO dans chacun des groupes concernés, au prorata de leurs besoins d'ECS.

$$\text{Si } \sum_{ds-e \in CESCO} Q_{w_2nd-e}^{ds-e}(h) \neq 0,$$

$$Rat_{besoins_sec_e}^{gr}(h) = \frac{\sum_{ds-e \in CESCO} Q_{w_2nd-e}^{ds-e}(h)}{\sum_{ds-e \in gr} Q_{w_2nd-e}^{ds-e}(h)} \quad (11)$$

Sinon

$$Rat_{besoins_sec_e}^{gr}(h) = Rat_{surf}^{gen,gr}(h)$$

3.1.3.1.6.6 Demande d'énergie au niveau d'un ballon individuel

Un ensemble de ballons B reçoit une demande d'énergie d'ECS. La demande d'énergie au niveau d'un ballon est égale à l'énergie demandée au niveau de l'ensemble, divisée par le nombre de ballons individuels de l'ensemble nb_{sto}^B .

$$Q_{w_sto_unit-e} = \frac{\sum_{ds-e \in B} Q_{w_2nd-e}^{ds-e}(h)}{nb_{sto}^B} \quad (12)$$

3.1.3.1.6.7 Température d'eau entrant dans les ballons

L'eau entrant dans tous les ballons est de l'eau froide :

$$\theta_{entrant}(h) = \theta_{cw}(h) \quad (13)$$

3.1.3.1.7 Fonctionnement des générateurs d'appoint des ballons

Ces générateurs peuvent être mixtes.

3.1.3.1.7.1 Ratio des surfaces et des besoins de chauffage de chaque groupe

(Note : le calcul est similaire à celui de la gestion-régulation des distributions intergroupes de chauffage et de refroidissement (cf. Th-BCE, §10.8.3.)).

Les distributions du groupe de chauffage sont reliées directement au CESCO. Pour répartir les consommations du CESCO dans chacun des groupes desservis, les ratios suivants sont utilisés.

L'énergie totale en entrée du réseau du CESCO est la somme des besoins augmentés des pertes pour chaque réseau de distribution du groupe :

$$Q_{sys_ds_req_ch}(h) = \sum_{ds \rightarrow CESCO} Q_{sys_ch}^{ds}(h) \quad (14)$$

La surface desservie par les générateurs du CESCO est la somme des surfaces desservies par chacun des émetteurs en chauffage:

$$Rat_{surf_ch}^{CESCI,gr}(h) = Rat_{surf_dess_ch}^{CESCI,gr}(h) = \frac{\left(\sum_{\substack{em \in gr \\ em \rightarrow CESCO}} Rat_{eff_ch}^{gr,em} \right) * A^{gr}}{\sum_{gr \leftarrow CESCO} \left[\left(\sum_{\substack{em \in gr \\ em \rightarrow CESCO}} Rat_{eff_ch}^{gr,em} \right) * A^{gr} \right]} \quad (15)$$

Les ratios de consommations expriment la part de chacun des groupes dans le total d'énergie requis dans le CESCO.

En l'absence de besoins de chaud ($Q_{sys_ds_req_ch}(h)=0$), on répartit les consommations résiduelles au prorata des surfaces desservie dans chaque groupe.

Si $Q_{sys_ds_req_ch}(h) > 0$, alors,

$$Rat_{bes_ch}^{CESCI,gr}(h) = \frac{\sum_{\substack{ds \in gr \\ ds \rightarrow CESCO}} Q_{sys_ch}^{ds}(h)}{Q_{sys_ds_req_ch}(h)} \quad (16)$$

Sinon,

$$Rat_{bes_ch}^{CESCI,gr}(h) = Rat_{surf_ch}^{CESCI,gr}(h)$$

3.1.3.1.7.2 Demande d'énergie au niveau d'un générateur d'appoint

La demande d'énergie de chauffage au niveau d'un générateur d'appoint d'un ballon est égale à l'énergie demandée au niveau de l'ensemble, divisée par le nombre de générateurs d'appoint (égal au nombre de ballons individuels) de l'ensemble nb_{sto}^B .

$$Q_{req_tot_sr_ch}(h) = \frac{\sum_{ds \in CESCO} Q_{sys_ch}^{ds}(h)}{nb_{sto}^B} \quad (17)$$

3.1.3.1.7.3 Gestion des générateurs d'appoint

Par convention, le type de fonctionnement des générateurs d'appoint est en cascade.

$$id_{type_priorite} = 2 : \text{Générateurs en cascade} \quad (18)$$

3.1.3.1.7.4 Indicateur de relance en chauffage

Le CESCO fonctionne en mode relance lorsque le groupe connecté est en période de relance :

$$id_{relance_ch}(h) = \underset{\substack{ds \rightarrow CESCO \\ id_{fonction} = 1}}{MAX} (id_{relance}^{CESCO}(h)) \quad (19)$$

3.1.3.1.7.5 Indicateur de raccordement

Dans le cadre des PCAD, les générateurs d'appoint (présents dans chaque logement) sont isolés hydrauliquement de la génération.

$$id_{raccord}^{gnr}(h) = 1 \quad (20)$$

3.1.3.1.7.6 Prise en compte des sources amont des générateurs

Les sources amont ne concernent que les générateurs thermodynamiques ou générateurs matrices dont le comportement dépend d'une température amont (types 503 à 509).

La fiche « C_Gen_Sources amont des générateurs thermodynamiques » se décompose en deux sous-fonctions. L'une permettant le calcul de la température amont du générateur en fonction des conditions extérieures.

Les températures de sources amont horaires sont calculées une fois pour l'ensemble des générateurs thermodynamiques associés à une même source amont :

$$\theta_{amont}^{SA}(h) = \text{CalculTempAmont}(\phi_{rejet}^{gnr}(h-1)) \quad (21)$$

Et pour tout générateur relié à la source amont : $\theta_{amont}^{gnr}(h) = \theta_{amont}^{SA}(h)$

3.1.3.1.7.7 Générations alimentant des réseaux hydrauliques ($id_{type}^{dp} = 1$)

La génération peut :

- fonctionner à température constante tout au long de la période de chauffage,
- adapter sa température de fonctionnement selon le paramétrage défini au niveau des réseaux de distribution de chauffage et de refroidissement. Dans ce deuxième cas, la période de relance se traduit par un fonctionnement à température maximale.

Lors d'un report de demande en énergie non-assurée, on conserve pour le calcul des performances la température au pas de temps précédent.

En chauffage, si les réseaux sont de types hydrauliques :

$$Si id_{gestion_ch} = 1,, \text{ alors,} \quad (22)$$

$$\theta_{aval_ch}(h) = \theta_{vm_ch}$$

Sinon,

Si $id_{relance_ch}(h) = 1$, alors, (*relance de chauffage*)

$$\theta_{aval_ch}(h) = \theta_{dist_ch_max}^{gen}$$

Sinon,

Si $Q_{ch_req_sr_tot}(h) = 0$ et $Q_{ch_req_ar_tot}(h) > 0$, alors,

$$\theta_{aval_ch}(h) = \theta_{aval_ch}(h-1)$$

Sinon,

$$\theta_{aval_ch}(h) = \underset{\substack{ds \rightarrow gen \\ id_{fonction} = 1}}{MAX} (\theta_{moy}^{ds}(h))$$

Où $\theta_{moy}^{ds}(h)$ est égal à

$$\theta_{moy}^{ds}(h) = \frac{\theta_{dep}^{ds}(h) + \theta_{ret}^{ds}(h)}{2} \quad (23)$$

3.1.3.1.7.8 Générations sur air (réseaux fictifs : $id_{type}^{ds} = 0$)

La température de fonctionnement est calculée au prorata des températures d'air équivalentes vues par les différentes distributions intergroupes. Il peut s'agir des températures d'air ambiantes ou des températures au niveau des batteries de préchauffage ou prérefroidissement des CTA.

En chauffage, si les réseaux sont de types fictifs

$$\theta_{aval_ch}(h) = \sum_{\substack{ds \rightarrow CESCO \\ id_{fonction} = 1}} Rat_{bes_gen_ch}^{ds}(h) \theta_{i,aval,eq}^{ds}(h) \quad (24)$$

3.1.3.1.7.9 Demandes en chauffage par poste en incluant le report de demande

Les demandes totales en chauffage horaires par poste sont utilisées pour la répartition des charges au sein de la génération. De manière générale, elles sont corrigées pour prendre en compte les éventuels reports d'énergie au pas de temps précédent.

$$Q_{req_tot_ar_ch}(h) = Q_{req_tot_sr_ch}(h) + Q_{rep_ch}(h-1) \quad (25)$$

3.1.3.2 Ordre des calculs

Les étapes de calculs de l'assemblage seront reproduites pour chaque ensemble de ballons du CESCO. Seule la boucle solaire est commune à tous les ballons, ce qui induit un calcul de répartition détaillé ci-dessous.

Au début du pas de temps, le champ de température du ballon est connu. La génération débute par le fonctionnement ECS et poursuit par le chauffage.

1. La première étape : volume puisé

La première étape débute par un calcul itératif entre la fiche « gestion-régulation base » et la fiche « ballon de stockage » pour le calcul du volume puisé. L'énergie requise est égale à $Q_{w_sto_unit-e}(h)$.

A chaque itération, le volume puisé calculé (à partir de la température de la zone supérieure du ballon de l'itération précédente) est envoyé aux algorithmes du ballon de stockage. Ces derniers déterminent les températures du ballon après un éventuel mélange, mais sans tenir compte des apports de puissance et des pertes du ballon.

Il faut attendre la fin de la boucle itérative de chaque ensemble de ballons, de manière à connaître toutes les températures de tous les ballons constituant le CESCO, avant de lancer la deuxième étape.

2. Deuxième étape : la boucle solaire

La boucle solaire est indépendante de la gestion-régulation de la base des ballons. Elle fournit l'énergie disponible, tant que le (ou les) élément(s) de stockage ne dépasse(nt) pas la température maximale.

Température moyenne des zones inférieures des ballons

Pour faire le bilan énergétique de la boucle solaire et obtenir Q_{sol} , il est nécessaire de connaître la température moyenne des zones inférieures de tous les ballons individuels de l'assemblage.

$$\theta_{b_moy_ech}^{CESCI}(h) = \frac{\sum_{B \in CESCO} \left(\sum_{sto \in B} V_{z_{base}}^{sto} * \theta_{b_moy_ech}^{sto,base}(h) \right)}{\sum_{B \in CESCO} \sum_{sto \in B} V_{z_{base}}^{sto}} \quad (26)$$

Energie solaire injectée

Après le bilan énergétique de la boucle solaire, l'énergie solaire totale transférée aux ballons est répartie à chaque ensemble de ballons au prorata de leurs volumes. Puis répartie équitablement à chaque ballon au sein d'un même ensemble.

Pour chaque ensemble {B}

$$Q_{sol_ens}^B = Q_{sol} \cdot \frac{V_{z_{base}}^{sto} * nb_{sto}^B}{\sum_{B \in CESCO} (V_{z_{base}}^{sto} * nb_{sto}^B)} \quad (27)$$

Pour un ballon individuel appartenant à l'ensemble {B}

$$Q_{sol_unit} = \frac{Q_{sol_ens}^B}{nb_{sto}^B} \quad (28)$$

Le (ou les) échangeur(s) est (sont) intégré(s) au modèle de boucle solaire.

La puissance de (ou des) pompe(s) de la boucle solaire sera ajoutée à la consommation des auxiliaires électriques de l'assemblage.

3. Troisième étape : l'élément de stockage ECS

Après injection de l'énergie solaire unitaire dans le ballon, il faut recalculer le champ de températures du ballon.

Le ballon de stockage est décrit par quatre zones. Chaque zone z du ballon reçoit une énergie $Q_{i,z}$ comme suit :

1. La boucle solaire est connectée à la zone $z = z_{base} = 1$ donc l'entrée du ballon $Q_{i,1}$ reçoit la sortie de la boucle solaire Q_{sol_unit} . Les pertes thermiques sont également comptées.
2. La zone $z = 2$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,2} = 0$. Mais les pertes sont comptées.
3. La zone $z = 3$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,3} = 0$. Mais les pertes sont comptées.
4. La zone $z = 4$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,4} = 0$. Mais les pertes sont comptées.

Une fois l'énergie reçue, le ballon met à jour les températures de chaque zone compte tenu de la stratification des zones du ballon.

4. Quatrième étape : gestion-régulation de l'appoint du ballon

La position de l'appoint dans le ballon est un paramètre d'intégration. Cette étape permet d'évaluer l'énergie à fournir pour maintenir les zones chauffées par l'appoint à la température de consigne.

5. Cinquième étape : assemblage générateur pour stockage (appoint)

L'assemblage générateur détermine à partir de l'énergie requise $Q_{req_sto_ap}$, de la température moyenne du ballon vue par l'échangeur et des caractéristiques de ce dernier, l'énergie réellement fournie au ballon.

Algorithme principal pour les générateurs instantanés

Les algorithmes seront décrits avec l'indice $[po.]$, pouvant représenter les indices ch , fr ou ecs . Les paragraphes spécifiques à l'un ou l'autre des usages sont précisés.

On notera $G_{[po.]}$ l'ensemble des générateurs (ou systèmes de stockage, dans le cadre d'une gestion en cascade) participant à la fourniture du poste $[po.]$.

Note : la puissance nominale d'un générateur en chauffage et/ou ECS est un paramètre commun, étant donné que ces fonctions sont couplées.

Note2 : En CESCO, seul le mode cascade ($id_{type_priorite}=2$) est autorisé.

Le déroulement est le suivant :

- **ETAPE 1** : initialisation des compteurs d'énergie et des indicateurs de fonctionnement :

$$\begin{cases} Q_{req} = Q_{req_tot_ar_ch}(h) \\ Q_{rest} = Q_{req_tot_ar_ch}(h) \end{cases} \quad (29)$$

- **ETAPE 2** : fonctionnement en refroidissement absent des CESCO.
- **ETAPE 3** : appel des générateurs en ECS selon leurs disponibilités. Dans les CESCO, l'appel en ECS se fait exclusivement par la production stockage (cf. ci-dessus).

(Calculs des générateurs en stand-by)

6. Sixième étape : l'élément de stockage ECS

A cette étape, les pertes, déjà comptabilisées, sont supposées nulles. Seule l'énergie fournie par l'appoint dans la zone z_{ap} sera intégrée au calcul des températures du ballon. Les températures sont actualisées.

7. Septième étape : les générateurs d'appoint en mode chauffage

Le fonctionnement des générateurs en mode chauffage suit le fonctionnement en mode ECS.

Lorsque les générateurs d'appoint des ballons du CESCO assurent également le chauffage, l'objet PCAD appelle ces derniers (conformément à la Gestion-régulation de la Génération (chapitre 10.15 de Th-BCE) pour couvrir les besoins de chauffage. La puissance disponible de ces générateurs en mode chauffage dépend de la durée de fonctionnement du générateur en mode ECS.

(Reprise des calculs des générateurs)

- **ETAPE 4** : appel des générateurs en **chauffage** selon leurs disponibilités :

$$id_{fonction} = 1 \quad (30)$$

- o **Hors saison de fonctionnement** : $Aut_{ch}(j) \neq 1$

Les générateurs sont désactivés pour le poste considéré.

- **En saison de fonctionnement :** $Aut_{ch}(j) = 1$

DEBUT DE LA BOUCLE : générateur $gnr \in G_{ch}$

Calcul du ratio de puissance disponible

$$R_{pui_dispo} = 1 - R_{fonctecs}^{gnr}(h)$$

Si $R_{pui_dispo} > 0$, alors, (si la puissance disponible n'est pas nulle)

Appel du générateur

$$\begin{bmatrix} \{Q_{cef(1;enr)}\} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \begin{bmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval_ch}(h) \\ Q_{req} \\ i_{fonction} \\ R_{pui_dispo} \end{bmatrix}$$

Report de puissance :

$$Q_{req} = Q_{rest} \quad (31)$$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur :

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche »

$$\begin{cases} \{Q_{cef(1;enr)}^{gnr}(h)\} += \{Q_{cef(1;enr)}\} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou_ch}^{gnr}(h) = Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui_dispo} \cdot \tau_{charge} \\ \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \\ \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ \eta_{eff_ch}^{gnr}(h) = \eta_{eff} \end{cases}$$

GENERATEUR SUIVANT : générateur $gnr' \in G_{ch}$ tel que $id_{priorite_ch}^{gnr'}$

premier indicateur supérieur à $id_{priorite_ch}^{gnr}$ parmi les générateur de G_{ch} ,
ou FIN DE LA BOUCLE

- **ETAPE 5** : calcul horaire de l'énergie reportée (qui correspond à l'énergie restant à fournir par le dernier générateur de la cascade)

$$Q_{rep_ch}(h) = Q_{rest} \quad (32)$$

Calculs des auxiliaires amont des générateurs

La fiche « *C_Gen_Sources amont des générateurs thermodynamiques* » décrit le calcul des puissances d'auxiliaires amont en fonction de la charge des différents générateurs thermodynamiques reliés.

Le calcul est réalisé après finalisation des algorithmes de gestion des priorités, pour l'ensemble des générateurs tels que $id_{source_amont}^{gnr} = 1$, uniquement pendant les périodes de fonctionnement du générateur :

Soit l'ensemble des générateurs $gnr = 1$ à N associés à la source amont

$$SA : \quad [W_{aux,am}^{gnr}(h)]_{gnr=1 \text{ à } N} = CalculAuxAmont^{SA}([\tau_{charge}^{gnr}(h)]_{gnr=1 \text{ à } N}) \quad (33)$$

La consommation des auxiliaires amont est ajoutée à celle des auxiliaires, ainsi qu'à la matrice de consommations du générateur au prorata des charges dans les différents postes.

$$W_{aux}^{gnr}(h)+ = W_{aux,am}^{gnr}(h) \quad (34)$$

Si $\tau_{charge}^{gnr}(h) > 0$, alors,

$$Q_{cef(1,;50)}^{gnr}(h)+ = (1 - \frac{R_{fonctecs}^{gnr}(h)}{\tau_{charge}^{gnr}(h)}) \cdot W_{aux,am}^{gnr}(h)$$

$$Q_{cef(3,;50)}^{gnr}(h)+ = \frac{R_{fonctecs}^{gnr}(h)}{\tau_{charge}^{gnr}(h)} \cdot W_{aux,am}^{gnr}(h)$$

Sinon, (en l'absence de charge sur le générateur) (35)

Si $i_{fougen}^{gnr} = 3$ ou $Aut_{ch}(j) = 0$ (équivalent à $id_{ecs_seule} = 1$),

alors,

$$Q_{cef(3,;50)}^{gnr}(h)+ = W_{aux,am}^{gnr}(h)$$

Sinon,

$$Q_{cef(1,;50)}^{gnr}(h)+ = W_{aux,am}^{gnr}(h)$$

Note : les calculs de consommation se font par générateur. Pour obtenir les consommations totales du CESCO, ces consommations seront multipliés par le nombre de générateurs présents, à savoir $Rdim * nb_{sto_b}$ (cf. § 3.1.3.4.2.1.)

3.1.3.3 L'assemblage du CESC

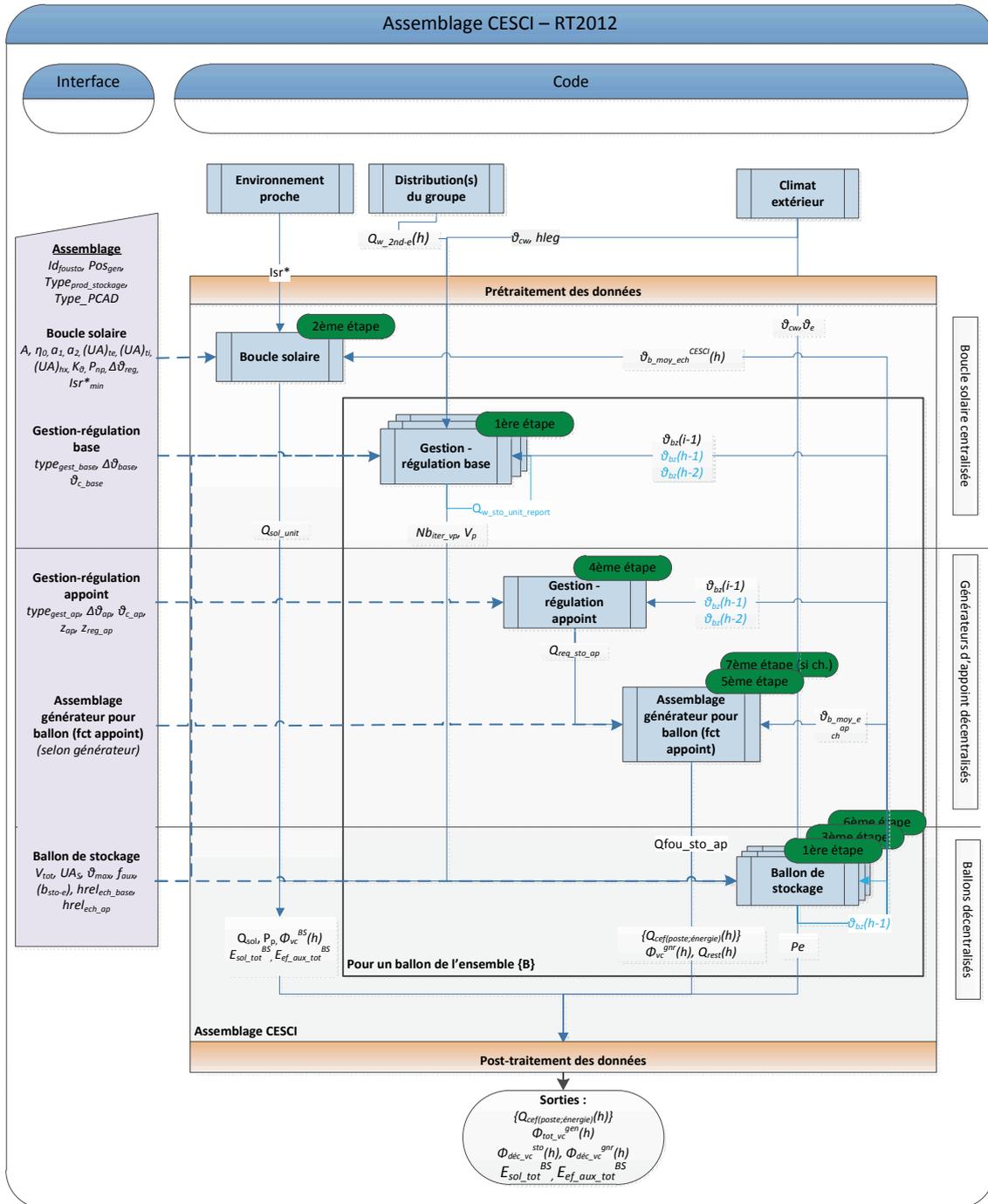


Figure 2 : Schéma d'assemblage du modèle de CESC

3.1.3.4 Traitement des données de sortie

Les résultats de la simulation donnent les énergies consommées par le système d'appoint d'un ballon (sous forme matricielle) et par la ou (les) pompe(s) de la boucle solaire P_p . Ainsi que les pertes thermiques d'un ballon et celles, éventuelles, du générateur d'appoint (les pertes de la boucle solaire sont quant à elles incluses dans le calcul de l'énergie solaire injectée Q_{sol}).

3.1.3.4.1 Sous-dimensionnement des générateurs en chauffage

Les indicateurs de sous-dimensionnement ne concernent que les générateurs d'appoint (le sous-dimensionnement des ballons de stockage est évaluée séparément).

Le nombre d'heures de sous-dimensionnement permet de déclencher les alertes dans le cas où la capacité de la génération est dépassée sur de longues périodes :

$$\begin{aligned} \text{Si } Q_{rep_ch}(h) > 0 \\ Nb_{soudim_ch}(h) &= Nb_{soudim_ch}(h-1) + 1 \\ \text{Sinon,} \\ Nb_{soudim_ch}(h) &= 0 \end{aligned} \quad (36)$$

A partir de 6 heures de sous-dimensionnement successives, on considère qu'il y a sous-dimensionnement:

$$\begin{aligned} \text{Si } Nb_{soudim_ch}(h) > 6, \text{ alors,} \\ id_{soudim_court_ch} &= 1 ; \end{aligned} \quad (37)$$

A partir de 72 heures de sous-dimensionnement successives, on considère que le sous-dimensionnement a dépassé le seuil critique :

$$\begin{aligned} \text{Si } Nb_{soudim_ch}(h) > 72, \text{ alors,} \\ id_{soudim_long_ch} &= 1 ; \end{aligned} \quad (38)$$

Le moteur plante.

3.1.3.4.2 Calcul des consommations finales horaires

3.1.3.4.2.1 Pour l'assemblage CESCOI

Dans le cas du CESCOI, la consommation en énergie finale est la somme des consommations de tous les générateurs d'appoint (présentées sous forme de matrice) ajoutée à la consommation de la pompe de la boucle solaire. Elle s'exprime, à chaque pas de temps, de la façon suivante :

$$\{Q_{cef(3;energie)}^{CESCOI}(h)\} = \sum_B (nb_{sto}^B \cdot \{Q_{cef(3;energie)}^{appoint}(h)\}) + \{Q_{cef(3;energie)}^{BS}(h)\} \quad (39)$$

$$\{Q_{cef(1;energie)}^{CESCOI}(h)\} = \sum_B (nb_{sto}^B \cdot \{Q_{cef(1;energie)}^{appoint}(h)\}) \quad (40)$$

3.1.3.4.2.2 Par groupe

$$\{Q_{cef(3;energie)}^{CESCI,gr}(h)\} = \{Q_{cef(3;energie)}^{CESCI}(h)\} * Rat_{besoins_sec_e}^{gr}(h) \quad (41)$$

$$\{Q_{cef(1;energie)}^{CESCI,gr}(h)\} = \{Q_{cef(1;energie)}^{CESCI}(h)\} * Rat_{bes_ch}^{CESCI,gr}(h) \quad (42)$$

3.1.3.4.3 Calcul des consommations mensuelles et annuelles

Les consommations en énergies finale et primaire de l'assemblage CESCO sont présentées sous forme mensuelles et annuelles, au niveau de l'assemblage et au niveau du groupe.

3.1.3.4.3.1 Pour l'assemblage CESCO

Pour le chauffage

$$C_{ef_ch_m}^{CESCI} = \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(1;en)}^{CESCI}(h) \quad (43)$$

$$C_{ep_ch_m}^{CESCI} = \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(1;en)}^{CESCI}(h) * Coef_{ep(en)})$$

$$C_{ef_ch}^{CESCI} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_ch_m}^{CESCI} \quad (44)$$

$$C_{ep_ch}^{CESCI} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_ch_m}^{CESCI}$$

Pour l'ECS

$$C_{ef_ecs_m}^{CESCI} = \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(3;en)}^{CESCI}(h) \quad (45)$$

$$C_{ep_ecs_m}^{CESCI} = \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(3;en)}^{CESCI}(h) * Coef_{ep(en)})$$

$$C_{ef_ecs}^{CESCI} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_ecs_m}^{CESCI} \quad (46)$$

$$C_{ep_ecs}^{CESCI} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_ecs_m}^{CESCI}$$

3.1.3.4.3.2 Par groupe

Pour le chauffage

$$C_{ef_ch_m}^{CESCI,gr} = \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(1;en)}^{CESCI,gr}(h) \quad (47)$$

$$C_{ep_ch_m}^{CESCI,gr} = \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(1;en)}^{CESCI,gr}(h) \cdot Coef_{ep(en)})$$

$$C_{ef_ch}^{CESCI,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_ch_m}^{CESCI,gr}$$

$$C_{ep_ch}^{CESCI,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_ch_m}^{CESCI,gr}$$
(48)

Pour l'ECS

$$C_{ef_ecs_m}^{CESCI,gr} = \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(3;en)}^{CESCI,gr}(h)$$

$$C_{ep_ecs_m}^{CESCI,gr} = \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(3;en)}^{CESCI,gr}(h) \cdot Coef_{ep(en)})$$
(49)

$$C_{ef_ecs}^{CESCI,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_ecs_m}^{CESCI,gr}$$

$$C_{ep_ecs}^{CESCI,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_ecs_m}^{CESCI,gr}$$
(50)

3.1.3.4.3.3 Consommations en énergie finale et primaire par type d'énergie

Si les appoints des ballons de l'assemblage CESCOI sont par hypothèse de même nature (type d'énergie, puissance maximale,...), les informations qui sortent de l'assemblage CESCOI doivent respecter un certain formalisme. C'est pourquoi il est nécessaire de construire les matrices des consommations par type d'énergie.

3.1.3.4.3.3.1 Pour l'assemblage CESCOI

Les consommations par type d'énergie et par CESCOI s'expriment uniquement sous forme d'un résultat total annuel :

$$C_{ef_gaz}^{CESCI} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;10)}^{CESCI}(h))$$
(51)

$$C_{ef_fod}^{CESCI} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;20)}^{CESCI}(h))$$
(52)

$$C_{ef_cha}^{CESCI} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;30)}^{CESCI}(h))$$
(53)

$$C_{ef_boi}^{CESCI} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;40)}^{CESCI}(h))$$
(54)

$$C_{ef_ele}^{CESCI} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;50)}^{CESCI}(h)) \quad (55)$$

$$C_{ef_rdc}^{CESCI} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;60)}^{CESCI}(h)) \quad (56)$$

$$C_{ep_gaz}^{CESCI} = Coef_{ep(10;1)} \times C_{ef_gaz}^{CESCI} \quad (57)$$

$$C_{ep_fod}^{CESCI} = Coef_{ep(20;1)} \times C_{ef_fod}^{CESCI} \quad (58)$$

$$C_{ep_cha}^{CESCI} = Coef_{ep(30;1)} \times C_{ef_cha}^{CESCI} \quad (59)$$

$$C_{ep_boi}^{CESCI} = Coef_{ep(40;1)} \times C_{ef_boi}^{CESCI} \quad (60)$$

$$C_{ep_ele}^{CESCI} = Coef_{ep(50;1)} \times C_{ef_ele}^{CESCI} \quad (61)$$

$$C_{ep_rdc}^{CESCI} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef_rdc}^{CESCI} \quad (62)$$

3.1.3.4.3.2 Pour l'assemblage CESCI et par groupe

Les consommations par type d'énergie et par CESCI, pour un groupe, s'expriment uniquement sous forme d'un résultat total annuel :

$$C_{ef_gaz}^{CESCI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;10)}^{CESCI,gr}(h)) \quad (63)$$

$$C_{ef_fod}^{CESCI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;20)}^{CESCI,gr}(h)) \quad (64)$$

$$C_{ef_cha}^{CESCI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;30)}^{CESCI,gr}(h)) \quad (65)$$

$$C_{ef_boi}^{CESCI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;40)}^{CESCI,gr}(h)) \quad (66)$$

$$C_{ef_ele}^{CESCI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;50)}^{CESCI,gr}(h)) \quad (67)$$

$$C_{ef_rdc}^{CESCI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;60)}^{CESCI,gr}(h)) \quad (68)$$

$$C_{ep_gaz}^{CESCI,gr} = Coef_{ep(10;1)} \times C_{ef_gaz}^{CESCI,gr} \quad (69)$$

$$C_{ep_fod}^{CESCI,gr} = Coef_{ep(20;1)} \times C_{ef_fod}^{CESCI,gr} \quad (70)$$

$$C_{ep_cha}^{CESCI,gr} = Coef_{ep(30;1)} \times C_{ef_cha}^{CESCI,gr} \quad (71)$$

$$C_{ep_boi}^{CESCI,gr} = Coef_{ep(40;1)} \times C_{ef_boi}^{CESCI,gr} \quad (72)$$

$$C_{ep_ele}^{CESCI,gr} = Coef_{ep(50;1)} \times C_{ef_ele}^{CESCI,gr} \quad (73)$$

$$C_{ep_rdc}^{CESCI,gr} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef_rdc}^{CESCI,gr} \quad (74)$$

3.1.3.4.4 Energie restante à fournir par les générateurs

Dans le cas de la production d'eau chaude avec stockage, le report d'énergie est géré au niveau du puisage dans le ballon et non, contrairement aux systèmes de production instantanée, au niveau du (ou des) générateur(s) associés au ballon.

$$Q_{rest}^{gnr}(h) = 0 \quad (75)$$

3.1.3.4.5 Calcul des pertes thermiques récupérables

Les pertes thermiques de l'assemblage CESCO récupérables par l'ambiance concernent les ballons décentralisés et leurs générateurs d'appoint (appartenant à un groupe) mais aussi la boucle solaire.

3.1.3.4.5.1 Au niveau de l'assemblage CESCO

La génération centralisée ne contient que la boucle solaire (ses pertes thermiques vers l'ambiance seront réparties au prorata des groupes desservis dans les algorithmes des pertes récupérables).

$$\Phi_{tot_vc}^{gen}(h) = \Phi_{vc}^{BS}(h) \quad (76)$$

3.1.3.4.5.2 Au niveau du (des) groupe(s)

Les pertes thermiques des ballons et générateurs d'appoints décentralisés sont directement récupérables par les ambiances du groupe auquel ils appartiennent.

$$\Phi_{dec_vc}^{sto}(h) = \sum_{sto \in gr} (nb_{sto} * Pe(h)) * Is_{sto_vc} \quad (77)$$

$$\Phi_{dec_vc}^{gnr}(h) = \sum_{gnr \in gr} (nb_{sto} * \Phi_{vc}^{gnr}(h)) \quad (78)$$

$$\Phi_{tot_vc}^{gen,gr}(h) = \Phi_{tot_vc}^{gen}(h) * Rat_{surf}^{gen,gr} \quad (79)$$

3.2 S2_GEN_CESCAI

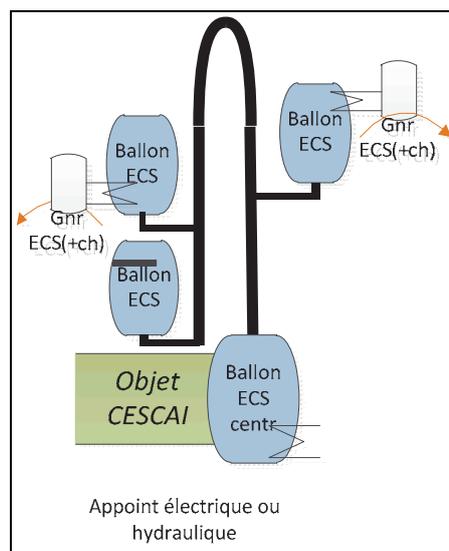
3.2.1 INTRODUCTION

Cette fiche algorithmique décrit l'assemblage des fiches principales constituant le système solaire collectif à appoint individuel (ou CESCAI). On trouve ce type de production en logements collectifs.

Cette production est constituée d'un élément de stockage centralisé, alimentée uniquement par une boucle solaire. De ce stockage central part un réseau de distribution intergroupe qui alimente des ballons décentralisés (ou individuels). Chacun de ces ballons intègre un appoint, dans le cas où l'énergie extraite du ballon solaire est insuffisante pour couvrir la totalité de la demande d'énergie.

Comme le CESCO, le CESCAI est de même nature dans le code qu'une génération.

Les différentes configurations de CESCAI sont détaillées ci-dessous :



Les générateurs d'appoint sont appelés si nécessaire pour réchauffer le ballon d'ECS mais peuvent également être utilisés pour le chauffage instantané.

Il n'y a pas de distribution intergroupe de chauffage.

3.2.2 NOMENCLATURE

Le Tableau 2 donne la nomenclature des différentes variables du modèle d'assemblage des fiches algorithmiques liées à l'assemblage CESCAI.

Entrées du système

	Nom	Description	Unité
	I_{sr}^*	Irradiance (ensoleillement) sur le plan des capteurs	W/m ²
	$\theta_e(h)$	Température extérieure	°C
	$\theta_{cw}(h)$	Température de l'eau froide	°C
	$A_{gr,em-e}$	Surface du groupe desservie par un émetteur ECS équivalent	m ²
	$Q_{w,2nd-e}(h)$	Besoins d'ECS majorés des pertes de distributions du groupe	Wh
Distr. du groupe.	$Q_{sys_ch}^{ds}(h)$	Énergie requise par le réseau du groupe ds en chauffage.	Wh
	$\theta_{dep}^{ds}(h)$	Température du départ du réseau du groupe ds, pour le chauffage ou le refroidissement.	°C
	$\theta_{ret}^{ds}(h)$	Température du départ du réseau du groupe ds, pour le chauffage ou le refroidissement.	°C
	$Rat_{eff_ch}^{gr,em}$	Part de l'énergie effective assurée par l'émetteur <i>em</i> en chauffage, pour le groupe <i>gr</i> desservi par la distribution intergroupes.	Ent
↳	$b_{therm}(h)$	Facteur de réduction des déperditions thermiques induit par l'espace tampon	-
	h_{leg}	Heure légale	-

(+voir fiche(s) d'assemblage du (ou des) générateurs)

Paramètres intrinsèques du système

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
nb_{sto}^B	Nombre de ballons de stockage décentralisés de l'ensemble {B} strictement identiques	-	0	+∞	-
nb_{sto}^{centr}	Nombre de ballons de stockage centralisés (voir paramètres des fiches de l'assemblage)	-	0	+∞	1

Paramètres d'intégration du système

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$Type_PCAD$	Type de production centralisée à appoints décentralisés : 2- CESCO (Chauffe-Eau Solaire Collectif Individualisé) 3- CESCAI (Chauffe-Eau Solaire Collectif à Appoint Individuel)	-	0	1	1
nb_{ens}	Nombre d'ensemble de ballons décentralisés strictement identiques Fonction de l'élément de stockage - 1 : Chauffage, - 2 : Refroidissement,	-	0	+∞	-
id_{fousto}	- 3 : ECS, - 4 : Chauffage et ECS, - 5 : Chauffage et refroidissement. Fonction du générateur <i>gnr</i> compris dans la génération :	Ent.	1	5	3
id_{fougen}^{gnr}	1 : Chauffage 2 : Refroidissement 3 : ECS 4 : Chauffage et ECS 5 : Chauffage et refroidissement	Ent	1	5	-
$id_{priorite_ch}^{gnr}$	Indice de priorité en chauffage. Priorité de fonctionnement des générateurs pour la génération :	Ent.	1	+∞	-
$id_{type_priorite}$	1 : Sans priorité, 2 : Générateurs en cascade, 3 : Générateurs alternés.	Ent	1	3	-

GJR réseau du groupe	$id_{raccord_gnr}$	Type de raccordement des générateurs entre eux, pour un mode de gestion avec priorité : <i>0 : Permanent,</i> <i>1 : Avec isolement</i>	Ent	0	1	1
	pos_{gen}	Position de l'assemblage CESCAI <i>0 : Hors volume chauffé,</i> <i>1 : En volume chauffé.</i>	Ent	0	1	-
	Agr	Surface du groupe	m ²	0	+∞	
	$\theta_{dep_dim_ch}^{ds}$	Température de départ de dimensionnement.	°C	-∞	+∞	
	$\theta_{ret_dim_ch}^{ds}$	Température de retour de dimensionnement.	°C	-∞	+∞	
	$\Delta\theta_{em_dim_ch}^{ds}$	Différence nominale de température dans le réseau de distribution du groupe entre départ et retour, liée au dimensionnement.	°C	-∞	+∞	
Fonctionnement en chauffage	$id_{gestion_ch}$	Type de gestion de la température de génération en chauffage. <i>1 : fonctionnement à température moyenne constante,</i> <i>2 : fonctionnement à la température moyenne des réseaux de distribution.</i>	Ent	1	2	-
	θ_{wm_ch}	Température de fonctionnement de la génération pour un fonctionnement à température constante. <i>(voir paramètres des fiches de l'assemblage et de la GR de la génération)</i>	°C	0	100	-

Sorties

	Nom	Description	Unité
Pertes des stockages d'ECS	$\Phi_{pertes_vc_prim-e}(h)$	Pertes en volume chauffé du réseau de distribution intergroupes d'ECS	Wh
	W_{aux_prim-e}	Consommation des auxiliaires du réseau de distribution intergroupes d'ECS	Wh
	$W_{rechauf_prim-e}$	Consommation électrique de l'éventuel réchauffeur de la distribution intergroupe bouclée d'ECS, en énergie finale	Wh
Gnr décentralisés	$\Phi_{dec_vc}^{sto}(h)$	Pertes vers des espaces chauffés des systèmes des ballons décentralisés de l'ECS.	Wh
	$\Phi_{dec_vc}^{gnr}(h)$	Pertes et consommations des auxiliaires des générateurs décentralisés transmises au volume chauffé.	Wh
Génération	$\Phi_{tot_vc}^{gen}(h)$	Pertes et consommations des auxiliaires du CESCAI (càd de la génération) transmises au volume chauffé.	Wh

$Rat_{surf}^{gen,gr}$ $= Rat_{surf}^{CESCAI,gr}$	Ratio de la surface du groupe gr sur la surface totale desservie par la génération pour l'ensemble des postes.	-
$Rat_{surf}^{CESCAI,gr}$ $= Rat_{surf_dess_ch}^{CE,gr}$	Ratio de la surface du groupe gr sur la surface totale desservie par la génération pour le poste chauffage	
$E_{sol_tot}^{BS}$	Energie totale annuelle cumulée transmise à l'échangeur de la boucle solaire	Wh/an
$E_{ef_aux_tot}^{BS}$	Energie totale annuel cumulée consommée par la pompe de la boucle solaire.	Wh/an
$\{Q_{eff}^{(poste;energie)}\}_{CESCAI}(h)}$	Matrice des consommations en énergie finale en fonction des postes et du type d'énergie.	Wh
$\{Q_{eff}^{(poste;energie)}\}_{CESCAI,gr}(h)}$	Matrice des consommations en énergie finale en fonction des postes et du type d'énergie, répartie au niveau du groupe	Wh
$C_{ef_ecs_m}^{CESCAI}$	Consommation mensuelle en énergie finale d'ECS, par CESCAI	Wh
$C_{ep_ecs_m}^{CESCAI}$	Consommation mensuelle en énergie primaire d'ECS, par CESCAI	Wh
$C_{ef_ecs}^{CESCAI}$	Consommation annuelle en énergie finale d'ECS, par CESCAI	Wh
$C_{ep_ecs}^{CESCAI}$	Consommation annuelle en énergie primaire d'ECS, par CESCAI	Wh
$C_{ef_ecs_m}^{CESCAI,gr}$	Consommation mensuelle en énergie finale d'ECS, par CESCAI et par groupe	Wh
$C_{ep_ecs_m}^{CESCAI,gr}$	Consommation mensuelle en énergie primaire d'ECS, par CESCAI et par groupe	Wh
$C_{ef_ecs}^{CESCAI,gr}$	Consommation annuelle en énergie finale d'ECS, par CESCAI et par groupe	Wh
$C_{ep_ecs}^{CESCAI,gr}$	Consommation annuelle en énergie primaire d'ECS, par CESCAI et par groupe	Wh
$C_{ef_ch_m}^{CESCAI}$	Consommation mensuelle en énergie finale de chauffage, par CESCAI	Wh
$C_{ep_ch_m}^{CESCAI}$	Consommation mensuelle en énergie primaire de chauffage, par CESCAI	Wh
$C_{ef_ch}^{CESCAI}$	Consommation annuelle en énergie finale de chauffage, par CESCAI	Wh
$C_{ep_ch}^{CESCAI}$	Consommation annuelle en énergie primaire de chauffage, par CESCAI	Wh
$C_{ef_ch_m}^{CESCAI,gr}$	Consommation mensuelle en énergie finale de chauffage, par CESCAI et par groupe	Wh
$C_{ep_ch_m}^{CESCAI,gr}$	Consommation mensuelle en énergie primaire de chauffage, par CESCAI et par groupe	Wh
$C_{ef_ch}^{CESCAI,gr}$	Consommation annuelle en énergie finale de chauffage, par CESCAI et par groupe	Wh
$C_{ep_ch}^{CESCAI,gr}$	Consommation annuelle en énergie primaire de chauffage, par CESCAI et par groupe	Wh
$\{C_{ef_gaz}^{CESCAI}, C_{ef_fod}^{CESCAI}, C_{ef_cha}^{CESCAI}, C_{ef_boi}^{CESCAI}, C_{ef_ele}^{CESCAI}, C_{ef_rdc}^{CESCAI}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie finale (de chaud, de froid et d'ECS) par CESCAI	Wh
$\{C_{ep_gaz}^{CESCAI}, C_{ep_fod}^{CESCAI}, C_{ep_cha}^{CESCAI}, C_{ep_boi}^{CESCAI}, C_{ep_ele}^{CESCAI}, C_{ep_rdc}^{CESCAI}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie par CESCAI	Wh
$\{C_{ef_gaz}^{CESCAI,gr}, C_{ef_fod}^{CESCAI,gr}\}$	Matrice des consommations annuelles d'énergie finale par CESCAI et par groupe	Wh

$C_{ef_cha}^{CESCAI,gr}$,
 $C_{ef_boi}^{CESCAI,gr}$,
 $C_{ef_ele}^{CESCAI,gr}$,
 $C_{ef_rdc}^{CESCAI,gr}$ }
 $\{C_{ep_gaz}^{CESCAI,gr}$,
 $C_{ep_fod}^{CESCAI,gr}$,
 $C_{ep_cha}^{CESCAI,gr}$,
 $C_{ep_boi}^{CESCAI,gr}$,
 $C_{ep_ele}^{CESCAI,gr}$,
 $C_{ep_rdc}^{CESCAI,gr}\}$

Matrice des consommations annuelles d'énergie
primaire par CESCAI et par groupe

Wh

Variables internes

	Nom	Description	Unité
	$Id_{fonction}(h)$	Indicateur de fonction accompagnant le $Q_{req}(h)$ (1 : chauffage, 2: refroidissement, 3: ECS)	Ent
	$id_{relance}(h)$	Indicateurs de période de relance en chauffage	Bool
	$\theta_{ecs_max}^{gen}$	Température maximale « des réseaux de distribution intergroupes d'ECS connectés à la génération <i>gen.</i> »	°C
	$\theta_{ch_max}^{gen}$	Température maximale « des réseaux de distribution intergroupes de chauffage connectés à la génération <i>gen.</i> »	°C
	$Q_{sys_ds_req_ch}(h)$	Besoins de chauffage majorés des pertes de distributions du groupe	Wh
Températures fonctionnement	$\theta_{ava_ch}(h)$	Température de fonctionnement définie au niveau de la gestion/régulation de la génération en chauffage.	°C
	$\theta_{ava_ch}(h-1)$	Température de fonctionnement définie au niveau de la gestion/régulation de la génération en chauffage, au pas de temps précédent.	°C
Sour. amont	$\theta_{amont}^{SA}(h)$	Température amont calculée au niveau d'une source amont SA donnée.	°C
	$\theta_{amont}^{gnr}(h)$	Température amont du générateur <i>gnr</i> , dans le cas des générateurs thermodynamiques (sans objet sinon).	°C
	V_p	Volume horaire puisé	L/h
	$Q_{fou_sto_ap}$	Energie fournie par l'élément chauffant d'appoint	W
	Pe_z	Pertes thermiques des zones du ballon	W
	$\Phi_{vc}^{gnr}(h)$	Pertes thermiques vers l'ambiance d'un générateur d'appoint	Wh
	$Q_{req_tot_sr_ch}(h)$	Demande d'énergie en chauffage au niveau d'un générateur d'appoint du CESCAI	Wh
	Q_{sol}	Energie transférée à l'échangeur du ballon centralisé	W
	$\Phi_{vc}^{BS}(h)$	Pertes thermiques vers l'ambiance de la boucle solaire	Wh
	θ_{moy_prim-e}	Température moyenne du réseau de distribution intergroupe d'ECS	°C
Distribution intergrp.	$\Phi_{pertes_vc_prim-e}(h)$	Pertes thermiques horaires en volume chauffé du réseau de distribution intergroupe d'ECS	Wh
	$\Phi_{pertes_hvc_prim-e}(h)$	Pertes thermiques horaires hors volume chauffé du réseau de distribution intergroupe d'ECS	Wh
Propres à l'assemblage	$Rat_{besoins_sec_e}(h)$	Ratio des besoins d'ECS d'un réseau de distributions du groupe relié au CESCAI sur la somme de tous les besoins d'ECS du CESCAI	-

$Rat_{bes_ch}^{CESCAI,gr}(h)$	Ratio des besoins de chauffage d'un réseau de distributions du groupe relié au CESCAI sur la somme de tous les besoins de chauffage du CESCAI	-
$Q_{contenue}^{centr}(h)$	Energie contenue dans le ballon centralisé	Wh
$Q_{dispo}(h)$	Energie disponible en entrée des appoints décentralisés	Wh
$Q_{dispo_ens}^B(h)$	Energie disponible en entrée d'un ensemble d'appoints décentralisés	Wh
$Q_{fou_ens}^B(h)$	Energie fournie à un ensemble d'appoints décentralisés	Wh
$Q_{fou_unit}(h)$	Energie fournie à un appoint décentralisé d'un ensemble	Wh
<i>dec</i>	Indicateur précisant que l'objet est décentralisé (ou individuel)	-
<i>centr</i>	Indicateur précisant que l'objet est centralisé (ou collectif)	-

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg. K)	1,163
$\{Coef_{ep(energie)}\}$	Vecteur des coefficients d'énergie primaire associés aux différents types d'énergie.	Réel	-

Tableau 2 : Nomenclature du modèle

3.2.3 ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS DU CESCAI

Cet assemblage est particulier dans le sens où l'ordre « classique » des calculs (des émetteurs aux générateurs) est modifié.

Dans le cas du CESCAI, les calculs s'articulent autour des éléments de stockage décentralisés (notation *dec*). D'une part, on calcule les besoins à assurer par ces ballons, d'autre part l'apport d'énergie provenant du ballon central (notation *centr*).

3.2.3.1 Prétraitement des données

L'évaluation des paramètres d'intégration (propres à l'assemblage) et le calcul des données d'entrée des fiches constituant l'assemblage est détaillé ci-dessous.

3.2.3.1.1 Type d'assemblage

Les algorithmes ci-dessous décrivent l'assemblage CESCAI.

$$Type_{PCAD} = 1 \quad (80)$$

Dans les CESCAI, les appoints décentralisés peuvent être soit des ballons (avec un générateur d'appoint), soit des générateurs instantanés.

3.2.3.1.2 Fonction de l'assemblage

Dans l'assemblage CESCOI, le ballon centralisé et les éventuels ballons décentralisés ne fonctionnent qu'en mode ECS seule. Les générateurs d'appoint des ballons peuvent être mixtes (chauffage+ECS) mais ne peuvent assurer le refroidissement.

$$\begin{aligned} Id_{fousto}^{centr} &= 3 \\ Id_{fousto}^{dec} &= 3 \\ Id_{fougen} &= 3 \text{ ou } 4 \end{aligned} \quad (81)$$

3.2.3.1.3 Température au niveau des appoints décentralisés

Pour chaque ensemble d'appoints décentralisés, la température de l'eau à fournir est celle du réseau de distribution du groupe connecté au ballon. (Cette température impacte le puisage d'eau chaude dans les ballons décentralisés).

$$\theta_{ecs_max}^{gen} = \theta_{2nd-e}^{ds-e} \quad (82)$$

Pour chaque générateur faisant du chauffage, la température de fonctionnement est déterminée de la manière suivante. Dans le cas où le réseau est à température de départ constante ou à régulation sur la température extérieure, la référence est la température de départ. Dans le cas d'une température de retour constante, on calcule l'extrême de la température de départ dans les conditions nominales.

$$\theta_{max_ch}^{gen} = \underset{ds \in CESCOI}{MAX} \left(\theta_{dep_dim_ch}^{ds} - \frac{\Delta \theta_{em_dim_ch}^{ds}}{2}; \theta_{ret_dim_ch}^{ds} + \frac{\Delta \theta_{em_dim_ch}^{ds}}{2} \right) \quad (83)$$

Note : cette formule est donnée dans l'arrêté modificatif du 16 avril 2013

3.2.3.1.4 Emplacement des éléments du CESCOI (en volume chauffé ou hors volume chauffé)

La position du ballon centralisé et sa boucle solaire dépendent de celle de l'assemblage. Les appoints décentralisés seront supposés être toujours en volume chauffé.

3.2.3.1.5 Température ambiante au niveau de l'assemblage

La température ambiante sera utilisée pour le calcul des pertes thermiques de la boucle solaire, de la distribution intergroupe et des ballons. En volume chauffé, elle est supposée constante.

Si $Pos_{gen}=0$ (hors volume chauffé)

$$\theta_{amb}(h) = \theta_{ext}(h) \quad (84)$$

Si $Pos_{gen}=1$ (en volume chauffé)

$$\theta_{amb}(h) = b_{therm}(h) \times \theta_{ext}(h) + (1 - b_{therm}(h)) \times \theta_{amb_ch}$$

3.2.3.1.6 Fonctionnement des appoints en fonctionnement ECS

3.2.3.1.6.1 Ballons centralisé

Le ballons centralisé est un « ballon base seule » (avec un seul échangeur).

$$Nb_{sto}^{centr} = 1 \quad \text{et} \quad Type_{prod_stockage}^{centr} = 0 \quad (85)$$

3.2.3.1.6.2 Appoints stockage décentralisés

Lorsque les appoints décentralisés possèdent un stockage, ils sont de type « base+ appoint intégré ».

$$Type_{prod_stockage}^{dec} = 1 \quad (86)$$

3.2.3.1.6.3 Position de l'échangeur de la boucle solaire dans le ballon centralisé

L'échangeur de la boucle solaire et la sonde de température se situent dans la zone inférieure du ballon. Le ballon centralisé est un ballon base seule.

$$z_{base}^{centr} = z_{reg_base}^{centr} = 1 \quad (87)$$

3.2.3.1.6.4 Température de consigne des ballons

Les températures de consigne des ballons sont conventionnellement figées à 55°C.

$$\begin{aligned} \theta_{c_base}^{centr} &= 55^\circ C \\ \theta_{c_base}^{dec} &= \theta_{c_appoint}^{dec} = 55^\circ C \end{aligned} \quad (88)$$

3.2.3.1.6.5 Ratio des besoins de chaque groupe

L'ensemble des distributions internes au groupe reliées au CESCAI peut appartenir à un ou plusieurs groupes. Le calcul suivant permettra de répartir les consommations en énergie finale du CESCAI dans chacun des groupes, au prorata de leurs besoins.

$$Rat_{besoins_sec_e}^{gr} (h) = \frac{\sum_{ds-e \in CESCAI} Q_{w_2nd-e}^{ds-e} (h)}{\sum_{ds-e \in CESCAI} Q_{w_2nd-e}^{ds-e} (h)} \quad (89)$$

3.2.3.1.6.6 Ratio des surfaces de chaque groupe desservi

Le calcul suivant permettra de répartir les pertes thermiques des composants centralisés du CESCAI (c'est-à-dire la boucle solaire, le ballon central et la distribution intergroupe) dans chacun des groupes, au prorata de leurs surfaces.

$$Rat_{surf}^{gen,gr} = Rat_{surf}^{CESCAI,gr} = \frac{\sum_{em-e \in CESCAI} A^{gr,em-e}}{\sum_{em-e \in CESCAI} A^{gr,em-e}} \quad (90)$$

3.2.3.1.6.7 Demande d'énergie au niveau d'un ballon individuel

Un ensemble d'appoints B reçoit une demande d'énergie (la notion d'ensembles de ballons a déjà été abordée avec les CESCOI. Elle est étendue, pour le CESCAI, à un ensemble d'appoints. Ainsi ont un statut d' « appoint », soit un générateur instantané soit un ballon et son générateur).

La demande d'énergie au niveau d'un ballon est égale à l'énergie demandée au niveau de l'ensemble, divisée par le nombre d'appoints individuels de l'ensemble : nb_{sto}^B .

$$Q_{w_sto_unit-e} = \frac{\sum_{ds \in B} Q_{w_2nd-e}^{ds-e}(h)}{nb_{sto}^B} \quad (91)$$

3.2.3.1.6.8 Température d'eau froide entrant dans le ballon central

Par ailleurs, l'eau entrant dans le ballon central est de l'eau froide :

$$\theta_{entrant}^{centr}(h) = \theta_{cw}(h) \quad (92)$$

3.2.3.1.6.9 Température d'eau froide entrant dans les ballons décentralisés

La température de l'eau entrant dans les ballons décentralisés est égale à la température moyenne de la distribution intergroupe.

$$\theta_{entrant}^{dec}(h) = \theta_{moy_prim-e}(h) \quad (93)$$

3.2.3.1.7 Fonctionnement des générateurs d'appoint des ballons en mode chauffage

Ces générateurs peuvent être mixtes.

3.2.3.1.7.1 Ratio des surfaces et des besoins de chauffage de chaque groupe

(Note : le calcul est similaire à celui de la gestion-régulation des distributions intergroupes de chauffage et de refroidissement (cf. Th-BCE, §10.8.3.)).

Les distributions du groupe de chauffage sont reliées directement au CESCAI. Pour répartir les consommations du CESCAI dans chacun des groupes desservis, les ratios suivants sont utilisés.

L'énergie totale en entrée du CESCAI est la somme des besoins augmentés des pertes pour chaque réseau de distribution du groupe :

$$Q_{sys_ds_req_ch}(h) = \sum_{ds \rightarrow CESCAI} Q_{sys_ch}^{ds}(h) \quad (94)$$

La surface desservie par les générateurs du CESCAI est la somme des surfaces desservies par chacun des émetteurs en chauffage:

$$Rat_{surf_ch}^{CESCAI,gr}(h) = Rat_{surf_dess_ch}^{CESCAI,gr}(h) = \frac{\left(\sum_{\substack{em \in gr \\ em \rightarrow CESCAI}} Rat_{eff_ch}^{gr,em} \right) * A^{gr}}{\sum_{gr \leftarrow CESCAI} \left[\left(\sum_{\substack{em \in gr \\ em \rightarrow CESCAI}} Rat_{eff_ch}^{gr,em} \right) * A^{gr} \right]} \quad (95)$$

Les ratios de consommations expriment la part de chacun des groupes dans le total d'énergie requis dans le CESCAI.

En l'absence de besoins de chaud ($Q_{sys_ds_req_ch}(h)=0$), on répartit les consommations résiduelles au prorata des surfaces desservie dans chaque groupe.

Si $Q_{sys_ds_req_ch}(h) > 0$, alors,

$$Rat_{bes_ch}^{CESCAI,gr}(h) = \frac{\sum_{\substack{ds \in gr \\ ds \rightarrow CESCAI}} Q_{sys_ch}^{ds}(h)}{Q_{sys_ds_req_ch}(h)} \quad (96)$$

Sinon,

$$Rat_{bes_ch}^{CESCAI,gr}(h) = Rat_{surf_ch}^{CESCAI,gr}(h)$$

3.2.3.1.7.2 Demande d'énergie au niveau d'un générateur d'appoint

La demande d'énergie de chauffage au niveau d'un générateur d'appoint d'un ballon est égale à l'énergie demandée au niveau de l'ensemble, divisée par le nombre de générateurs d'appoint (égal au nombre de ballons individuels) de l'ensemble nb_{sto}^B .

$$Q_{req_tot_sr_ch}(h) = \frac{\sum_{ds \in CESCAI} Q_{sys_ch}^{ds}(h)}{nb_{sto}^B} \quad (97)$$

3.2.3.1.7.3 Gestion des générateurs d'appoint

Les générateurs d'appoint fonctionnent en mode cascade.

$$id_{type_priorite} = 2 : \text{Générateurs en cascade} \quad (98)$$

3.2.3.1.7.4 Indicateur de relance en chauffage

Le CESCAI fonctionne en mode relance lorsque le groupes connecté est en période de relance :

$$id_{relance_ch}(h) = \underset{\substack{ds \rightarrow CESCAI \\ id_{fonction}^{ds}=1}}{MAX} (id_{relance}^{CESCAI}(h)) \quad (99)$$

3.2.3.1.7.5 Indicateur de raccordement

Dans le cadre des PCAD, les générateurs d'appoint (présents dans chaque logement) sont isolés hydrauliquement de la génération.

$$id_{raccord}^{gnr}(h) = 1 \quad (100)$$

3.2.3.1.7.6 Prise en compte des sources amont des générateurs

Les sources amont ne concernent que les générateurs thermodynamiques ou générateurs matrices dont le comportement dépend d'une température amont (types 503 à 509).

La fiche « *C_Gen_Sources amont des générateurs thermodynamiques* » se décompose en deux sous-fonctions. L'une permettant le calcul de la température amont du générateur en fonction des conditions extérieures.

Les températures de sources amont horaires sont calculées une fois pour l'ensemble des générateurs thermodynamiques associés à une même source amont :

$$\theta_{amont}^{SA}(h) = CalculTempAmont(\phi_{rejet}^{gnr}(h-1)) \quad (101)$$

Et pour tout générateur relié à la source amont : $\theta_{amont}^{gnr}(h) = \theta_{amont}^{SA}(h)$

3.2.3.1.7.7 Générations alimentant des réseaux hydrauliques ($id_{type}^{dp}=1$)

La génération peut :

- fonctionner à température constante tout au long de la période de chauffage,
- adapter sa température de fonctionnement selon le paramétrage défini au niveau des réseaux de distribution de chauffage et de refroidissement. Dans ce deuxième cas, la période de relance se traduit par un fonctionnement à température maximale.

Lors d'un report de demande en énergie non-assurée, on conserve pour le calcul des performances la température au pas de temps précédent.

En chauffage, si les réseaux sont de types hydrauliques :

Si $id_{gestion_ch} = 1$, alors,

$$\theta_{aval_ch}(h) = \theta_{wm_ch}$$

Sinon,

Si $id_{relance_ch}(h) = 1$, alors, (relance de chauffage)

$$\theta_{aval_ch}(h) = \theta_{max_ch} \quad (102)$$

Sinon,

Si $Q_{ch_req_sr_tot}(h) = 0$ et $Q_{ch_req_ar_tot}(h) > 0$, alors,

$$\theta_{aval_ch}(h) = \theta_{aval_ch}(h-1)$$

Sinon,

$$\theta_{aval_ch}(h) = \underset{\substack{ds \rightarrow gen \\ id_{fonction}^{ds}=1}}{MAX}(\theta_{moy}^{ds}(h))$$

Où $\theta_{moy}^{ds}(h)$ est égal à

$$\theta_{moy}^{ds}(h) = \frac{\theta_{dep}^{ds}(h) + \theta_{ret}^{ds}(h)}{2} \quad (103)$$

3.2.3.1.7.8 Générations sur air (réseaux fictifs : $id_{type}^{ds}=0$)

La température de fonctionnement est calculée au prorata des températures d'air équivalentes vues par les différentes distributions intergroupes.

En chauffage, si les réseaux sont de types fictifs

$$\theta_{aval_ch}(h) = \sum_{\substack{ds \rightarrow CESC.AI \\ id_{fonction}^{ds}=1}} Rat_{bes_gen_ch}^{ds}(h) \theta_{i,aval,eq}^{ds}(h) \quad (104)$$

3.2.3.1.7.9 Demandes en chauffage par poste en incluant le report de demande

Les demandes totales en chauffage horaires par poste sont utilisées pour la répartition des charges au sein de la génération. De manière générale, elles sont corrigées pour prendre en compte les éventuels reports d'énergie au pas de temps précédent.

$$Q_{req_tot_ar_ch}(h) = Q_{req_tot_sr_ch}(h) + Q_{rep_ch}(h-1) \quad (105)$$

3.2.3.2 Ordre des calculs

La première partie concerne les composants centralisés de l'assemblage (boucle solaire, ballon central et distribution intergroupes). La seconde partie consiste à faire les calculs des appoints décentralisés.

Au début du pas de temps, les températures de tous les ballons sont connues. La génération débute par le fonctionnement ECS et poursuit par le chauffage.

COMPOSANTS CENTRALISÉS

1. Première étape : [ballon central] calcul de l'énergie contenue

Cette étape consiste à calculer l'énergie contenue dans le ballon solaire centralisé. Son champ de température au début du pas de temps est connu.

$$Q_{contenue}^{centr} = \rho_w \cdot C_w \cdot \sum_{z=1}^{N_{zone}} \left(V_z \cdot (\theta_{bz}^{centr}(h-1) - \theta_{cw}) \right) \quad (106)$$

2. Deuxième étape : la (ou les) distribution(s) intergroupe

La distribution intergroupe d'ECS relie le ballon centralisé à des appoints décentralisés. Elle sera supposée bouclée ($type_{reseau_intergroupe}=1$). Il est possible d'avoir plusieurs distributions intergroupes connectées au ballon central. Les pertes thermiques des distributions intergroupes, calculées à partir de la température de la zone supérieure du ballon central ($\theta_{depart_prim-e} = \theta_{bz}^{centr}$), sont déduites de l'énergie totale contenue dans le ballon.

3. Troisième étape : calcul de l'énergie disponible en sortie de distribution intergroupe

A partir de l'énergie contenue dans le ballon centralisé et en retranchant les pertes du réseau de distribution intergroupe (s'il y a plusieurs distributions intergroupe, elles seront, par hypothèse, toutes à la même température), nous calculons l'énergie disponible qu'il est possible de fournir aux ballons décentralisés.

$$Q_{dispo}(h) = \max \left(0; Q_{contenue}^{centr}(h) - \sum_{dp-e \leftarrow CESCAl} (\phi_{pertes_vc_prim-e}^{dp-e}(h) + \phi_{pertes_hvc_prim-e}^{dp-e}(h)) \right) \quad (107)$$

Il s'agit désormais de répartir cette énergie dans chaque ensemble de ballons. Le principe est le suivant :

Pour chaque ensemble {B}

$$Q_{dispo_ens}^B(h) = Q_{dispo}(h) \cdot \frac{V_{zbase}^{sto} * nb_{sto}^B}{\sum_{B \in CESCAl} (V_{zbase}^{sto} * nb_{sto}^B)} \quad (108)$$

$$Q_{dispo_ens}^B(h) = Q_{dispo}(h) \cdot \frac{Rat_{z_{base}}^{sto} * nb_{sto}^B}{\sum_{B \in CESCAI} (V_{z_{base}}^{sto} * nb_{sto}^B)}$$

COMPOSANTS DECENTRALISES - 1

Cette partie est indépendante de la première. Elle est à la convergence des calculs : d'un côté, on reçoit la demande d'ECS des distributions du groupe (la demande d'énergie d'un ensemble de ballons correspond à celle des distributions du groupe connectées à l'ensemble) et, éventuellement, la demande en chauffage ; d'un autre côté, on reçoit un apport d'énergie, fournie par le ballon solaire centralisé et corrigée par les pertes de distribution intergroupe d'ECS. Les générateurs d'appoint compléteront la demande d'ECS dans le cas où l'énergie solaire est insuffisante pour couvrir la totalité des besoins et, s'ils sont mixtes, assureront le chauffage.

Les calculs ci-dessous sont faits pour un ballon de chaque ensemble B .

4. Quatrième étape : [appoints ballons] volume puisé et énergie requise

La première étape débute par un calcul itératif entre la fiche « gestion-régulation base » et la fiche « ballon de stockage » pour le calcul du volume puisé (à partir de $Q_{w_sto_unit-e}$).

A chaque itération, le volume puisé calculé (à partir de la température de la zone supérieure du ballon de l'itération précédente) est envoyé aux algorithmes du ballon de stockage. Ces derniers déterminent les températures du ballon après un éventuel mélange, mais sans tenir compte des apports de puissance et des pertes du ballon.

A la fin de la boucle itérative, le nouveau champ de températures du ballon après puisage est connu. Le calcul de l'énergie requise nécessaire pour remonter en température le ballon par le générateur de base n'est pas utile dans cet assemblage.

5. Cinquième étape : [appoints ballons] calcul de l'énergie réellement fournie

Avant de fournir au ballon une certaine quantité d'énergie provenant du réseau intergroupe, il est nécessaire de faire un test sur les températures. L'eau des ballons doit être plus froide que l'eau de la distribution intergroupe.

L'énergie fournie dans un ensemble de ballon s'exprime donc de la façon suivante :

$$Q_{fou_ens}^B(h) = \min \left[\begin{array}{l} Q_{dispo_ens}^B(h); \\ nb_{sto}^B \cdot \rho_w \cdot C_w \cdot \max \left(0; \sum_{z=1}^{N_{zone}} (V_z \cdot (\theta_{moy_prim-e}(h) - \theta_{bz}^{dec}(Nb_{iter_vp}))) \right) \end{array} \right] \quad (109)$$

Pour un ballon individuel appartenant à l'ensemble $\{B\}$,

$$Q_{fou_unit}(h) = \frac{Q_{fou_ens}^B(h)}{nb_{sto}^B} \quad (110)$$

6. Sixième étape : [appoints ballons] calcul des températures

Le ballon de stockage est décrit par quatre zones. Chaque zone z du ballon reçoit une énergie $Q_{i,z}$ comme suit :

5. La zone $z=1$ reçoit l'énergie du réseau intergroupe $Q_{fou_unit}(h)$. Les pertes thermiques sont également comptées.
6. La zone $z=2$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,2}=0$. Mais les pertes sont comptées.
7. La zone $z=3$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,3}=0$. Mais les pertes sont comptées.
8. La zone $z=4$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,4}=0$. Mais les pertes sont comptées.

Une fois l'énergie reçue, le ballon met à jour les températures de chaque zone compte tenu de la stratification des zones du ballon.

7. Septième étape : [appoints ballons] gestion-régulation de l'appoint du ballon

La position de l'appoint dans le ballon dépend du type de ballon. Cette étape permet d'évaluer l'énergie à fournir pour maintenir les zones chauffées par l'appoint à la température de consigne.

8. Huitième étape : [appoints ballons] assemblage générateur pour stockage (appoint)

L'assemblage générateur détermine à partir de l'énergie requise $Q_{req_sto_ap}$, de la température moyenne du ballon vue par l'échangeur et des caractéristiques de ce dernier, l'énergie réellement fournie au ballon.

Algorithme principal pour les générateurs

Les algorithmes seront décrits avec l'indice $[po.]$, pouvant représenter les indices ch , fr ou ecs . Les paragraphes spécifiques à l'un ou l'autre des usages sont précisés.

On notera $G_{[po.]}$ l'ensemble des générateurs (ou systèmes de stockage, dans le cadre d'une gestion en cascade) participant à la fourniture du poste $[po.]$.

Note : la puissance nominale d'un générateur en chauffage et/ou ECS est un paramètre commun, étant donné que ces fonctions sont couplées.

Note 2 : En CESCAI, seul le mode cascade ($id_{type_priorite}=2$) est autorisé.

Le déroulement est le suivant :

- **ETAPE 1** : initialisation des compteurs d'énergie et des indicateurs de fonctionnement :

$$\begin{cases} Q_{req} = Q_{req_tot_ar_ch}(h) \\ Q_{rest} = Q_{req_tot_ar_ch}(h) \end{cases} \quad (111)$$

- **ETAPE 2** : fonctionnement en refroidissement absent des CESC.

- **ETAPE 3** : appel des générateurs en ECS selon leurs disponibilités. Dans les CESCO, l'appel en ECS se fait exclusivement par la production stockage (cf. ci-dessus).

(Calculs des générateurs en stand-by)

9. Neuvième étape : [appoints ballons] l'élément de stockage ECS

A cette étape, les pertes, déjà comptabilisées, sont supposées nulles. Seule l'énergie fournie par l'appoint dans la zone z_{ap} sera intégrée au calcul des températures du ballon.

10. Dixième étape : les générateurs d'appoint en mode chauffage

Le fonctionnement des générateurs en mode chauffage suit le fonctionnement en mode ECS.

Lorsque les générateurs d'appoint des ballons du CESCO assurent également le chauffage, l'objet PCAD appelle ces derniers (conformément à la Gestion-régulation de la Génération (chapitre 10.15 de Th-BCE) pour couvrir les besoins de chauffage. La puissance disponible de ces générateurs en mode chauffage dépend de la durée de fonctionnement du générateur en mode ECS.

(Reprise des calculs des générateurs)

- **ETAPE 4** : appel des générateurs en **chauffage** selon leurs disponibilités :

$$id_{fonction} = 1 \quad (112)$$

- o **Hors saison de fonctionnement** : $Aut_{ch}(j) \neq 1$
Les générateurs sont désactivés pour le poste considéré.
- o **En saison de fonctionnement** : $Aut_{ch}(j) = 1$

DEBUT DE LA BOUCLE : générateur $gnr \in G_{ch}$

Calcul du ratio de puissance disponible

$$R_{pui_dispo} = 1 - R_{fonctecs}^{gnr}(h)$$

Si $R_{pui_dispo} > 0$, alors, (si la puissance disponible n'est pas nulle)

Appel du générateur

$$\begin{bmatrix} Q_{cef(1;enr)} \\ Q_{cons} \\ Q_{fou} \\ \tau_{charge} \\ \phi_{vc} \\ W_{aux,pro} \\ Q_{rest} \\ \eta_{eff} \\ Q_{prelec} \\ \phi_{rejet} \end{bmatrix} = AppelGénérateur \begin{bmatrix} \theta_{amont}^{gnr}(h) \\ \theta_{aval_ch}(h) \\ Q_{req} \\ i_{fonction} \\ R_{pui_dispo} \end{bmatrix} \quad (113)$$

Report de puissance :

$$Q_{req} = Q_{rest}$$

Mise à jour du jeu de données horaires décrivant le fonctionnement du générateur :

Note : le symbole « += » est à comprendre par « le terme de droite est ajouté au terme de gauche »

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{cef(1;enr)}^{gnr}(h) += \{ Q_{cef(1;enr)} \} \\ Q_{cons}^{gnr}(h) += Q_{cons} \\ Q_{fou_ch}^{gnr}(h) = Q_{fou} \\ Q_{prelec}^{gnr}(h) += Q_{prelec} \\ \tau_{charge}^{gnr}(h) += R_{pui_dispo} \cdot \tau_{charge} \\ \\ \phi_{rejet}^{gnr}(h) += \phi_{rejet} \\ \phi_{vc}^{gnr}(h) += \phi_{vc} \\ W_{aux,pro}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ W_{aux}^{gnr}(h) += W_{aux,pro} \\ \eta_{eff_ch}^{gnr}(h) = \eta_{eff} \end{array} \right.$$

GENERATEUR SUIVANT : générateur $gnr' \in G_{ch}$ tel que $id_{priorite_ch}^{gnr'}$ premier indicateur supérieur à $id_{priorite_ch}^{gnr}$ parmi les générateur de G_{ch} ,
ou FIN DE LA BOUCLE

- **ETAPE 5** : calcul horaire de l'énergie reportée (qui correspond à l'énergie restant à fournir par le dernier générateur de la cascade)

$$Q_{rep_ch}(h) = Q_{rest} \quad (114)$$

Calculs des auxiliaires amont des générateurs

La fiche « *C_Gen_Sources amont des générateurs thermodynamiques* » décrit le calcul des puissances d'auxiliaires amont en fonction de la charge des différents générateurs thermodynamiques reliés.

Le calcul est réalisé après finalisation des algorithmes de gestion des priorités, pour l'ensemble des générateurs tels que $id_{source_amont}^{gnr} = 1$, uniquement pendant les périodes de fonctionnement du générateur :

Soit l'ensemble des générateurs $gnr = 1$ à N associés à la source amont

$$SA : \left[W_{aux,am}^{gnr}(h) \right]_{gnr=1 \text{ à } N} = CalculAuxAmont^{SA} \left(\left[\tau_{charge}^{gnr}(h) \right]_{gnr=1 \text{ à } N} \right) \quad (115)$$

La consommation des auxiliaires amont est ajoutée à celle des auxiliaires, ainsi qu'à la matrice de consommations du générateur au prorata des charges dans les différents postes.

$$W_{aux}^{gnr}(h) + = W_{aux,am}^{gnr}(h) \quad (116)$$

Si $\tau_{charge}^{gnr}(h) > 0$, alors,

$$Q_{cef(1.;50)}^{gnr}(h) + = \left(1 - \frac{R_{fonctecs}^{gnr}(h)}{\tau_{charge}^{gnr}(h)}\right) \cdot W_{aux,am}^{gnr}(h)$$

$$Q_{cef(3.;50)}^{gnr}(h) + = \frac{R_{fonctecs}^{gnr}(h)}{\tau_{charge}^{gnr}(h)} \cdot W_{aux,am}^{gnr}(h)$$

Sinon, (en l'absence de charge sur le générateur) (117)

Si $i_{fougen}^{gnr} = 3$ ou $Aut_{ch}(j) = 0$ (équivalent à $id_{ecs_seule} = 1$),

alors,

$$Q_{cef(3.;50)}^{gnr}(h) + = W_{aux,am}^{gnr}(h)$$

Sinon,

$$Q_{cef(1.;50)}^{gnr}(h) + = W_{aux,am}^{gnr}(h)$$

Note : les calculs de consommation se font par générateur. Pour obtenir les consommations totales du CESCAI, ces consommations seront multipliés par le nombre de générateurs présents, à savoir $Rdim * nb_{sto_b}$.

COMPOSANTS CENTRALISES (suite)

11. Onzième étape : le ballon central d'ECS

L'énergie injectée dans les ballons décentralisés est soutirée du ballon centralisé. Le ballon de stockage est décrit par quatre zones. Chaque zone z du ballon reçoit une énergie $Q_{i,z}$ comme suit :

1. La zone $z=1$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,1} = 0$. Les pertes ne sont pas comptées.
2. La zone $z=2$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,2} = 0$. Les pertes ne sont pas comptées.
3. La zone $z=3$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,3} = 0$. Les pertes ne sont pas comptées.
4. On comptabilise dans la zone supérieure $z=4$ du ballon centralisé l'énergie totale fournie au réseau de distribution intergroupe $Q_{i,4}$ avec

$$Q_{i,4} = \min \left(0; - \left(\sum_{B \in \text{CESCAI}} Q_{fou_ens}^B(h) + \sum_{dp-e \leftarrow \text{CESCAI}} \left(\phi_{pertes_vc_prim-e}^{dp-e}(h) + \phi_{pertes_hvc_prim-e}^{dp-e}(h) \right) \right) \right) \quad (118)$$

Les pertes du ballon ne sont pas comptées.

12. Douzième étape : la boucle solaire

La boucle solaire fournit au ballon central la chaleur provenant des capteurs solaires, tant que ce dernier ne dépasse pas sa température maximale.

Le (ou les) échangeur(s) est (sont) intégré(s) au modèle de boucle solaire. Cette dernière reçoit, comme température aval, la température inférieure du ballon centralisé ($\theta_{aval}^{BS}(h) = \theta_{b1}^{centr}(h)$).

La puissance de (ou des) pompe(s) de la boucle solaire sera ajoutée à la consommation des auxiliaires électriques de l'assemblage.

13. Treizième étape : le ballon central d'ECS

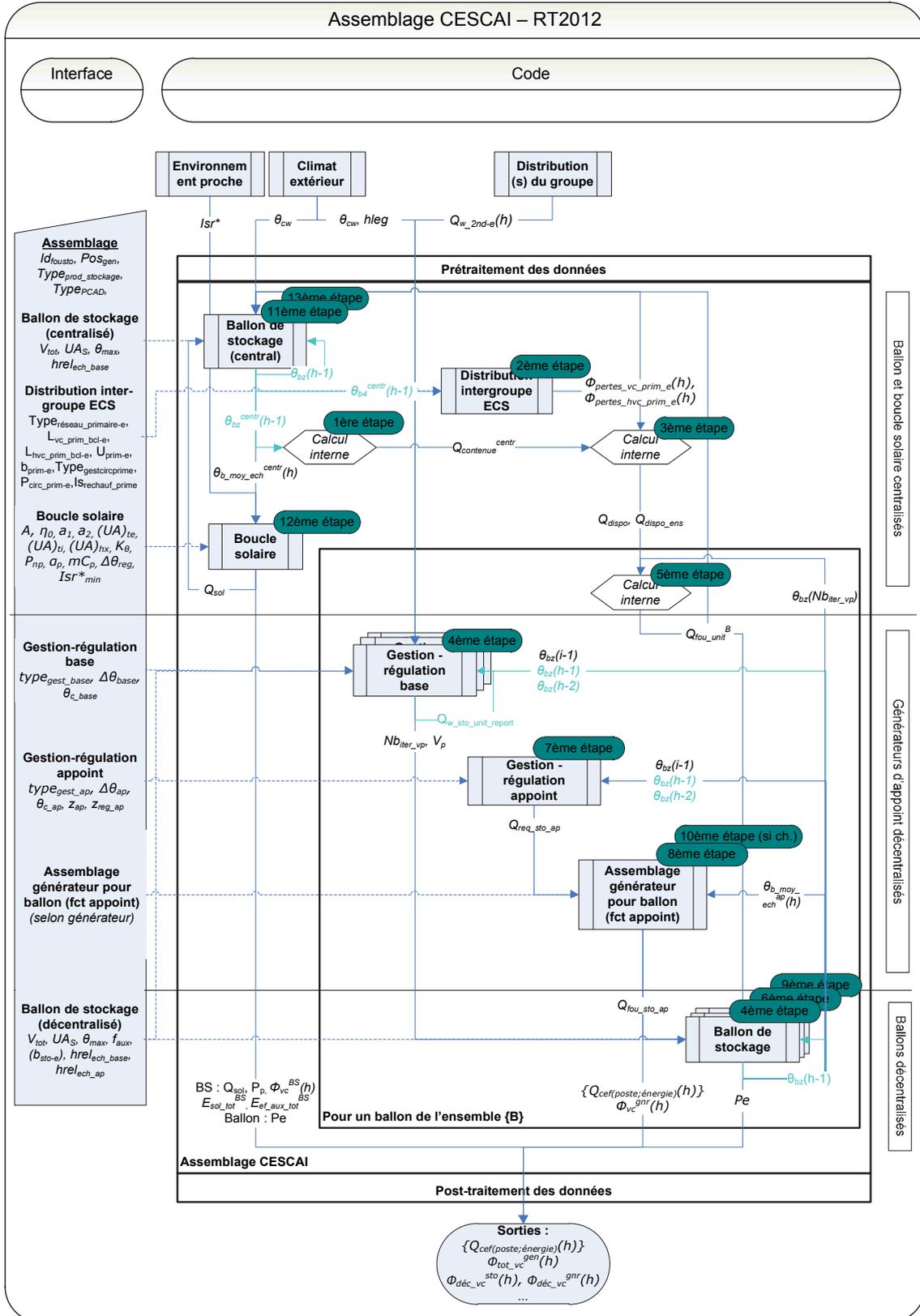
Après injection de l'énergie solaire dans le ballon central, il faut recalculer le champ de températures du ballon.

Le ballon de stockage est décrit par quatre zones. Chaque zone z du ballon reçoit une énergie $Q_{i,z}$ comme suit :

1. La boucle solaire est connectée à la zone $z = z_{base}^{centr} = 1$ donc l'entrée du ballon $Q_{i,1}$ reçoit la sortie de la boucle solaire Q_{sol} . Les pertes thermiques sont également comptées.
2. La zone $z = 2$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,2} = 0$. Mais les pertes sont comptées.
3. La zone $z = 3$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,3} = 0$. Mais les pertes sont comptées.
4. La zone $z = 4$ du ballon ne reçoit ni ne donne aucune énergie spécifique : $Q_{i,4} = 0$. Mais les pertes sont comptées.

Le ballon met ensuite à jour les températures de chaque zone compte tenu de la stratification des zones du ballon.

3.2.3.3 L'assemblage de la production Solaire Collective à Appoints individualisés (CESCAI)



Dans le cadre des générateurs d'appoints instantanés, les étapes de 4 à 10 sont remplacées par l'étape 4bis (fonctionnement mixte « classique » d'un générateur instantané).

3.2.3.4 Post-traitement des données

3.2.3.4.1 Sous-dimensionnement des générateurs en chauffage

Les indicateurs de sous-dimensionnement ne concernent que les générateurs d'appoint (le sous-dimensionnement des ballons de stockage est évaluée séparément).

Le nombre d'heures de sous-dimensionnement permet de déclencher les alertes dans le cas où la capacité de la génération est dépassée sur de longues périodes :

$$\begin{aligned} \text{Si } Q_{rep_ch}(h) > 0 \\ Nb_{sousdim_ch}(h) &= Nb_{sousdim_ch}(h-1) + 1 \\ \text{Sinon,} \\ Nb_{sousdim_ch}(h) &= 0 \end{aligned} \quad (119)$$

A partir de 6 heures de sous-dimensionnement successives, on considère qu'il y a sous-dimensionnement :

$$\begin{aligned} \text{Si } Nb_{sousdim_ch}(h) > 6, \text{ alors,} \\ id_{sousdim_court_ch} &= 1 ; \end{aligned} \quad (120)$$

A partir de 72 heures de sous-dimensionnement successives, on considère que le sous-dimensionnement a dépassé le seuil critique :

$$\begin{aligned} \text{Si } Nb_{sousdim_ch}(h) > 72, \text{ alors,} \\ id_{sousdim_long_ch} &= 1 ; \end{aligned} \quad (121)$$

Le moteur plante.

3.2.3.4.2 Calcul des consommations finales horaires d'ECS

3.2.3.4.2.1 Pour l'assemblage CESCAI

Dans le cas du CESCAI, la consommation en énergie finale est la somme des consommations de tous les générateurs d'appoint (présentées sous forme de matrice) ajoutée à la consommation de la pompe de la boucle solaire (les consommations des auxiliaires de distributions du réseau intergroupe sont comptabilisées dans la fiche algorithme calculs_groupe). Elle s'exprime, à chaque pas de temps, de la façon suivante :

$$\{Q_{cef(po;energie)}^{CESCAI}(h)\} = \sum_{\{B\}} (nb_{sto}^B \cdot \{Q_{cef(3;energie)}^{gnr_ap}(h)\}) + \{Q_{cef(3;energie)}^{BS}(h)\} \quad (122)$$

$$\{Q_{cef(1;energie)}^{CESCAI}(h)\} = \sum_B (nb_{sto}^B \cdot \{Q_{cef(1;energie)}^{appoint}(h)\}) \quad (123)$$

3.2.3.4.2.2 Par groupe

$$\{Q_{cef(po;energie)}^{CESCAI,gr}(h)\} = \{Q_{cef(po;energie)}^{CESCAI}(h)\} * Rat_{besoins_sec_e}^{gr} \quad (124)$$

$$\{Q_{cef(1;energie)}^{CESCAI,gr}(h)\} = \{Q_{cef(1;energie)}^{CESCAI}(h)\} * Rat_{bes_ch}^{CESCAI,gr}(h) \quad (125)$$

3.2.3.4.3 Calcul des consommations mensuelles et annuelles d'ECS

Les consommations en énergie finale et primaire de l'assemblage CESCAI sont présentées sous forme mensuelles et annuelles, au niveau de l'assemblage et au niveau du groupe.

3.2.3.4.3.1 Pour l'assemblage CESCAI

Pour le chauffage

$$C_{ef_ch_m}^{CESCAI} = \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(1;en)}^{CESCAI}(h) \quad (126)$$

$$C_{ep_ch_m}^{CESCAI} = \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(1;en)}^{CESCAI}(h) \cdot Coef_{ep(en)})$$

$$C_{ef_ch}^{CESCAI} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_ch_m}^{CESCAI} \quad (127)$$

$$C_{ep_ch}^{CESCAI} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_ch_m}^{CESCAI}$$

Pour l'ECS

$$C_{ef_ecs_m}^{CESCAI} = \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(3;en)}^{CESCAI}(h) \quad (128)$$

$$C_{ep_ecs_m}^{CESCAI} = \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(3;en)}^{CESCAI}(h) \cdot Coef_{ep(en)})$$

$$C_{ef_ecs}^{CESCAI} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_ecs_m}^{CESCAI} \quad (129)$$

$$C_{ep_ecs}^{CESCAI} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_ecs_m}^{CESCAI}$$

3.2.3.4.3.2 Par groupe

Pour le chauffage

$$C_{ef_ch_m}^{CESCAI,gr} = \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(1;en)}^{CESCAI,gr}(h) \quad (130)$$

$$C_{ep_ch_m}^{CESCAI,gr} = \sum_{h \in \text{mois}} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(1;en)}^{CESCAI,gr}(h) \cdot Coef_{ep(en)})$$

$$C_{ef_ch}^{CESCAI,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_ch_m}^{CESCAI,gr} \quad (131)$$

$$C_{ep_ch}^{CESCAI,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_ch_m}^{CESCAI,gr}$$

Pour l'ECS

$$C_{ef_ecs_m}^{CESCAI,gr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} Q_{cef(3;en)}^{CESCAI,gr}(h) \quad (132)$$

$$C_{ep_ecs_m}^{CESCAI,gr} = \sum_{h \in mois} \sum_{en=10}^{60} (Q_{cef(3;en)}^{CESCAI,gr}(h) \cdot Coef_{ep(en)})$$

$$C_{ef_ecs}^{CESCAI,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ef_ecs_m}^{CESCAI,gr} \quad (133)$$

$$C_{ep_ecs}^{CESCAI,gr} = \sum_{mois=1}^{12} C_{ep_ecs_m}^{CESCAI,gr}$$

3.2.3.4.3.3 Consommations en énergie finale et primaire par type d'énergie

Comme pour les générations, les informations qui sortent de l'assemblage CESCAI doivent respecter un certain formalisme.

3.2.3.4.3.3.1 Pour l'assemblage CESCAI

Les consommations par type d'énergie et par CESCAI s'expriment uniquement sous forme d'un résultat total annuel :

$$C_{ef_gaz}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;10)}^{CESCAI}(h)) \quad (134)$$

$$C_{ef_fod}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;20)}^{CESCAI}(h)) \quad (135)$$

$$C_{ef_cha}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;30)}^{CESCAI}(h)) \quad (136)$$

$$C_{ef_boi}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;40)}^{CESCAI}(h)) \quad (137)$$

$$C_{ef_ele}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;50)}^{CESCAI}(h)) \quad (138)$$

$$C_{ef_rdc}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} \sum_{po=1}^3 (Q_{cef(po;60)}^{CESCAI}(h)) \quad (139)$$

$$C_{ef_gaz}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;10)}^{CESCAI}(h) \quad (140)$$

$$C_{ef_fod}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;20)}^{CESCAI}(h) \quad (141)$$

$$C_{ef_cha}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;30)}^{CESCAI}(h) \quad (142)$$

$$C_{ef_boi}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;40)}^{CESCAI}(h) \quad (143)$$

$$C_{ef_ele}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;50)}^{CESCAI}(h) \quad (144)$$

$$C_{ef_rdc}^{CESCAI} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;60)}^{CESCAI}(h) \quad (145)$$

$$C_{ep_gaz}^{CESCAI} = Coef_{ep(10;1)} \times C_{ef_gaz}^{CESCAI} \quad (146)$$

$$C_{ep_fod}^{CESCAI} = Coef_{ep(20;1)} \times C_{ef_fod}^{CESCAI} \quad (147)$$

$$C_{ep_cha}^{CESCAI} = Coef_{ep(30;1)} \times C_{ef_cha}^{CESCAI} \quad (148)$$

$$C_{ep_boi}^{CESCAI} = Coef_{ep(40;1)} \times C_{ef_boi}^{CESCAI} \quad (149)$$

$$C_{ep_ele}^{CESCAI} = Coef_{ep(50;1)} \times C_{ef_ele}^{CESCAI} \quad (150)$$

$$C_{ep_rdc}^{CESCAI} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef_rdc}^{CESCAI} \quad (151)$$

3.2.3.4.3.2 Pour l'assemblage CESCAI et par groupe

Les consommations par type d'énergie et par CESCAI, pour un groupe, s'expriment uniquement sous forme d'un résultat total annuel :

$$C_{ef_gaz}^{CESCAI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;10)}^{CESCAI,gr}(h)) \quad (152)$$

$$C_{ef_fod}^{CESCAI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;20)}^{CESCAI,gr}(h)) \quad (153)$$

$$C_{ef_cha}^{CESCAI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;30)}^{CESCAI,gr}(h)) \quad (154)$$

$$C_{ef_boi}^{CESCAI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;40)}^{CESCAI,gr}(h)) \quad (155)$$

$$C_{ef_ele}^{CESCAI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;50)}^{CESCAI,gr}(h)) \quad (156)$$

$$C_{ef_rdc}^{CESCAI,gr} = \sum_{po=1}^3 \sum_{h=0}^{8760} (Q_{cef(poste;60)}^{CESCAI,gr}(h)) \quad (157)$$

$$C_{ef_gaz}^{CESCAI,gr} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;10)}^{CESCAI,gr}(h) \quad (158)$$

$$C_{ef_fod}^{CESCAI,gr} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;20)}^{CESCAI,gr}(h) \quad (159)$$

$$C_{ef_cha}^{CESCAI,gr} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;30)}^{CESCAI,gr}(h) \quad (160)$$

$$C_{ef_boi}^{CESCAI,gr} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;40)}^{CESCAI,gr}(h) \quad (161)$$

$$C_{ef_ele}^{CESCAI,gr} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;50)}^{CESCAI,gr}(h) \quad (162)$$

$$C_{ef_rdc}^{CESCAI,gr} = \sum_{h=0}^{8760} Q_{cef(3;60)}^{CESCAI,gr}(h) \quad (163)$$

$$C_{ep_gaz}^{CESCAI,gr} = Coef_{ep(10;1)} \times C_{ef_gaz}^{CESCAI,gr} \quad (164)$$

$$C_{ep_fod}^{CESCAI,gr} = Coef_{ep(20;1)} \times C_{ef_fod}^{CESCAI,gr} \quad (165)$$

$$C_{ep_cha}^{CESCAI,gr} = Coef_{ep(30;1)} \times C_{ef_cha}^{CESCAI,gr} \quad (166)$$

$$C_{ep_boi}^{CESCAI,gr} = Coef_{ep(40;1)} \times C_{ef_boi}^{CESCAI,gr} \quad (167)$$

$$C_{ep_ele}^{CESCAI,gr} = Coef_{ep(50;1)} \times C_{ef_ele}^{CESCAI,gr} \quad (168)$$

$$C_{ep_rdc}^{CESCAI,gr} = Coef_{ep(60;1)} \times C_{ef_rdc}^{CESCAI,gr} \quad (169)$$

3.2.3.4.4 Énergie restante à fournir par les générateurs

Dans le cas de la production d'eau chaude avec stockage, le report d'énergie est géré au niveau du puisage dans le ballon et non, contrairement aux systèmes de production instantanée, au niveau du (ou des) générateur(s) associés au ballon (base et appoint).

$$Q_{rest}^{gr}(h) = 0 \quad (170)$$

3.2.3.4.5 Calcul des pertes thermiques récupérables

Les pertes thermiques de l'assemblage CESCAI récupérables par l'ambiance concernent les ballons centralisé et décentralisés et les générateurs : boucle solaire commune à plusieurs groupes et appoints (appartenant à un groupe).

3.2.3.4.5.1 Au niveau de l'assemblage CESCAI

La génération centralisée contient la boucle solaire et le ballon centralisé (leurs pertes thermiques vers l'ambiance seront réparties au prorata des groupes desservis dans les algorithmes des pertes récupérables).

$$\Phi_{tot_vc}^{gen}(h) = \Phi_{vc}^{BS}(h) \quad (171)$$

$$\Phi_{svc}^{sto,centr}(h) = Pe^{centr}(h) * Is_{sto_vc} \quad (172)$$

3.2.3.4.5.2 Au niveau du (des) groupe(s)

Les pertes thermiques des ballons et générateurs d'appoints décentralisés sont directement récupérables par les ambiances du groupe auquel ils appartiennent.

$$\Phi_{dec_vc}^{sto}(h) = \sum_{sto \in gr} (nb_{sto} * Pe(h)) \quad (173)$$

$$\Phi_{dec_vc}^{gnr}(h) = \sum_{gnr \in gr} (nb_{sto} * \Phi_{vc}^{gnr}(h)) \quad (174)$$