



CONSEIL ET INGÉNIERIE EN DÉVELOPPEMENT DURABLE

LYCEE DE CARQUEFOU



BILAN ENERGETIQUE 08/11/17 au 01/07/18

Rapport

Juillet 2018

REDACTEURS
Marine FICHAU
David THOMAS



SOMMAIRE

1. Bilan énergétique	4
1.1 Rappel des données de base	4
1.2 Besoins chauffage et ECS.....	4
1.2.1 CHAUFFAGE	4
1.2.2 ECS	5
1.3 Energie consommée	7
1.3.1 Energie consommée pour le chauffage	7
1.3.2 Energie consommée pour l'eau chaude sanitaire.....	7
1.4 INDICATEURS de Performance	8
1.4.1 Indicateurs chauffage	8
1.4.2 Indicateurs ECS.....	9
1.4.3 Indicateur global (Chauffage +ECS).....	10
2. Bilan comparatif Réel/estimations	11
2.1 Comparatif aux estimations AOR	11
2.2 Comparatif au Bilan BEPOS Effinergie	12
2.4 Comparatif aux données DUALSUN.....	13
2.5 Bilan installation photovoltaïque	13
3. Remarques sur le fonctionnement	15
3.1 Température de production ECS	15
3.2 Analyse du couplage bois/PAC pour le chauffage	16
3.4 Fonctionnement pompe charge bache froide	18
3.5 Régulation bache froide	19

Ce rapport fait l'objet de :

4 REMARQUES : pour réponse du Moe

10 ACTIONS : nécessitant une intervention dans le cadre de la Réception du lycée (réserves non levées), de la Garantie de Parfait Achèvement et du contrat d'exploitation des installations CVC du lycée.

1. BILAN ENERGETIQUE

1.1 RAPPEL DES DONNEES DE BASE

Nombre de repas :

260 par jour, dont 15 petit déjeuner et 15 repas du soir.

260 * 5 jours * 38 semaines =  400 repas

Surface chauffée :

Lycée RDC et N+1 : 7°200m²

N+2 avec température réduit, car pas encore occupé : 800 m²

Restaurant : 970 m²

Internat N+1 : 580 m²

N+2 avec température réduit, car pas encore occupé : 580 m

⇒ **Soit un total chauffé de 10 130 m² (dont 14% ou 1380 m² en réduit)**

La surface prise en compte dans les ratios est la SHON RT = 11 812 m²

1.2 BESOINS CHAUFFAGE ET ECS

1.2.1 CHAUFFAGE

Les données sont issues des relevés de GTB du 8/11/2017 au 01/07/2018, soit 235 jours de fonctionnement.

Les besoins de chauffage sont issus des 6 compteurs de calories (CC01 à CC06) positionnés sur les différents départs

Relevé du 8/11/2017 au 01/07/2018	Estimation PRO (besoins STD + Rdt 90% - Note énergétique EGIS – février 2015)	Estimation AOR (CR chantier n°21 10/05/2017)
387 MWh	283 MWh	364 MWh (inclus ECS)
33 kWh/m²	24 kWh/m ²	

 **MARQUE 1 : il faudra vérifier que les départs CTA sont bien comptabilisés au niveau des compteurs positionnés sur les circuits de distribution**

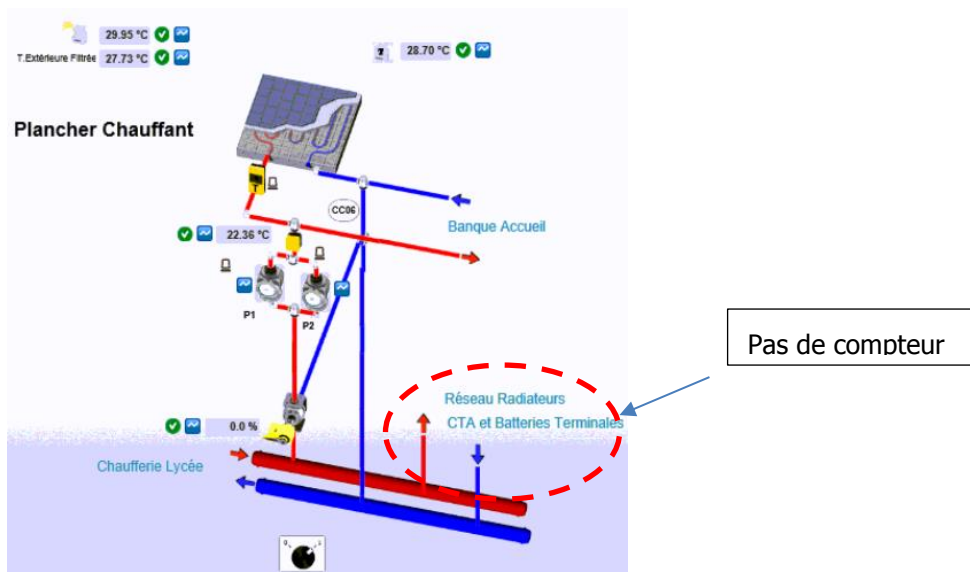


Image issue de la GTB

Les besoins relevés en chauffage correspondent à peu près à une saison de chauffe.

➔ On observe un écart de 104 MWh entre la phase PRO et les relevés (soit + 37% de besoins chauffage)

Les compteurs CC07 et CC08 permettent de comptabiliser l'énergie produite par les PAC chauffage et la chaudière bois en amont de la bouteille de mélange :

Relevé du 8/11/2017 au 01/07/2018
CC07 : 88.6 MWh (PAC)
CC08 : 202.6 MWh (Bois)

Soit un total d'énergie thermique produite pour le chauffage de 291 MWh

REMARQUE 2 : le total des compteurs départs est > à l'énergie produite.

ACTION 1 : le Moe recherchera la cause et les solutions pour résoudre ce problème de comptage.

1.2.2 ECS

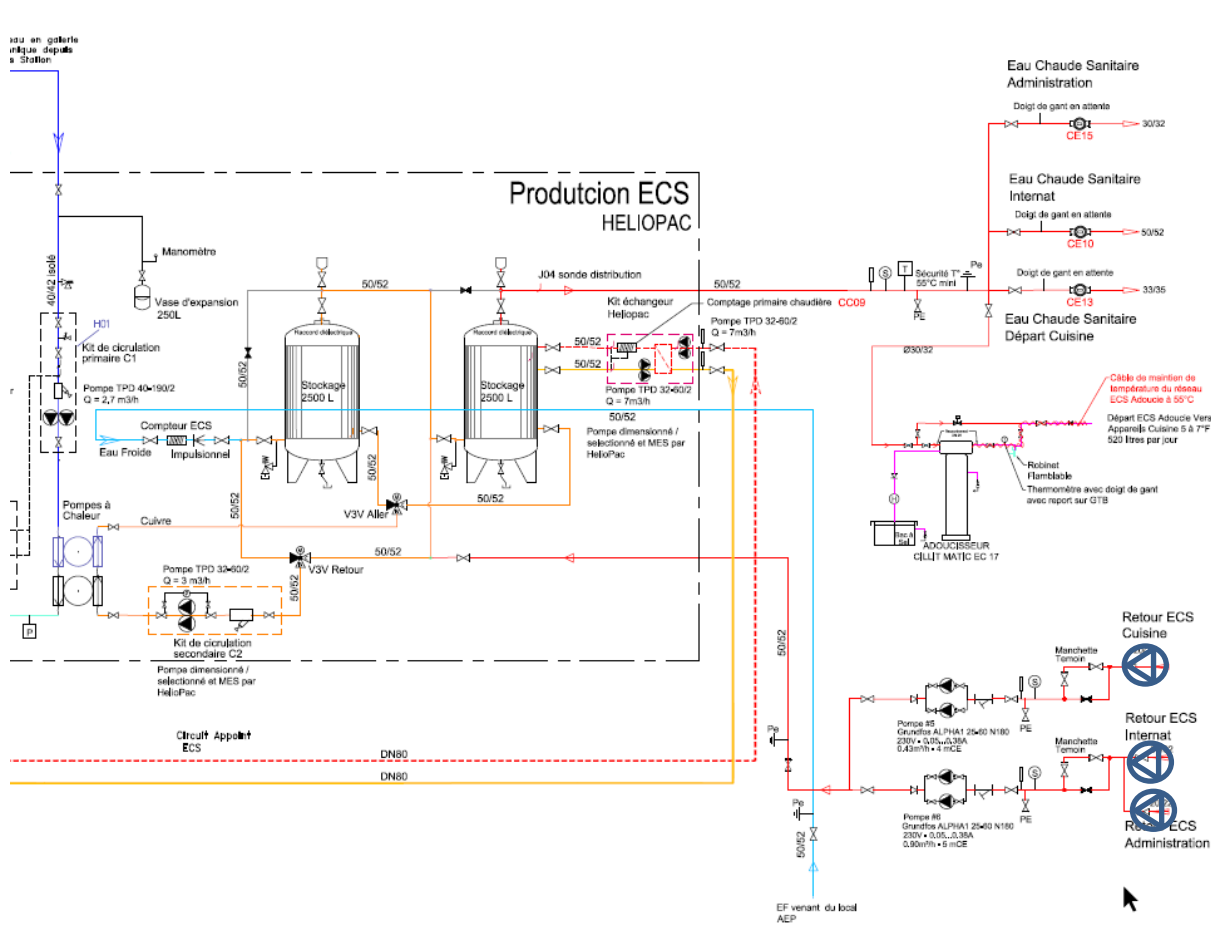
Les départs eau chaude sanitaire sont pas équipés de compteur de calories

L'installation comporte tout de même 3 compteurs volumétriques d'eau chaude : CE10-CE13-CE15

Eau Chaude Sanitaire	
Volume CE15 - Cpt ECS Zone Administration RDC	1395.92 m ³ ✓ ⚙
Volume CE13 - Cpt ECS Zone Cuisine RDC	2099.36 m ³ ✓ ⚙
CE10 - Cpt ECS Zone Internat Chaufferie RDC	4414.06 m ³ ✓ ⚙

Soit un total de 7 908 m³ (= > ces compteurs comptabilisent également le bouclage : ils ne sont pas exploitables)

ACTION 2 : Pour suivre les conso ECS, il est nécessaire de rajouter des compteurs sur les retours de bouclage. A traiter par le Moe.



Extrait schéma hydraulique : comptage ECS à rajouter

Les estimations prévoient 2 500l/j + 8 l/repas (260 repas/j) soit **870 m3/an** (190 jours de fonctionnement).

L'énergie produite pour l'ECS peut être comptabilisée à partir du compteur Bois (CC09) et du compteur solaire CC11 auxquelles s'ajoutent les consommations électriques des PAC (CELEC10 et CELEC11)

<p>Relevé du 8/11/2017 au 01/07/2018</p> <p>CC09 : 606 kWh (Bois)</p> <p>CC11 : 40 266 kWh (solaire)</p> <p>CELEC 10 : 11 474 kWh (PAC1)</p> <p>CELEC 11 : 2 362 kWh (PAC 2)</p>
--

Soit un total d'énergie thermique produite pour l'ECS de 54 708 kWh sur 8 mois, soit pour 10 mois 68 385 kWh

1.3 ENERGIE CONSOMMEE

1.3.1 ENERGIE CONSOMMEE POUR LE CHAUFFAGE

Pour la partie chauffage les consommations électriques à prendre en compte sont les suivantes (en kWh) :

Compteur élec	nom compteur	08/11/2017 au 1/07/2018
compteur PAC 1	CELEC13	13 351
compteur PAC 2	CELEC14	12 820
Pompe bache froide	CELEC15	9 410
Pompe baches de stockage	CELEC16	3 983
Pompe double champ solaire	CELEC23	1 325
Pompe de charge	CELECO5	1 154
Process bois	CELEC02	618
pompe charge bois	CELEC03	1 075
pompe primaire ballon	CELEC04	647

Les consommations électriques totales s'élèvent à **43 229 kWh sur 8 mois (estimé à 98 MWh/an en phase PRO dans l'étude EGIS de Février 2015)**

Les consommations de bois sont évaluées à partir du compteur d'énergie produite (CC08) associé au rendement chaudière bois (85%) :

$$\Rightarrow 202\,600 \text{ kWh} / 0.85 = \mathbf{238\,352 \text{ kWh pci}}$$

1.3.2 ENERGIE CONSOMMEE POUR L'EAU CHAUDE SANITAIRE

Pour la partie ECS les consommations à prendre en compte sont les suivantes :

Compteur élec	nom compteur	08/11/2017 au 1/07/2018
PAC1	CELEC10?	11 474
PAC2	CELEC11?	2 362

Les consommations électriques totales s'élèvent à **13 836 kWh sur 8 mois (estimé à 9.9 MWh/an en phase PRO)**

Les consommations de bois sont évaluées à partir du compteur d'énergie produite (CC09) associé au rendement chaudière bois (85%) :

$$\Rightarrow 606 \text{ kWh} / 0.85 = \mathbf{713 \text{ kWh pci}}$$

1.4 INDICATEURS DE PERFORMANCE

1.4.1 INDICATEURS CHAUFFAGE

N°	Intitulé	Valeur	Unité	Source
1	Besoins chauffage	387,7	MWh	relevé compteurs CC01 à CC06
2	Production chaudière bois	202,6	MWh	relevé compteur CC08
3	Production champ solaire	89,2	MWh	relevé compteur CC10
4	Production PAC	88,6	MWh	relevé compteur CC07
5	Production thermique totale	291,2	MWh	= 2 + 4
6	Consommation chaudière bois	238,4	MWhPCI	= 2 * 0,85 (hyp rendement chaud bois)
7	Consommation électrique PAC	26,2	Mwhef	relevé compteurs CELEC13 + 14
8	Consommation électrique pompes (x4)	15,9	MWhef	relevé compteurs CELE 15 + 16 + 23 + 05
9	Consommation électrique totale PAC/solaire	42,0	MWhef	=7+8
10	Consommation électrique Bois (pompes+process)	2,3	MWhef	relevé compteurs CELEC03+04+05
	COP PAC	3,4		= 4/7
	COP système solaire/PAC	2,1		= 4/9
	COP Global (solaire/PAC/Bois)	1,0		= 5/(6+9+10)
	Taux de couverture PAC	30%		= 4/5
	Taux de couverture Bois	70%		= 2/5
	Ratio énergie produite	25 kWh/m ²		=5/SHONRT (11 845 m ²)
		33 kWh/m ²		=1/SHONRT (11 845 m ²)
	Ratio énergie finale consommée	22 kWhef/m ²		=(6+7)/SHONRT (11845 m ²)
	Ratio énergie primaire consommée	26 kWhep/m ²		=(7*2,58+6)/SHONRT (11845 m ²)
	Pertes stockage	26,8	MWh	= 3+7 - 4

Commentaires :

- Les relevés compteurs ont été fait sur la période du 8/11/2017 au 01/07/2018, ce qui représente à peu près une saison de chauffe.
- En revanche, 14% du bâtiment était encore en réduct, les données ne sont pas tout à fait représentatives d'un fonctionnement normal (consommations sous-évaluées)
- L'écart entre les besoins issus des différents départs (387 MWh) et la production thermique (291 MWh) n'est pas cohérent. Les valeurs devraient être plus proches et même légèrement supérieures pour la production

ACTION 3 : nécessité de contrôler le fonctionnement des différents compteurs par le MOe

- Le COP PAC est estimé à 3,4 soit proche de la valeur estimée en phase PRO à 3,6 (donné à 4.9 par DUALSUN)
- Le COP du système solaire/PAC est nettement plus faible car il inclut les consommations des différents circulateurs

- Le COP global inclut également le process bois, il est proche de 1 en raison de la répartition entre le bois/gaz.
- La répartition entre la production bois et la production PAC/solaire est de 70/30.
- Les pertes liées au stockage sont plus faibles que prévue (35 MWh en phase PRO), elles représentent tout de même 30% de la production des PAC.

1.4.2 INDICATEURS ECS

N°	Intitulé	Valeur	Unité	Source
1	Besoins ECS	-	MWh	données non disponibles
2	Production chaudière bois	0,6	MWh	relevé compteur CC09
3	Production champ solaire	40,3	MWh	relevé compteur CC11
4	Production PAC	54,1	MWh	= 3+7
5	Production thermique totale	54,7	MWh	=4+2
5'	Production thermique extrapolée	68,4	MWh/an	= 5/8*10 (estim prod annuelle)
6	Consommation chaudière bois	0,7	MWhPCI	= 2 * 0,85 (hyp rendement chaud bois)
7	Consommation électrique PAC	13,8	MWh	relevé compteurs CELEC10 + 11
COP PAC		3,9		= 4/7
Taux de couverture PAC		99%		
Taux de couverture Bois		1%		
Ratio énergie produite		4,6	kWh/m ²	= 5/SHONRT (11845 m ²)
Ratio énergie finale consommée		1,2	kWh/m ²	= (6+7)/SHON RT
Ratio énergie primaire consommée		3,1	kWh/m ²	= (7*2,58+6)/SHON RT

Commentaires :

- Les compteurs mis en place sur les départs ECS ne permettent de connaître les volumes d'ECS consommés, car ils comptabilisent également le bouclage. **Il est nécessaire de rajouter des compteurs sur les retours de bouclage.**
- Les besoins totaux (compris bouclage et stockage) sont néanmoins connus grâce aux compteurs de production.
- Le COP des PAC est bon et supérieur à la valeur du PRO (3,25)
- L'énergie apportée par le bois pour la production ECS est très faible et ne représente que 1% du mix énergétique.
- Ces performances sont à nuancer dans la mesure où les températures de stockage et de distribution ne sont pas respectées. (cf chapitre 2.1)

1.4.3 INDICATEUR GLOBAL (CHAUFFAGE + ECS)

N°	Intitulé	Valeur	Unité	Source
1	Production bois totale	203,2	MWh	compteur cc08 + cc09
2	Production Pac totale	142,7	MWh	compteur cc07 + cc11 + celec10 + celec11
3	Production chaleur CH+ECS	345,9	MWh	= 1+2
4	Consommation électrique totale	58,2	MWh	= 9 +10 + 7
5	Consommation bois totale	239,1	MWhPCI	= 6 + 6
	Taux de couverture PAC	41%		=2/3
	Taux de couverture Bois	59%		= 1/3
	COP Global (CH+ECS)	1,2		= 3/(4+5)


- La répartition entre le bois et les PAC est de 59/41. Lors de la réunion HQE concernant la mise en exploitation du PV hybride (voir CR HQE n°21 du 10 mai 2017), l'entreprise SOGEA s'est engagée à intervenir sur les installations de production de chaleur en cas d'écart important par rapport à l'objectif de production 50% bois et 50% PAC en fin de 1^{ère} année de fonctionnement. L'objectif de 50/50 n'est pas atteint.

ACTION 4 : fiche de dysfonctionnement à rédiger par le MOE et à traiter par SOGEA.


2. BILAN COMPARATIF REEL/ESTIMATIONS

2.1 COMPARATIF AUX ESTIMATIONS AOR

Les consommations réelles correspondent aux relevés de compteurs effectués sur la période du 8/11/2017 au 01/07/2018. Ces consommations ont été comparées aux valeurs estimatives données par la MOE en phase AOR.

POSTES REGLEMENTAIRES [kWh/ef]	TOTAL Lycée	Ecart	Prévisionnel Moe [kWh/an]
Chauffage	264 524		363 800
ECS	14 549		32 500
Eclairage	50 398	155%	111 800
Ventilation	65 448	59%	0
Pompes	21 799		
Froid	3 103		
TOTAL 1	419 821	83%	508 100
AUTRES USAGES [kWh/ef]	TOTAL Lycée		Prévisionnel Moe [kWh/an]
Froid	794 356		
Prises	15 504		
Process cuisine	235 542		
Ascenseur	550		
TOTAL 2	1 045 952	521%	200 900
		125%	
TOTAL 1+2	1 465 773		709 000

Commentaires :

- Les consommations « Chauffage+ECS »  représente 77% de l'estimation sachant que la période de relevés couvre ~ 65% d'une année de fonctionnement (235 jours) et qu'une partie du lycée était en hors gel (14% de la surface) et que le nombre de repas était plus faible que prévu (260/jour contre 800/jour au prévisionnel).
- Le poste éclairage dépasse de 55% les consommations prévisionnelles, il y a donc une dérive importante sur ce poste, d'autant plus qu'une partie des locaux n'était pas occupé.
- Les consommations des auxiliaires de ventilation représentent 59% de l'objectif, il n'y a donc à priori pas de dérives à noter sur ce poste.
- Les autres postes « pompes » et « froid » n'avaient pas l'objet d'estimation en phase AOR.
- Concernant les autres usages, nous pouvons noter les points suivants :
 - Les consommations pour les baies de brassage sont anormalement élevées.

ACTION 5 : Le compteur électrique et/ou l'équipement de climatisation devront être vérifiés par le MOe

- Les consommations du process cuisine dépassent à elles seules le prévisionnel du poste autre usages. Sachant que le nb de repas a été nettement plus faible que le prévisionnel il est à craindre une dérive importante sur ce poste.

ACTION 6 : audit thermique du fonctionnement de la cuisine à réaliser par la Région

2.2 COMPARATIF AU BILAN BEPOS EFFINERGIE

	Relevé des compteurs période du 08/11/2017 au 01/07/2018		Bilan BEPOS
	kWh _{eff} /m ²	kWh _{ep} /m ²	kWh _{ep} /m ²
Chauffage	22,3	25,8	13,7
<i>Conso Bois</i>	20,1	20,1	1,1
<i>Conso PAC</i>	2,2	5,7	7,7
ECS	1,5	3,9	5,5
<i>Conso PAC</i>	1,2	3,0	
<i>Conso Bois</i>	0,1	0,1	
<i>traçage électrique</i>	0,3	0,8	
Eclairage	4,3	11,0	6,5
Total auxiliaires	7,4	19,0	27,3
<i>Auxiliaire ventil</i>	5,5	14,3	
<i>Auxiliaire pompes</i>	1,8	4,7	
Froid	0,3	0,7	
Autres équipements élec	88,3	227,8	30
<i>Autres équipements élec hors froid</i>	21,2	54,8	
Production PV	-11,5	-29,7	-60,8
Total Conso		115,2	83,0
Total Prod		-55,5	-69,6
Bilan BEPOS		59,7	13,4

Commentaires :

- **Les consommations anormales de froid ont été retirées du bilan.**
- Les consommations réelles s'écartent du bilan BEPOS sur les postes chauffage, éclairage et autres équipements électriques
- Nous avons inclus les consommations du traçage électrique qui a été mis en place sur le réseau ECS cuisine
- La production PV est 2 fois plus faible que le prévisionnel BEPOS mais la production ne correspond qu'à 6 mois de fonctionnement.

2.4 COMPARATIF AUX DONNEES DUALSUN

Les estimations de production pour l'installation PV hybride + PAC ont été faites par DUALSUN, les données réelles sont comparées aux estimations ci-dessous :

	Prévisionnel DUALSUN kWh/an	Production réelle kWh 08/11/2017 au 01/07/2018	
Production STH brut	343 809		
Refroidissement	- 179 254		
production STH net	164 555	89 200	54%
Production thermique PAC	205 442	88 600	43%
Consommation élec PAC	41 554	26 171	
COP PAC	4,9	3,4	

La période de mesure correspond quasiment à une saison de chauffe complète, l'installation solaire thermique a produit environ 2 fois moins d'énergie que le prévisionnel.

Les PAC ont également produit 2 fois moins d'énergie que prévu néanmoins cela reste à corréliser avec les besoins du Lycée sur cette première période de fonctionnement (une partie des locaux en réduit/hors gel)

- ⇒ **Pour mémoire, les compteurs de production et les compteurs départs chauffage devront faire l'objet d'une vérification pour établir des bilans fiables (écart important entre la production et les besoins => chapitre 1.2.1)**

2.5 BILAN INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE

L'installation photovoltaïque est composée de plusieurs installations. Le suivi de la performance peut être réalisé grâce aux informations renvoyées sur la GTC, **néanmoins les intitulés des différents compteurs/indicateurs ne sont pas clairs et devront être reformulés.**

ACTION 7 : Le Moe se prononcera sur la formulation des compteurs/indicateurs

La GTC remonte les informations des systèmes de suivi SOLARLOG. **Le SOLAR Log Internat semble en défaut, toutes les valeurs sont indiquées à 0, même le cumul de production depuis le 20 juillet 2018**

ACTION 8 : Le Moe précisera ce point à l'entreprise pour intervention.



Par ailleurs on trouve également 6 compteurs électriques qui remontent des informations sur la GTC en lien avec le photovoltaïque =>

	Compteur élec	nom compteur
TGPV1	Photovoltaïque PV1	CELEC109
TGPV2	Photovoltaïque PV2	CELEC110
TDPV1	Onduleur n°1	CELEC131
TDPV1	Onduleur n°2	CELEC132
TDPV2	Onduleur n°3	CELEC129
TDPV2	Onduleur n°4	CELEC130

REMARQUE 3 : Faut-il ajouter ces compteurs aux informations des SolarLog, sont-ils inclus dans les productions des SolarLog ?

- Période de relevé du 22/12/2017 au 01/07/2018

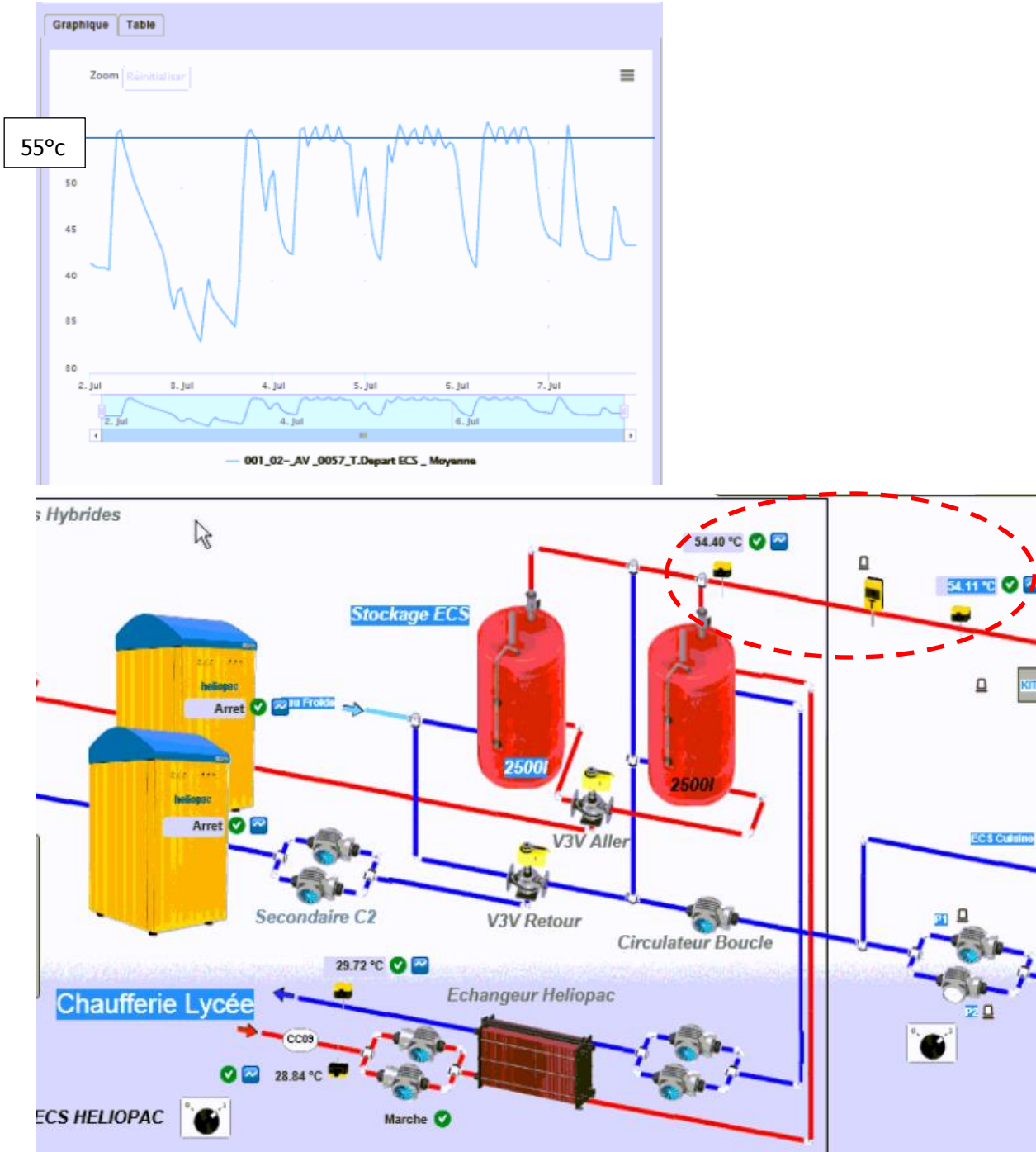
Solar Log CDI	27 437
Solar Log Internat	108 764
TOTAL	136 201

⇒ **Le prévisionnel de production photovoltaïque est de 278 456 kWh. La production actuelle serait à 49% du prévisionnel pour environ 6 mois de fonctionnement (dont 4 mois d'hiver). La production actuelle semble donc en cohérence avec les estimations. Il faudrait néanmoins remettre en service le solarLog Internat et préciser les intitulés du système de suivi**

3. REMARQUES SUR LE FONCTIONNEMENT

3.1 TEMPERATURE DE PRODUCTION ECS

Les consignes ECS ne sont pas respectées (la température de départ est très souvent < 55°C) :



Extrait du dossier DOE :

Si l'aquastat de l'appoint (dans le haut du ballon de distribution) est en-dessous de la consigne demandée (55°C), les circulateurs coté ballon et coté chaudière de l'échangeur se mettent en marche. L'eau du réseau de chauffage fourni alors ses calories à l'ECS en passant par l'échangeur afin que le départ de la distribution soit toujours au-dessus de 55°C.

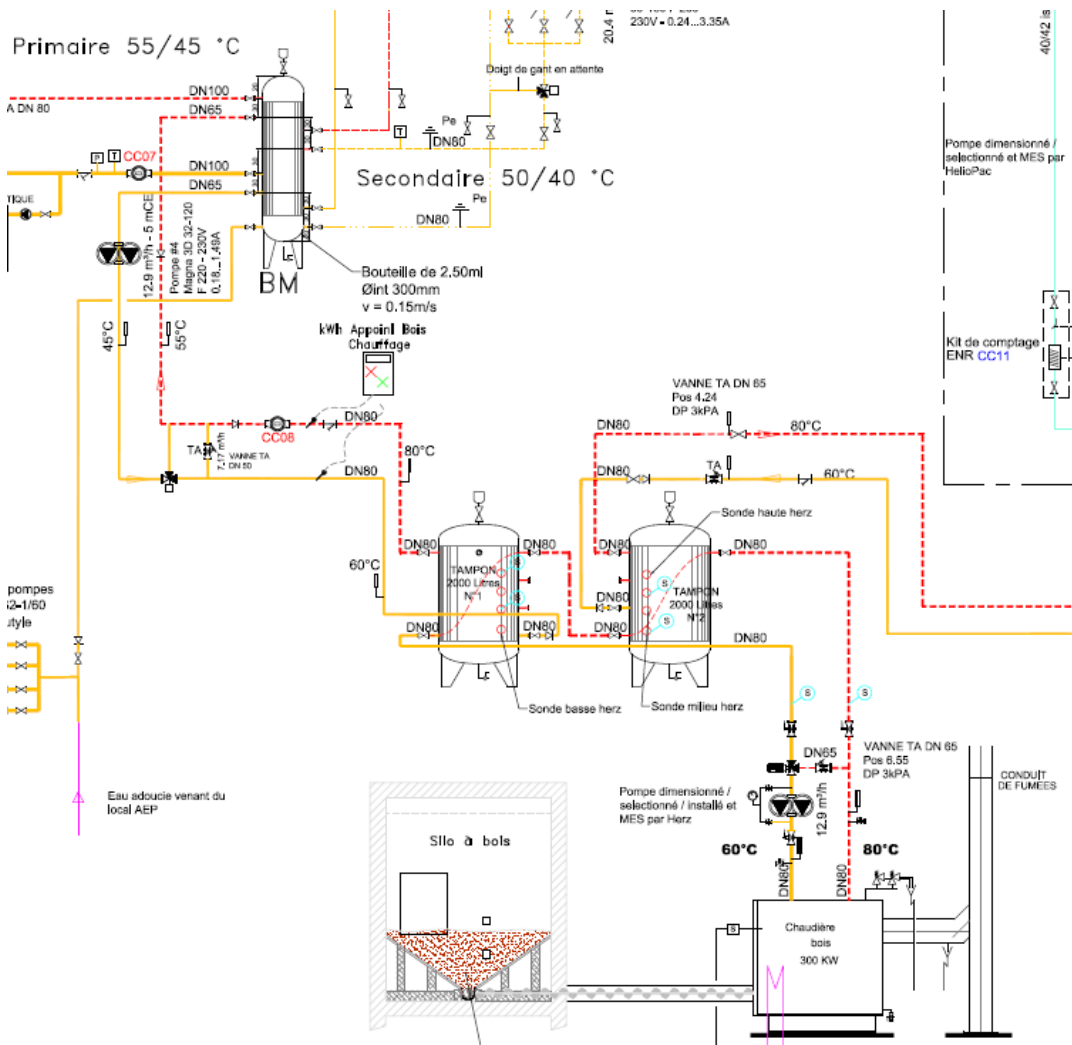
La solution Heliopacsystem+® assure de base des conditions de température dans le stockage conformes avec la réglementation sur le risque de développement des légionnelles (arrêtée du 30 novembre 2005) grâce au maintien en permanence d'une sortie de stockage comprise entre 55°C et 60°C.

- ➔ La température de prod ECS n'est pas conforme au DOE, ni à la réglementation par rapport à la légionnelle
- ➔ L'appoint bois ne semble pas fonctionner
- ➔ De plus, la fonction choc thermique est désactivée dans la GTB

ACTION 9 : La Région interrogera l'exploitant sur ce dysfonctionnement majeur pour action immédiate.

3.2 ANALYSE DU COUPLAGE BOIS/PAC POUR LE CHAUFFAGE

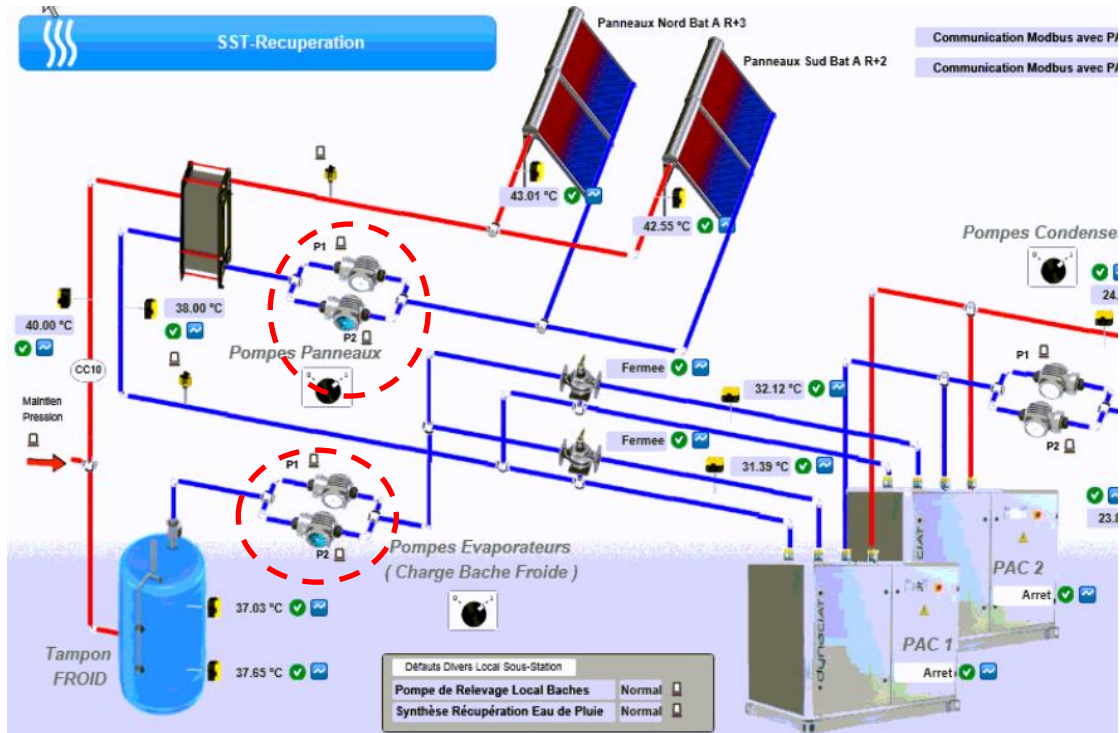
Au niveau hydraulique l'appoint bois est piqué en amont de la bouteille => risque de réchauffage des ballon tampon par la chaudière bois. Il aurait été préférable de piquer l'appoint en aval de la bouteille.



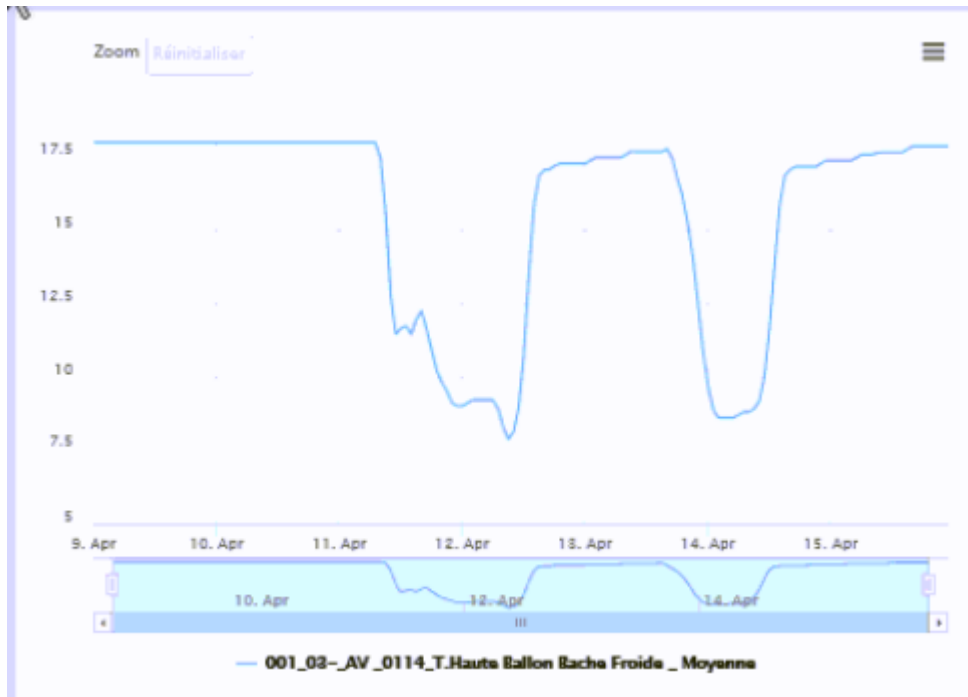
3.4 FONCTIONNEMENT POMPE CHARGE BACHE FROIDE

Cette pompe fonctionne en permanence. Ses consos électriques sont aussi élevées que les PACs

ACTION 10 : Le Moe indiquera les possibilités d'optimiser son fonctionnement (**Asservissement aux PAC**)



3.5 REGULATION BACHE FROIDE



La température dans la bache froide est bridée à 18°C maxi (sans doute par rapport à la température max en entrée évapo limité à 20°C). Une optimisation consisterait à supprimer cette limite et mieux valoriser le couplage entre la PAC et la bache de stockage (stockage amélioré pendant les périodes où il n'y a pas de demande).

REMARQUE 4 : Le Moe précisera son avis sur cette optimisation. Inddigo pourra réaliser une simulation de l'amélioration apportée par cette optimisation. Un nouveau schéma de principe devra être réalisé (prévoir une V3V supplémentaire)