

Projet pilote
Domaine couplage chaleur-force (CCF)

Installation et suivi d'un couplage chaleur-force (CCF) sur le site de l'ORT à Anières

Etude réalisée par le bureau
CONTI & ASSOCIÉS Ingénieurs SA
17, quai de Versoix – CP 428
CH - 1290 VERSOIX
qui est le seul responsable du contenu.

Sur mandat et avec le soutien de
l'Office fédéral de l'énergie (OFEN),
du
Service cantonal de l'énergie de Genève
(ScanE)
et du
Département de l'Aménagement, de l'Equipement
et du Logement (DAEL)

Février 2004 Rapport final

**Installation et suivi
d'un couplage
Chaleur-Force (CCF)
sur le site de l'ORT
à Anières**

Projet OFEN n°41343

Contrat ScanE n°81315

Vérifier que l'intégration du CCF pallie au
manque de puissance électrique

Valider que le CCF assure, notamment en
été, les besoins de l'eau chaude sanitaire et
d'une conduite à distance

Vérifier la rentabilité du CCF

Effectué sur mandat de

l'Office fédéral de l'énergie (OFEN)
M. F. Rognon

le Service cantonal de l'énergie de Genève
(ScanE)
M. J. Van der Maas

le Département de l'Aménagement, de
l'Équipement et du Logement (DAEL)
M. Ph. Bonvin

Un projet du bureau

CONTI & ASSOCIÉS Ingénieurs SA
17, quai de Versoix – CP 428
1290 Versoix
e-mail : e.conti@conti-ingenergy.ch
M. E. Seoane

RÉSUMÉ

L'intégration d'un couplage chaleur-force dans un système énergétique complexe comme celui de l'immeuble ORT de l'Hospice Général permet de pallier un manque de puissance électrique et d'assurer les besoins en été en eau chaude sanitaire et d'une conduite à distance, ceci avec stockage de chaleur.

La complexité de l'intégration d'un tel couplage dans un système existant présente en outre de nombreuses contraintes hydrauliques pour assurer un nombre d'heures de fonctionnement suffisamment important et d'assurer la rentabilité de l'installation.

Une régulation pointue permettant de subvenir aux besoins de pointe électrique et aux besoins de production d'eau chaude sanitaire sans dissipation doit être installée. La régulation de l'ensemble du système énergétique est donc déterminante pour le bon fonctionnement de l'installation.

Suite à une telle intégration, il est nécessaire de réaliser un suivi pour la réalisation de l'optimisation et du bilan de fonctionnement (énergétique et économique) de l'installation pilote au niveau de la régulation et de la gestion du stockage pour assurer à la fois les besoins de pointe électrique et de production d'ECS.

Le suivi, réalisé sur l'immeuble ORT à Anières, nous permet de faire les remarques suivantes :

- Une régulation hydraulique du primaire sur le retour est viable.
- L'amélioration de la rentabilité de l'exploitation passe par un choix de la production en fonction des besoins énergétiques, mais aussi par rapport aux opportunités tarifaires dans la journée.
- Le faible taux d'occupation du bâtiment a une importance capitale sur la consommation électrique et sur la rentabilisation du système.
- Le mode **couplage force-chaleur (CFC)** utilisé nous permet de valider le fonctionnement d'une cogénération commandée par un appel d'électricité tout en évitant la dissipation.

La régulation par largeur de bande n'a pas été nécessaire étant donné les résultats plus que satisfaisants du mode force-chaleur (CFC). Le coût d'intégration de cette régulation aurait été trop élevé par rapport aux résultats attendus.

FAZIT

Die Integration eines Blockheizkraftwerkes (BHKW) im komplexen Energiesystem des ORT Gebäudes vom Hospice Général in Anières (GE) erlaubt, durch eine spezifische Regulierung, gleichzeitig die Mängel elektrischer Leistung und den Bedarf an Brauch-Warmwasser zu decken.

Die Komplexität der Integration eines BHKWs in einem bestehenden System verlangt eine gute hydraulische Einbindung um eine grosse Anzahl an Betriebsstunden zu erreichen, so dass das System wirtschaftlich wird.

Die Einstellung der Regulierung muss sehr genau sein damit der Bedarf an elektrischer Leistung und an Wärme für die Trinkwassererzeugung ohne Wärmevernichtung erfolgen kann. Die Verwaltung der 10 m³ Speicher spielt dabei eine zentrale Rolle.

Die Betreuung der Anlage dauert im Sinne einer Erfolgskontrolle ein ganzes Jahr und hat folgende Resultate gegeben :

- Eine hydraulische Regulierung des Primärkreises durch eine Temperatur-Sonde auf dem Rücklauf ist eine gute Lösung.
- Eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Betriebes ist abhängig von der Wahl der Wärmeproduktion in Funktion des Wärmebedarfes sowie von der Gestaltung der Stromtarife während des Tages.
- Das Gebäude hat eine permanent variable Besetzung der Zimmer. Wenn diese Besetzung klein ist (weniger als 50%) muss der Strom an des Elektrizitätswerk verkauft werden was die Wirtschaftlichkeit stark sinkt.
- Die Betriebsart Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) erlaubt es, das System nach dem Strombedarf zu fahren und zugleich die Wärme zu speichern.
- Eine am Anfang geplante Bandbreitenmodulierung wurde nicht nötig, da die Resultate mit Betriebsart KWK sehr positiv waren. Das Zusatznutzen dieser Variante wäre marginal im Vergleich mit den erreichten Resultate und wäre daher finanziell nicht vertretbar.

Sommaire des titres

RÉSUMÉ	3
FAZIT	4
1. PRÉAMBULE	6
2. STATISTIQUES D'EXPLOITATION 2001 ET 2002	7
2.1 CARACTÉRISTIQUES DU COUPLAGE CHALEUR-FORCE	7
2.2 HEURES DE FONCTIONNEMENT	7
2.3 PRODUCTION-CONSOMMATION DE CHALEUR	9
2.4 PRODUCTION-CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ	12
3. ANALYSE DE FONCTIONNEMENT DU CCF	16
3.1 IMPACT DE LA RÉGULATION DU PRIMAIRE SUR LE RETOUR	16
3.2 MEILLEURE EXPLOITATION EN DIMINUANT LA REVENTE ÉLECTRIQUE EN ÉTÉ EN HEURES CREUSES	16
3.3 MEILLEURE DISPONIBILITÉ PAR UNE AUGMENTATION DU TEMPS DE FONCTIONNEMENT EN ÉTÉ	17
3.4 INTÉGRATION DU CCF POUR PALLIER AU MANQUE DE PUISSANCE DU SITE	17
3.4.1 <i>Mode opératoire</i>	17
3.4.2 <i>Procédure de test</i>	17
3.4.3 <i>Résultats</i>	18
4. ANALYSE DES MAINTENANCES, ANOMALIES ET PANNES	19
4.1 CHARGE ÉLECTRIQUE ET REMPLISSAGE DU CENTRE	19
4.2 MOTEUR	20
4.2.1 <i>Encrassement de l'échangeur gaz/eau</i>	20
4.2.2 <i>Pannes catalyseur</i>	20
4.2.3 <i>Percement échangeur</i>	20
4.3 COMPTAGE	21
4.3.1 <i>Mesures des heures de fonctionnement</i>	21
4.3.2 <i>Mesures de l'énergie électrique</i>	22
5. NÉCESSITÉ DE LA RÉGULATION PAR MODULATION DE LARGEUR DE BANDE	23
6. COÛTS D'EXPLOITATION	24
7. CONCLUSIONS	26
8. ANNEXES	27

Sommaire des tableaux

TABLEAU 1 : DURÉES DE FONCTIONNEMENT DES PRODUCTEURS DE CHALEUR EN 2001	7
TABLEAU 2 : DURÉES DE FONCTIONNEMENT DES PRODUCTEURS DE CHALEUR EN 2002	8
TABLEAU 3 : BILAN ANNUEL DE PRODUCTION-CONSOMMATION DE CHALEUR EN 2001	10
TABLEAU 4 : BILAN ANNUEL DE PRODUCTION-CONSOMMATION DE CHALEUR EN 2002	11
TABLEAU 5 : PRODUCTION-CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ EN 2001	13
TABLEAU 6 : PRODUCTION-CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ EN 2002	14
TABLEAU 7 : TABLEAU DES PRIMES DE PUISSANCES "REFOULEMENT" ET "ACHAT"	15
TABLEAU 8 : NOMBRE D'OCCUPANTS ET TAUX D'OCCUPATION DU BÂTIMENT DE L'ORT	19
TABLEAU 9 : DIFFÉRENCE DE COMPTAGE PAR RAPPORT AUX RELEVÉS MANUELS DES HEURES EN 2001	21
TABLEAU 10 : PRODUCTIONS & CONSOMMATIONS DE CHALEUR ET D'ÉLECTRICITÉ EN 2001 À L'ORT	24
TABLEAU 11 : PRODUCTIONS & CONSOMMATIONS DE CHALEUR ET D'ÉLECTRICITÉ EN 2002 À L'ORT	24
TABLEAU 12 : RECOMMANDATION DE FONCTIONNEMENT EN FONCTION DES TARIFS SIG	25

1. PRÉAMBULE

Il s'agit là du rapport final, élaboré sur la base des buts fixés dans le mandat du projet de l'OFEN N°41343.

Le rapport concerne les deux années d'exploitation prévues, c'est-à-dire 2001 et 2002.

Les buts inscrits dans le contrat consistent à intégrer un CCF pour pallier à un manque de puissance électrique ainsi que d'assurer, notamment en été, les besoins en chaleur de l'eau chaude sanitaire et d'une conduite à distance. Tout cela doit être fait avec stockage de chaleur et sans dissipation.

Au moment de la mise en service, les particularités de régulation étaient les suivantes :

1. Réglage du circuit primaire sur l'aller (voir **Annexe 1**, sonde MB 68) pour assurer immédiatement la juste température aux consommateurs mais présentant un risque de retour chaud en cas de baisse rapide des besoins de chaleur (le CCF se déclenche si retour trop chaud).
2. Gestion d'un stockage de chaleur uniquement quand seul le CCF fonctionne et non pas comme un tampon (pas de stockage avec les chaudières).
3. Capacité du stockage de chaleur assurant en été simultanément
 - la fourniture des besoins électriques de pointe et
 - la production d'eau chaude sanitaire pendant près de 3 heures.
4. Télégestion de l'ensemble permettant de suivre de manière dynamique et statistique l'ensemble de l'installation.

Dans le cadre du mandat, nous avons pour mission de réaliser les points suivants:

1. Régler le primaire sur le retour (voir **Annexe 1**, sonde MB 73) pour éliminer le risque de retour chaud au niveau du moteur et déterminer les avantages de cette régulation.
2. Enclencher le moteur en été pour écrêter des pointes électriques du site.
3. Etudier la nécessité d'introduction d'une régulation par modulation de largeur de bande.

Le premier point est réalisé dès l'été 2001.

Le second doit faire face à un fort déficit de consommation électrique, notamment lié à la mise en service tardive du bâtiment (juillet 2001), la faible fréquentation (45.5% pendant l'année 2001 et 68.3% en 2002), ainsi que la surestimation des besoins électriques pendant la rénovation. Suite à une panne durant le printemps 2002, l'action est finalement réalisée à la fin de l'été (mois de septembre et octobre) selon le principe suivant: enclenchement du moteur si la charge du bâtiment est supérieure à un certain seuil (50 kW).

Le troisième point fut abandonné suite aux données comparatives plus qu'avantageuses du mode de fonctionnement Force-Chaleur (voir §3.4) et est expliqué plus en détail au §5.

2. STATISTIQUES D'EXPLOITATION 2001 ET 2002

2.1 CARACTÉRISTIQUES DU COUPLAGE CHALEUR-FORCE

Les caractéristiques du couplage chaleur-force sont les suivantes:

- $P_{\text{él}}$: 120 kW
- P_{th} : 130 kW
- P_{in} : 305 kW

Le moteur du système fonctionne au mazout car le site est isolé du réseau d'approvisionnement en gaz naturel.

Les normes d'émission polluantes en vigueur sont respectées grâce à 2 systèmes d'épurations des gaz de fumée comprenant:

- un filtre à suies à régénération
- un catalyseur de type SCR.

2.2 HEURES DE FONCTIONNEMENT

Les durées de fonctionnement du CCF et de la chaudière (2001) sont résumées ci-dessous :

	CCF [h] *	Chaudière petite flamme [h] *	Chaudière grande flamme [h] *
Janvier 01	327	218	10
Février 01	328	215	11
Mars 01	511	94	0
Avril 01	589	38	0
Mai 01	423	11	1
Juin 01	164	13	0
Juillet 01	149	21	1
Août 01	156	18	4
Septembre 01	345	38	1
Octobre 01	440	5	0
Novembre 01	449	180	13
Décembre 01	414	265	16
Total	4'295	1'116	56

Tableau 1: Durées de fonctionnement des producteurs de chaleur en 2001

* Source : Relevé DIGIMAT.

Les durées de fonctionnement du CCF et de la chaudière (2002) sont résumées ci-dessous :

	CCF [h] *	Chaudière petite flamme [h] *	Chaudière grande flamme [h] *
Janvier 02	336	390	12
Février 02	0	355	4
Mars 02	0	316	3
Avril 02	0	280	2
Mai 02	4	174	6
Juin 02	186	32	4
Juillet 02	248	1	0
Août 02	245	0	0
Septembre 02	229	17	2
Octobre 02	467	92	3
Novembre 02	654	98	1
Décembre 02	651	174	6
Total	3'020	1'929	43

Tableau 2: Durées de fonctionnement des producteurs de chaleur en 2002

Le faible nombre d'heures d'exploitations du CCF en janvier 2001 est dû au démarrage du moteur après les fêtes (le 8 janvier), à une panne sèche de mazout et à l'arrêt pour cause de bouchage de l'échangeur gaz/eau.

Février 2001 correspond à la phase de mise au point avant la mise en service officielle.

De mi-janvier à fin mai 2002, l'échangeur gaz/eau est corrodé et doit être remplacé d'où l'arrêt du CCF, ce qui explique la faible durée de fonctionnement durant cette période et réciproquement la forte durée pour la chaudière en petite flamme.

La chaudière fonctionne environs 95% de son temps en allure "petite flamme" (300 kW), traduisant une certaine réserve de puissance thermique pour la chaufferie.

En relevant le bilan d'exploitation du CCF, nous remarquons que le moteur fonctionne 4'295 heures en 2001 et 3'020 heures en 2002, soit un taux d'utilisation annuelle de 72% et 50% respectivement, par rapport aux prévisions de la faisabilité.

En hiver, le CCF fonctionne 24H sur 24, à l'exception de certaines périodes de température extérieure clémente. La consommation de chaleur pour le bâtiment atteint en plein hiver plus de 4'000 kWh/jour. En été la consommation de chaleur diminue à 840 kWh/jour avec le CCF fonctionnant à pleine charge en moyenne pendant 3 heures d'affilée.

La chaudière fonctionne en été uniquement pour compenser l'arrêt du CCF en cas de panne ou de maintenance.

* Source : Relevé DIGIMAT.

Pendant la seconde partie de l'été 2001 nous réglons le moteur à 70 kW soit 60% de sa charge nominale. Ainsi le CCF peut augmenter sa durée de fonctionnement estivale de plus de 5 h/j (voir le tableau des relevés d'exploitation 2001 en **Annexe 2**).

En fin d'année 2001, le système est arrêté à cause d'une panne sur l'échangeur eau/gaz dans la cellule du CCF. L'analyse montre qu'à charge partielle, le débit (constant) passant dans l'échangeur a pour effet de "sous-refroidir" les gaz de combustion, entraînant la condensation de l'acide sulfurique et de l'eau et de ce fait une corrosion du matériel.

2.3 PRODUCTION-CONSOMMATION DE CHALEUR

En hiver, l'appel de puissance-chaleur atteint des pointes de 200 kW. Le CCF s'intègre facilement dans le profil de consommation thermique durant la saison froide.

En été la discontinuité du profil de consommation d'eau chaude sanitaire (ECS) est absorbée par le stock de chaleur (voir ci-après ou dans **l'Annexe 4**).

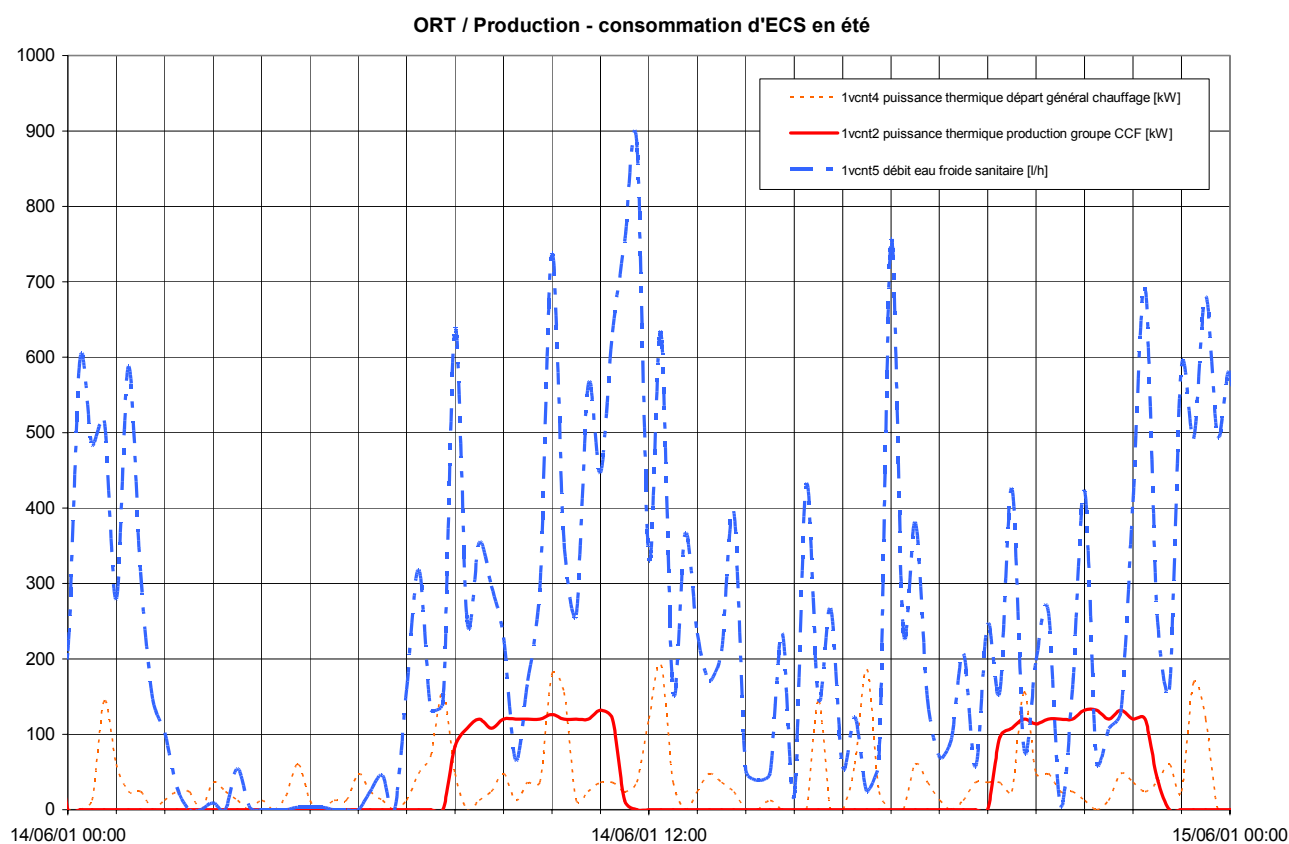


Figure 1: Profil journalier de production et consommation pour l'ECS de chaleur en été

Le stock de chaleur est soumis à des phases de charge et décharge de chaleur (voir l'évolution de la thermocline sur la **Figure 2** ci-après ou sur **l'Annexe 5**).

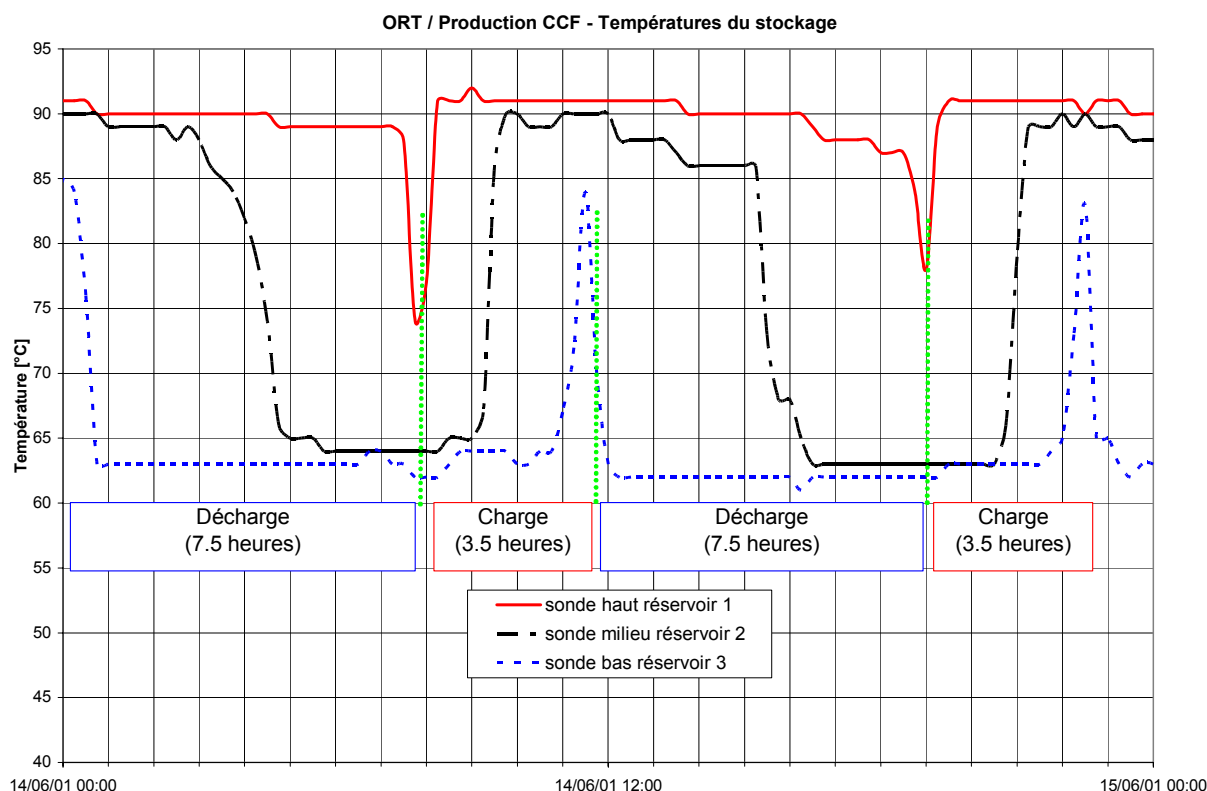


Figure 2: Profil journalier de charge et décharge du stock de chaleur à l'ORT en été

Au total, pendant la 1^{ère} année d'exploitation, la production de chaleur du CCF est de 480 MWh soit 50% des prévisions de la faisabilité et la 2^{ème} année elle est de 332 MWh soit 33% (voir **Annexe 7** et **8**).

Les statistiques sont résumées dans les tableaux ci-après :

	Production CCF [MWh] *	Production chaudières [MWh] *	Consommation [MWh] *
Janvier 01	30.3	79.2	110.0
Février 01	36.3	78.2	118.0
Mars 01	57.4	32.3	90.1
Avril 01	67.9	12.2	81.1
Mai 01	47.5	3.2	49.5
Juin 01	18.6	4.3	20.6
Juillet 01	15.0	1.4	14.3
Août 01	15.2	7.4	20.7
Septembre 01	26.3	12.3	37.4
Octobre 01	49.3	1.1	49.1
Novembre 01	60.4	55.3	116.9
Décembre 01	55.6	94.8	152.3
Total	479.8	381.7	860.1

Tableau 3: Bilan annuel de production-consommation de chaleur en 2001

	Production CCF [MWh] *	Production chaudières [MWh] *	Consommation [MWh] *
Janvier 02	25.8	120.0	147.9
Février 02	0	116.8	119.6
Mars 02	0	102.8	105.2
Avril 02	0	90.4	92.4
Mai 02	0	59.1	59.5
Juin 02	20.9	11.7	31.7
Juillet 02	27.5	0.4	26.4
Août 02	27.7	0	25.8
Septembre 02	24.7	6.4	29.2
Octobre 02	52.6	34.7	88.3
Novembre 02	76.6	23.3	100.9
Décembre 02	76.4	58.5	136.1
Total	332.2	624.1	963.0

Tableau 4: Bilan annuel de production-consommation de chaleur en 2002

L'explication de la faible production en janvier et des productions nulles de février à mai 2002 est donnée par le fait que, comme dit au §2.2, l'échangeur gaz/eau fut percé mi-janvier d'où arrêt du CCF durant cette période.

Cependant, on remarque que la consommation en 2002 a augmentée de 7%. Ceci est dû à l'augmentation de l'occupation sur le site de l'ORT.

La consommation globale en chaleur du site est de 860 MWh en 2001 et 963 MWh en 2002, ce qui correspond à environ 60% et 67% des prévisions (voir **Annexe 7** et **Annexe 8**).

* Source : Relevé DIGIMAT (compteur C1, C2 et C3).

2.4 PRODUCTION-CONSUMMATION D'ÉLECTRICITÉ

La **Figure 3** et l'**Annexe 6** montrent les productions et consommations lors de l'étude de faisabilité.

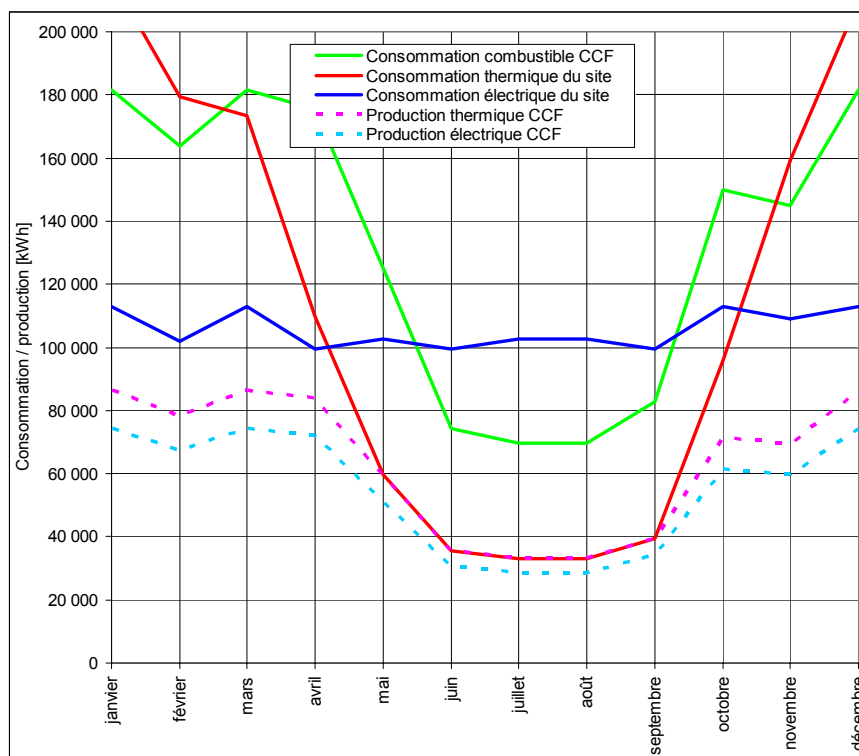


Figure 3: Productions et consommations prévues par la faisabilité

La **Figure 4** et l'**Annexe 7** montrent les productions et consommations réelles en 2001.

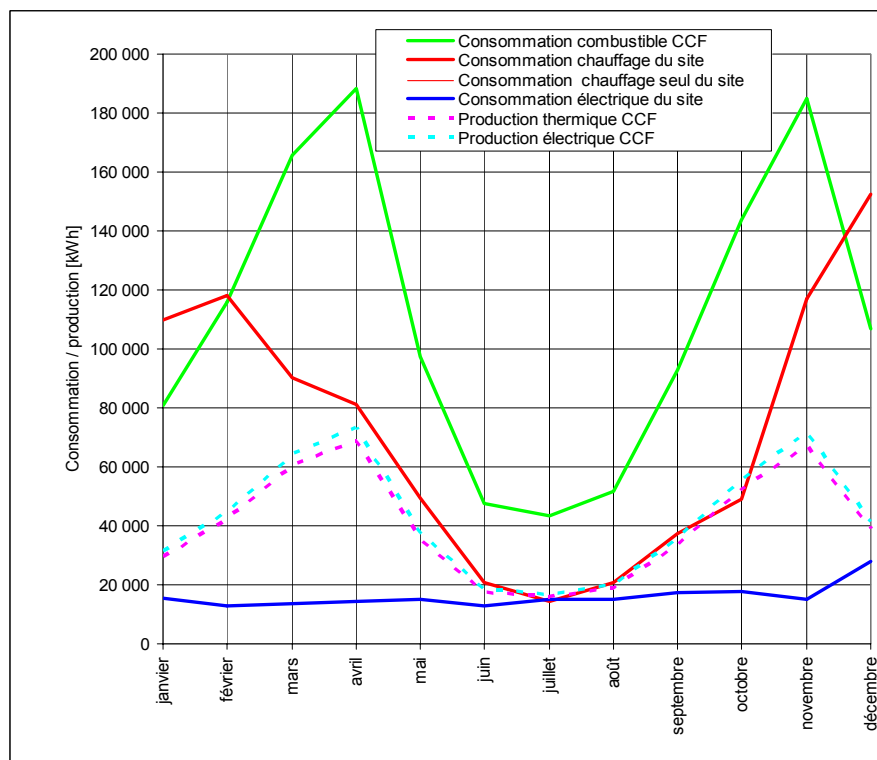


Figure 4: Productions et consommations réelles en 2001

La **Figure 4** et l'**Annexe 8** montrent les productions et consommations réelles en 2002.

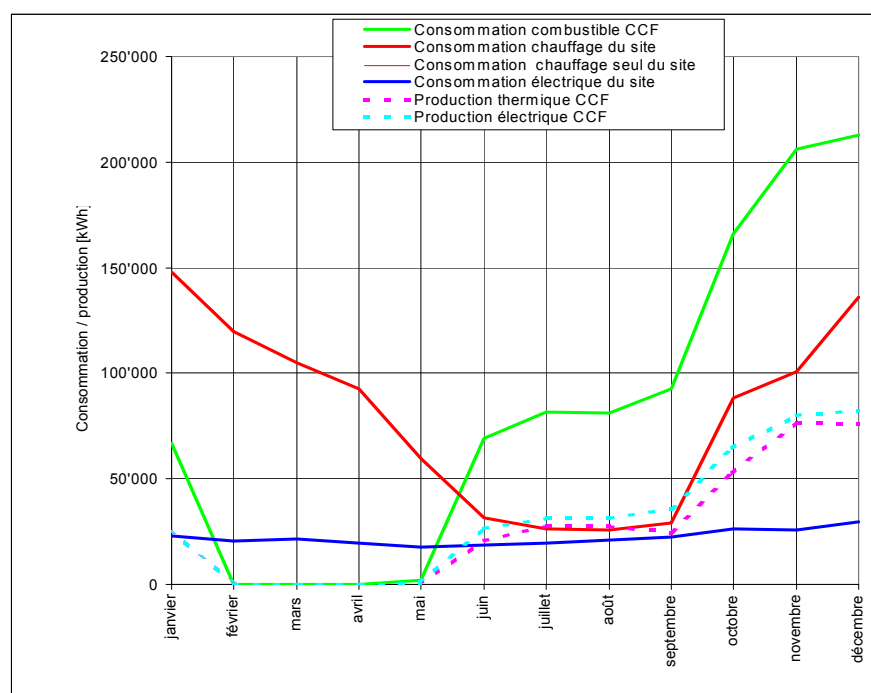


Figure 5: Production et consommation réelles en 2002

Les transferts d'énergie électrique sur le site de l'ORT sont résumés dans les tableaux suivants:.

	Production du CCF [MWh]	Refoulement vers les SIG [MWh]	Autoconsommation de l'ORT [MWh]	Achat aux SIG de l'ORT [MWh]	Consommation de l'ORT [MWh]
Janvier 01	31.3	24.5	6.8	8.5	15.2
Février 01	46.0	37.6	8.4	5.6	14.0
Mars 01	66.6	54.6	12.0	4.9	16.9
Avril 01	72.3	60.1	12.2	1.5	13.7
Mai 01	35.5	29.6	5.9	6.8	12.7
Juin 01	19.6	16.3	3.3	10.5	13.8
Juillet 01	16.3	13.7	2.6	12.1	14.7
Août 01	21.2	15.5	5.7	10.4	16.1
Septembre 01	34.5	25.1	9.4	6.5	15.9
Octobre 01	56.5	43.7	12.8	5.5	18.3
Novembre 01	77.4	58.6	18.8	1.9	20.7
Décembre 01	35.1	25.8	9.3	12.3	21.6
Total	512.1	405.0	107.1	86.4	193.6

Tableau 5: Production-consommation d'électricité en 2001*

* Source: Relevés des SIG et du DAEL.

	Production du CCF [MWh]	Refoulement vers les SIG [MWh]	Autoconsommation de l'ORT [MWh]	Achat aux SIG de l'ORT [MWh]	Consommation de l'ORT [MWh]
Janvier 02	25.9	18.1	7.8	15.2	23.1
Février 02	0	0	0	20.6	20.6
Mars 02	0	0	0	21.4	21.4
Avril 02	0	0	0	19.3	19.3
Mai 02	2.7	2.4	0.3	19.4	17.7
Juin 02	24.8	19.2	5.6	11.2	18.8
Juillet 02	31.7	25.2	6.5	12.8	19.4
Août 02	31.4	23.3	8.1	12.7	20.8
Septembre 02	36.0	24.7	11.3	11.2	22.5
Octobre 02	64.5	43.6	20.9	5.5	26.5
Novembre 02	80.0	54.7	25.3	0.6	26.0
Décembre 02	82.6	54.0	28.6	0.8	29.4
Total	379.6	265.2	114.4	150.8	265.5

Tableau 6: Production-consommation d'électricité en 2002*

La consommation d'électricité du site se montre très faible par rapport aux données de la faisabilité (voir **Annexe 6**). La dépendance de la consommation électrique avec la fréquentation du bâtiment peut expliquer ce point. Nous y revenons dans le §4. En consommant 194 MWh en 2001, le site utilise 15% des capacités prévues et 266 MWh représentant 21% pour 2002.

Ce fait explique le refoulement important d'électricité vers le réseau en 2001, c'est-à-dire 405 MWh, soit 80% de la production. Ce phénomène est réduit en 2002 (265 MWh soit 70 %). Cette amélioration a pu être obtenue par une meilleure fréquentation du centre et par l'application du mode Force-chaleur en été pour la production d'ECS.

Dans l'état actuel de la consommation du site, le CCF est surproducteur d'électricité.

Malgré la grande quantité d'électricité refoulée, la part auto-consommée (107 MWh en 2001 et 115 MWh en 2002) est limitée puisqu'elle ne représente que 55% et 44 % de la consommation totale du site, le reste étant acheté au réseau.

Cet achat a deux origines:

- Les indisponibilités de la machine pendant la période de chauffage.
- L'absence de dissipation de chaleur en été. Ceci implique un fonctionnement intermittent pour le chauffage de l'ECS. En dehors de la période de fonctionnement du CCF, l'électricité est achetée au réseau.

* Source: Relevés des SIG et du DAEL.

Les valeurs de mise à disposition et demande de puissance au réseau électrique des SIG sont décrites dans le tableau suivant :

	Prime de puissance refoulement vers le réseau SIG [kW]*	Prime de puissance achat au réseau des SIG [kW]*
Janvier 01	42	44
Février 01	0	40
Mars 01	58	39
Avril 01	91	36
Mai 01	32	38
Juin 01	33	38
Juillet 01	16	44
Août 01	30	41
Septembre 01	88	50
Octobre 01	59	46
Novembre 01	81	45
Décembre 01	31	40
Janvier 02	0	57
Février 02	0	57
Mars 02	0	58
Avril 02	0	51
Mai 02	0	50
Juin 02	56	44
Juillet 02	30	50
Août 02	32	60
Septembre 02	48	65
Octobre 02	46	56
Novembre 02	79	65
Décembre 02	79	60

Tableau 7 : Tableau des primes de puissances "refoulement" et "achat"

Les primes de puissance de refoulement ainsi que le refoulement d'électricité vers les SIG sont importantes et confirment le part élevée de la revente d'électricité au réseau (à exclure la période de janvier à mai 2002 où l'échangeur était percé et le moteur arrêté).

Malgré la forte autoproduction du site, les primes de puissance pour l'achat sont également élevées. Leur niveau peut aussi s'expliquer par le mode de comptage de la puissance de référence des SIG:

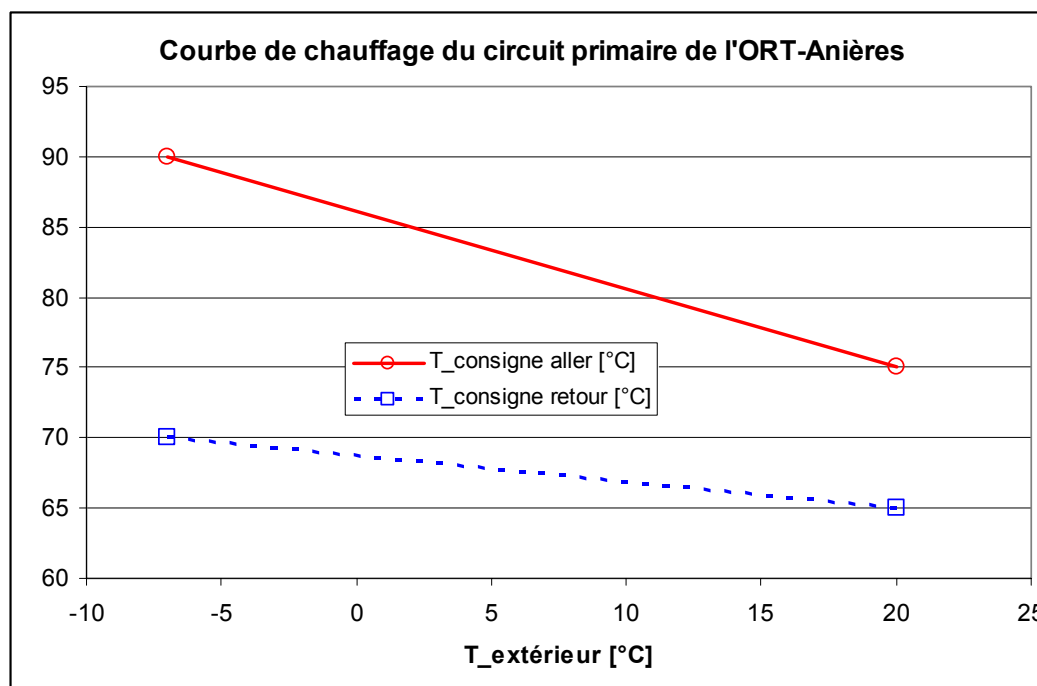
Pour le refoulement, les primes de puissance correspondent à la moyenne de 3 échantillonnages aléatoires de production durant 1 heure dans le mois et pour l'achat sur le réseau, les primes de puissance correspondent à la puissance maximale prélevée au réseau durant ¼ d'heure dans le mois.

* Source: Relevés des SIG et du DAEL.

3. ANALYSE DE FONCTIONNEMENT DU CCF

3.1 IMPACT DE LA RÉGULATION DU PRIMAIRE SUR LE RETOUR

Durant le 1^{er} semestre de l'année 2001, le circuit primaire a été régulé avec une consigne sur l'aller (voir la sonde Mb68 sur le schéma de principe en **Annexe 1**). A partir du 27 juin 2001, le primaire est régulé sur la sonde de retour (Mb73 sur le schéma). La courbe de chauffage ci-dessous décrit les consignes de température du **circuit primaire et du chauffage à distance** en fonction de la température extérieure.



Graphique 1: Courbe de chauffe du circuit primaire de l'ORT

Les deux stratégies de régulation donnent une prestation égale. La chaleur est produite à temps et en suffisance. La différence n'apparaît que pendant les périodes transitoires. La régulation sur l'aller garantit un niveau précis de température dans toutes les phases de fonctionnement. La régulation sur le retour garantit un plafond de température du circuit retour, même en cas de fort changement de la demande (comme pour la production ECS). Ce mode de régulation évite le besoin de "purger" la chaleur des secteurs avec le risque de ne pas pouvoir le faire et de subir un retour chaud vers le moteur. L'intérêt de la régulation sur le retour dans le circuit primaire est de contrôler au plus juste la température du retour vers le moteur; donc fiabilité opératoire et augmentation des heures de fonctionnement.

3.2 MEILLEURE EXPLOITATION EN DIMINUANT LA REVENTE ÉLECTRIQUE EN ÉTÉ EN HEURES CREUSES

Compte tenu de la faible rémunération de l'électricité en été, 9.3 ct/kWh en Heures Pleines (HP) et 3.4 ct/kWh en Heures Creuses (HC), nous minimisons la revente et exploitons le CCF pendant les HP. Pour cela le stock doit être plein à 22h00 (limite HP), voir les exemples d'exploitation en **Annexe 10** et **Annexe 11**

Le principe est de stocker la chaleur pendant les HP. Les réservoirs de chaleur sont remplis à 22h00 et sont vidés entre 22h00 et 6h00 en fonction de la demande ECS. Selon le remplissage du stock de chaleur après 6h00, le CCF peut être enclenché.

En fin de journée le moteur fonctionne à 100% (en mode CCF) à partir de 19h00 remplissant le stock de chaleur pour la nuit, sachant qu'il faut 3 heures de fonctionnement pour remplir les réservoirs de chaleur (voir le graphique en **Annexe 5**).

3.3 MEILLEURE DISPONIBILITÉ PAR UNE AUGMENTATION DU TEMPS DE FONCTIONNEMENT EN ÉTÉ

En passant du mode de fonctionnement "pleine charge" à "charge 60%", le CCF fonctionne plus longtemps et gagne en régularité pour :

- Augmenter la disponibilité du système face à un appel de puissance électrique.
- Diminuer le nombre d'enclenchements (coûteux et sollicitant le matériel).

Durant l'été 2001, nous faisons fonctionner le moteur à charge partielle (60%). Ces améliorations d'exploitation sont visibles par l'augmentation de la durée de fonctionnement de 7 h/j à 12 h/j (voir ***l'Annexe 2***). Le moteur se remet en pleine charge quand l'autorisation de chauffage du bâtiment, lié à la sonde extérieure, est activée. La machine livrée à l'ORT ne s'avère pas fiable dans ce mode de fonctionnement puisqu'elle n'adapte pas la récupération de chaleur sur la baisse du débit des gaz de combustion (malgré la demande du cahier des charges). L'explication de la panne est donnée au §4. Pour tenir compte des impératifs fiabilité dans l'exploitation, le moteur est désormais exploité à 100%.

3.4 INTÉGRATION DU CCF POUR PALLIER AU MANQUE DE PUISSANCE DU SITE

L'intégration électrique de l'autoproduction en parallèle à la fourniture du réseau doit permettre d'écarter la courbe de charge du bâtiment en été.

3.4.1 MODE OPÉRATOIRE

Le système fonctionne en mode Couplage Force-Chaleur (CFC) car il s'enclenche au-dessus d'un niveau de charge électrique du bâtiment. Le seuil est défini pour une demande de 50 kW. Tandis que le déclenchement est ordonné pour 45 kW (la relation charge électrique/remplissage du bâtiment est discutée au §4). Une temporisation de 30 minutes est introduite pour limiter la pendulation du moteur.

Le mode **couplage Force-Chaleur (CFC)**, peut donc être réalisé en agissant de la manière suivante :

- Fixer le plafond de charge limite du site (par exemple 50 kW au lieu de 200 kW actuellement).
- Réguler l'enclenchement estival du moteur pour qu'il prenne le relais en cas d'une demande supérieure à la charge limite.

De plus, le couplage Force-Chaleur s'enclenche automatiquement sans la demande de 50 kW aux périodes de la journée les plus demandeuses, c'est-à-dire de 6h à 8h15, 11h30 à 13h45 et de 19h à 22h15 (voir ***l'Annexe 12***). Dans les autres cas, il ne s'enclenche que si la demande passe au dessus des 50 kW imposé.

3.4.2 PROCÉDURE DE TEST

Les tests n'ont pu se dérouler que pour les mois de septembre et octobre 2002 car les circonstances ne l'ont pas permis avant.

Le moteur fonctionne à pleine charge soit 120 kWe et 130 kWt. Il faut en moyenne 3-4 heures pour charger le stock de chaleur, avec une variation en fonction de la demande ECS pendant la charge.

3.4.3 RÉSULTATS

L'évolution, pendant 7 jours, de ce mode opératoire est décrite dans l'**Annexe 10**. Ce mode de fonctionnement est opérant pour autant que le stock de chaleur et la consommation journalière de chaleur soient suffisamment importants. L'**Annexe 11** montre un jour où le stock de chaleur est plein et la charge électrique du bâtiment appelle le démarrage du moteur. Il y a alors un retour chaud annoncé par la montée de température sur la sonde du bas du dernier réservoir (Mb65 sur l'**Annexe 1**). S'en suit l'arrêt du moteur en attendant la disponibilité des réservoirs de chaleur.

En été, l'ORT consomme près de 1 MWh de chaleur par jour avec des pointes de consommation généralement réparties à midi et le soir. Le stock de chaleur (9 m3 remplis en 3 heures) absorbe près de 300 kWh. 700 kWh doivent donc être consommés en même temps que produits durant la journée. Ces 70% d'énergie non stockable expliquent les retours chauds.

Les enclenchements journaliers en mode CFC sont plus fréquents qu'en mode CCF (5 contre 2). En mode CFC, le matériel subit 2.5 fois plus de cycles de démarrage/arrêt (voir **Annexe 2** et **3**).

Le matériel supporte bien le fonctionnement en mode CFC. L'écrtage de la courbe de charge électrique est compatible avec la récupération de toute la chaleur produite.

De plus, nous remarquons que les primes de puissances ont nettement diminué (voir **Tableau 7** pour les mois de septembre et octobre) et que ce mode de fonctionnement nous permet aussi d'obtenir, par rapport au mode normal, une baisse du refoulement et de l'achat d'électricité aux SIG étant donné qu'avec le mode normal, s'il y avait des pointes de consommation d'électricité en dehors des plages réglées, le CCF ne s'enclencherait pas à moins qu'il y ait eu une demande importante de chaleur à ce moment-là (faible probabilité), d'où une augmentation conséquente du refoulement et de l'achat aux SIG.

4. ANALYSE DES MAINTENANCES, ANOMALIES ET PANNES

4.1 CHARGE ÉLECTRIQUE ET REMPLISSAGE DU CENTRE

Comme le montrent les **Tableau 5 et 6** (page 10 et 11), la consommation électrique du site est proche de 194 MWh en 2001 et 266 MWh en 2002, soit près de 5-6 fois moins que les prévisions de la faisabilité.

Les courbes de charge journalières hiver et été, qui sont décrites dans les **Annexe 7 et 8**, montrent que le CCF produit plus que la charge électrique du site.

La charge réduite est explicable en partie si l'on considère la fréquentation du bâtiment dont la capacité finale totale est de 310 personnes (voir **Tableau 8**).

Le taux d'occupations du site de l'ORT est donné ci-dessous:

	Nombre d'occupants	Taux de remplissage	Places disponibles
Janvier 01	106 (Travaux)	34%	204
Février 01	115 (Travaux)	37%	195
Mars 01	100 (Travaux)	32%	210
Avril 01	105 (Travaux)	34%	205
Mai 01	116 (Travaux)	34%	194
Juin 01	146	47%	164
Juillet 01	149	48%	161
Août 01	166	54%	144
Septembre 01	168	54%	142
Octobre 01	180	58%	130
Novembre 01	176	57%	134
Décembre 01	176	57%	134
Moyenne 2001	142	45.5%	168
Janvier 02	181	58%	129
Février 02	184	59%	126
Mars 02	182	59%	128
Avril 02	186	60%	124
Mai 02	202	65%	108
Juin 02	216	70%	94
Juillet 02	243	78%	67
Août 02	238	77%	72
Septembre 02	233	75%	77
Octobre 02	221	71%	89
Novembre 02	229	74%	81
Décembre 02	225	73%	85
Moyenne 2002	212	68.3%	98

Tableau 8 : Nombre d'occupants et taux d'occupation du bâtiment de l'ORT*

* Données du responsable de l'ORT

Le fait que le taux d'occupation moyen tombe à près du 45.5% et 68.3% (respectivement 2001 et 2002) des prévisions de la faisabilité explique en partie la consommation électrique réduite à 15% et 21% de la capacité nominale.

En 2001 la politique de l'Hospice Général, qui gère l'ORT pour l'accueil de réfugiés, est de garder une réserve de 100 places pour prévenir une situation d'urgence (afflux de réfugiés).

En 2002, le nombre d'occupants de l'ORT a quasiment doublé, ce qui explique une consommation électrique plus élevée en 2002.

4.2 MOTEUR

4.2.1 ENCRASSEMENT DE L'ÉCHANGEUR GAZ/EAU

L'urée non-utilisée et la suie contenues dans les gaz d'échappement encrassent l'échangeur gaz/eau sur une période supérieure à 700 heures.

Cette période correspond désormais à l'intervalle normal entre chaque service.

L'entreprise exploitant le CCF intègre désormais le décrassage de cet échangeur dans chacun de ses services.

4.2.2 PANNES CATALYSEUR

En automne 2001, le catalyseur tombe en panne à cause d'un manque d'urée. Le défaut d'urée provoque l'aspiration d'un mélange d'urée et d'air. Le mélange se solidifie au niveau de la buse d'injection, provoquant son bouchage.

Le problème est résolu en débouchant et nettoyant la buse.

4.2.3 PERCEMENT ÉCHANGEUR

En janvier 2002, l'échangeur final gaz/eau est percé, d'où arrêt du CCF.

Il semble que ce problème résulte d'effets combinés, à savoir :

- Charge partielle sans réduction du dosage d'urée et passage dans un échangeur dimensionné pour la pleine charge. Les gaz subissent donc une baisse de température et probablement une condensation.
- Fabrication de l'échangeur avec un acier "inox" classique. Ce matériau n'a probablement pas la résistance à la corrosion suffisante dans le milieu actuel.
- Utilisation d'un mazout classique avec un taux de soufre trop élevé.

Un nouvel échangeur est mis en place à la mi-mai. L'installation redémarre le 20 mai. La charge partielle est supprimée pour fiabiliser l'exploitation. Le mazout classique est remplacé par le mazout vert à faible taux de soufre.

4.3 COMPTAGE

4.3.1 MESURES DES HEURES DE FONCTIONNEMENT

Nous avons relevé une dérive des mesures des heures de fonctionnement du CCF illustrée dans le **Tableau 9** ci-après:

Heures de comptage du fonctionnement du CCF	Mesures par comptage [h] *	Mesures par relevés manuels [h]*	Différence de comptage sur le relevé manuel [%]*
Janvier 01	327	-	-
Février 01	328	-	-
Mars 01	511	-	-
Avril 01	589	629	4.8
Mai 01	423	346	-22.2
Juin 01	164	176	6.8
Juillet 01	149	154	3.2
Août 01	156	247	36.8
Septembre 01	345	411	16.1
Octobre 01	440	515	14.6
Novembre 01	449	632	28.9
Décembre 01	414	443	6.5
Total de avril à décembre	3129	3553	11.9

Tableau 9: Différence de comptage par rapport aux relevés manuels des heures en 2001.

Le retard de mesure par l'appareil de comptage sur les relevés manuels serait dû au fait que, dans certains modes de fonctionnement, les impulsions ne sont pas transmises par la régulation du CCF à la régulation centralisée. En effet la régulation du CCF ne comptabilise les heures de fonctionnement de la machine qu'en marche "normale". Les modes "manuel", "urgence",... ne sont pas pris en compte.

En mai, la tendance s'inverse contre toute attente. En effet, les rapports d'exploitation relatent que, pendant cette période, la machine fonctionne en mode "manuel", c'est-à-dire indépendamment de la régulation centralisée. Comme vu dans le paragraphe précédent, dans ce mode, les heures de fonctionnement ne sont pas envoyées vers l'unité de comptage centralisée. La cause de la marche en mode "manuel" est due à une manipulation "non-voulue" du tableau de commande du CCF. Depuis, la chaufferie est fermée à clé.

En 2002, la différence de comptage entre le relevé manuel et celui donné par l'appareil de comptage n'est plus que de 1.5% au lieu des 11.9% en 2001. Nous obtenons donc des résultats satisfaisants.

* Source: Comptage de la régulation DIGIMAT.

4.3.2 MESURES DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Nous avons également constaté une dérive du comptage électrique pendant la première moitié de l'année 2001 au niveau du tableau électrique concernant la comptabilisation des impulsions des points suivants:

- L'énergie électrique achetée au réseau SIG.
- L'énergie électrique fournie au réseau SIG.

La cause a pour origine un mauvais étalonnage des compteurs électriques. En attendant que des relevés électriques cohérents soient transmis par la télégestion, nous basons nos statistiques de comptage électrique sur les relevés des SIG.

Cette anomalie de comptage est corrigée le 27 février 2001. Après cette correction la mesure de la charge électrique du site est nettement abaissée (voir l'illustration dans ***l'Annexe 9***).

5. NÉCESSITÉ DE LA RÉGULATION PAR MODULATION DE LARGEUR DE BANDE

La technique de régulation par modulation de largeur de bande est basée sur l'autoadaptation du système en vue d'une prédiction de son comportement. Elle est utile en été pour cibler le bon créneau horaire et le bon seuil d'enclenchement du moteur.

En hiver, les besoins de chaleur étant largement supérieurs à la production du CCF, cette technique n'est pas nécessaire.

Nous avons été en contact avec le LESO (EPFL) pour évaluer la possibilité d'adaptation de leur système de régulation, appelé Predictive Neuro-fuzzy Building Control System et développé pour NEUROBAT. Le support des discussions a été le rapport final NEUROBAT du 15 mai 1998, projet OFEN n°51'565.

Cependant, l'exploitation pendant les mois de septembre et octobre 2002 en mode Force-Chaleur a démontré que ce mode de fonctionnement suffit à lui seul à diminuer de presque moitié le refoulement et les primes de puissance. Ce qui montre que la nécessité d'introduire une régulation par modulation de largeur de bande n'est pas impérative et ne serait que d'une utilité minime.

De plus, le rapport coût/performance d'une tel application ne serait pas judicieux étant donné que l'introduction complète de la modulation par largeur de bande coûterait environ entre 15'000 et 20'000 Frs (d'après recherches et estimations de l'ingénieur), pour n'obtenir qu'un petit pourcentage de ce qu'apporte le mode de fonctionnement Force-Chaleur, dont le coût est nettement inférieur.

Compte tenu de ce qui précède, nous avons décidé, en accord avec M.Rognon de l'OFEN, de ne pas donner suite à l'introduction de la régulation par largeur de bande dans le cas de l'ORT.

6. COÛTS D'EXPLOITATION

L'équilibre des coûts d'exploitation est fait sur la base des statistiques de production & consommation 2001 et 2002 résumées ci-après:

		CCF	Réseau	Chaudière	Total
Heures		4'295		1'172	
Chaleur [MWh]		480		382	862
Electricité [MWh]	Production	512			
	Revente vers réseau	-405			
	Autoconsommation	107			107
	Achat réseau		86		86
	Consommation site				193

Tableau 10 : Productions & consommations de chaleur et d'électricité en 2001 à l'ORT

		CCF	Réseau	Chaudière	Total
Heures		3'020		1'972	
Chaleur [MWh]		332		624	956
Electricité [MWh]	Production	380			
	Revente vers réseau	-265			
	Autoconsommation	115			115
	Achat réseau		151		151
	Consommation site				266

Tableau 11 : Productions & consommations de chaleur et d'électricité en 2002 à l'ORT

Le refoulement, à un tarif inférieur aux coûts de production, pèse lourd dans le bilan (voir en **Annexe 7 et 8**), ce qui tend à diminuer la rentabilité de l'investissement.

L'amélioration de la rentabilité passe par une production avec des tarifs au dessus du coût marginal du système soit 11.3 ct/kWh les 12 premières années d'exploitation, puis 4.3 ct/kWh les années suivantes (selon les conditions d'exploitation décrits dans l'étude de faisabilité du 21 septembre 1999).

Le tableau ci-après indique dans quelle saison et zone tarifaire l'exploitation du CCF est recommandable.

Période de fonctionnement		1 à 12 ans	Après 12 ans
Coût de production [ct/kWh]*		11.3 ct/kWh	4.3 ct/kWh
Tarifs électriques des SIG (hors taxe) [ct/kWh]		Recommandation pour l'exploitation par rapport au réseau électrique	
Fonctionnement en substitution par rapport au réseau électrique	Hiver en HP = 20.89	En ordre	En ordre
	Hiver en HC = 9.95	Eviter	En ordre
	Été en HP = 13.8	En ordre	En ordre
	Été en HC = 8.73	Eviter	En ordre
Fonctionnement en refoulement vers le réseau électrique	Hiver en HP = 11.6	Limite	En ordre
	Hiver en HC = 5.7	Eviter	En ordre
	Été en HP = 9.3	Eviter	En ordre
	Été en HC = 3.4	Eviter	Eviter

Tableau 12: Recommandation de fonctionnement en fonction des tarifs SIG

Suite aux recommandations du **Tableau 12**, nous arrêtons le CCF en HC (22h00 à 6h00) en été (voir l'exemple de fonctionnement en **Annexe 11** ou **12**).

Nous maintenons le fonctionnement en "HP été+hiver" et "HC hiver" car il est plus intéressant d'utiliser la chaleur cogénérée que de la produire avec la chaudière.

Dans le contexte particulier de l'ORT-Anières, où la courbe de charge du bâtiment est inférieure à la production du moteur, le refoulement est important. L'exploitation en mode force-chaleur cible les heures d'enclenchement du moteur en période de pointe et permet l'écrêtage maximum ainsi que le refoulement minimum.

* Ceci pour un coût du mazout de 3 cts/kWh.

7. CONCLUSIONS

Quand l'électricité est refoulée en "HC été", il n'est pas rentable d'enclencher le CCF. Le fonctionnement du moteur au plus près de la charge actuelle du bâtiment doit permettre de limiter le refoulement d'électricité, mal rémunéré par les SIG, et de faire tourner le moteur davantage en mode "substitution d'électricité" (tarif élevé) qu'en mode "refoulement d'électricité" (tarif faible).

L'amélioration de la rentabilité de l'exploitation passe par un choix de la production en fonction des besoins énergétiques, mais aussi par rapport aux opportunités tarifaires dans la journée.

Cependant, le couplage Force-Chaleur (en été) a nettement amélioré le taux d'électricité refoulée ainsi que les primes de puissance (diminuée de presque moitié), ce qui est un avantage économique.

L'analyse de l'intégration du moteur dans le site en mode force-chaleur en été est donc vérifiée, malgré la faible demande électrique, en diminuant le seuil d'enclenchement.

En agissant de la sorte, nous pouvons valider le fonctionnement d'une cogénération commandée par un appel d'électricité tout en évitant la dissipation.

Etant donné que le mode Force-Chaleur permet des diminutions importantes du refoulement vers les SIG et des primes de puissance appelée, et que le rapport coût/performance d'une régulation par largeur de bande n'est guère avantageux, la nécessité d'une telle régulation fut abandonnée en accord avec l'OFEN.

8. ANNEXES

- Annexe 1** *Schéma de principe hydraulique l'ORT-Anières*
- Annexe 2** *Tableau des relevés d'exploitation du CCF à l'ORT en 2001*
- Annexe 3** *Tableau des relevés d'exploitation du CCF à l'ORT en 2002*
- Annexe 4** *Profil journalier de consommation d'ECS.*
- Annexe 5** *Séquences de stockage-déstockage des ballons d'eau de chauffage.*
- Annexe 6** *Bilans de production-consommation de l'ORT pour la faisabilité.*
- Annexe 7** *Bilan de production-consommation de l'ORT en 2001.*
- Annexe 8** *Bilan de production-consommation de l'ORT en 2002.*
- Annexe 9** *Relevé de charge électrique de l'ORT pendant 1 semaine.*
- Annexe 10** *Relevé de charge électrique de l'ORT pendant 1 jour superposé à la charge thermique du stock (cas avec stock de chaleur suffisant).*
- Annexe 11** *Relevé de charge électrique de l'ORT pendant 1 jour superposé à la charge thermique du stock (cas avec stock de chaleur insuffisant).*
- Annexe 12** *Relevé été du mode Force-Chaleur*
- Annexe 13** *Liste des abréviations utilisées*

Le 9 février 2004 - ES

	SOUPAPE DE SECURITE A RESSORT		CIRCULATEUR
	VANNE D'ARRET		THERMOMETRE
	VANNE DE REGLAGE MOTORISE A 3 VOIES		VANNE D'EQUILIBRAGE
	VANNE DE REGLAGE MOTORISE A 2 VOIES		CLAPET DE RETENUE
	SONDE DE TEMPERATURE		



	MODIFICATIONS		
NOM	PLANN ° 312 R-I	PLAN N° 312 R-I	PLAN N° 312 R-I
DATE	10.04.2000	15.5.2000	30.4.2001
DESSINE PAR	HB	HB	HB

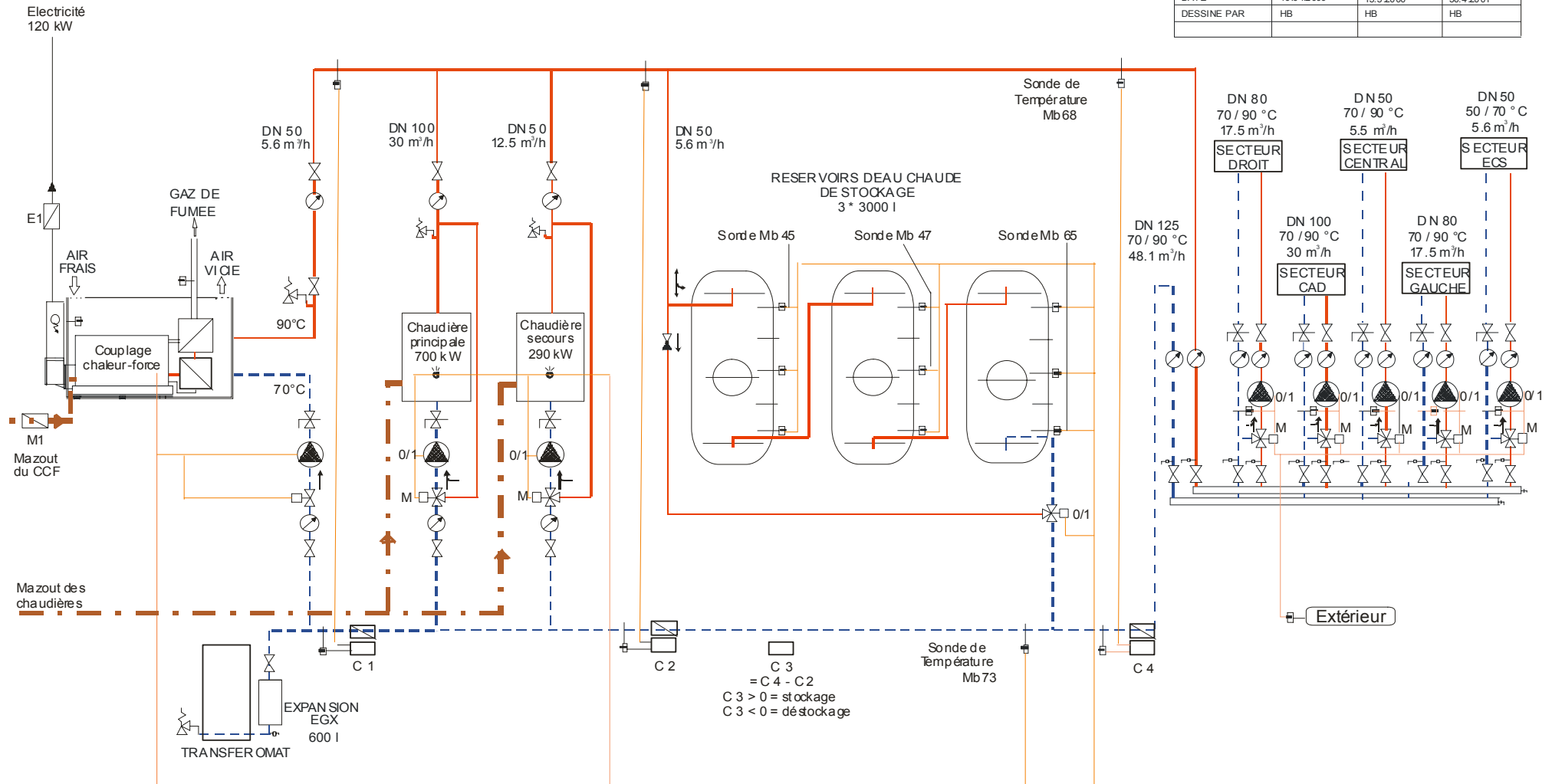


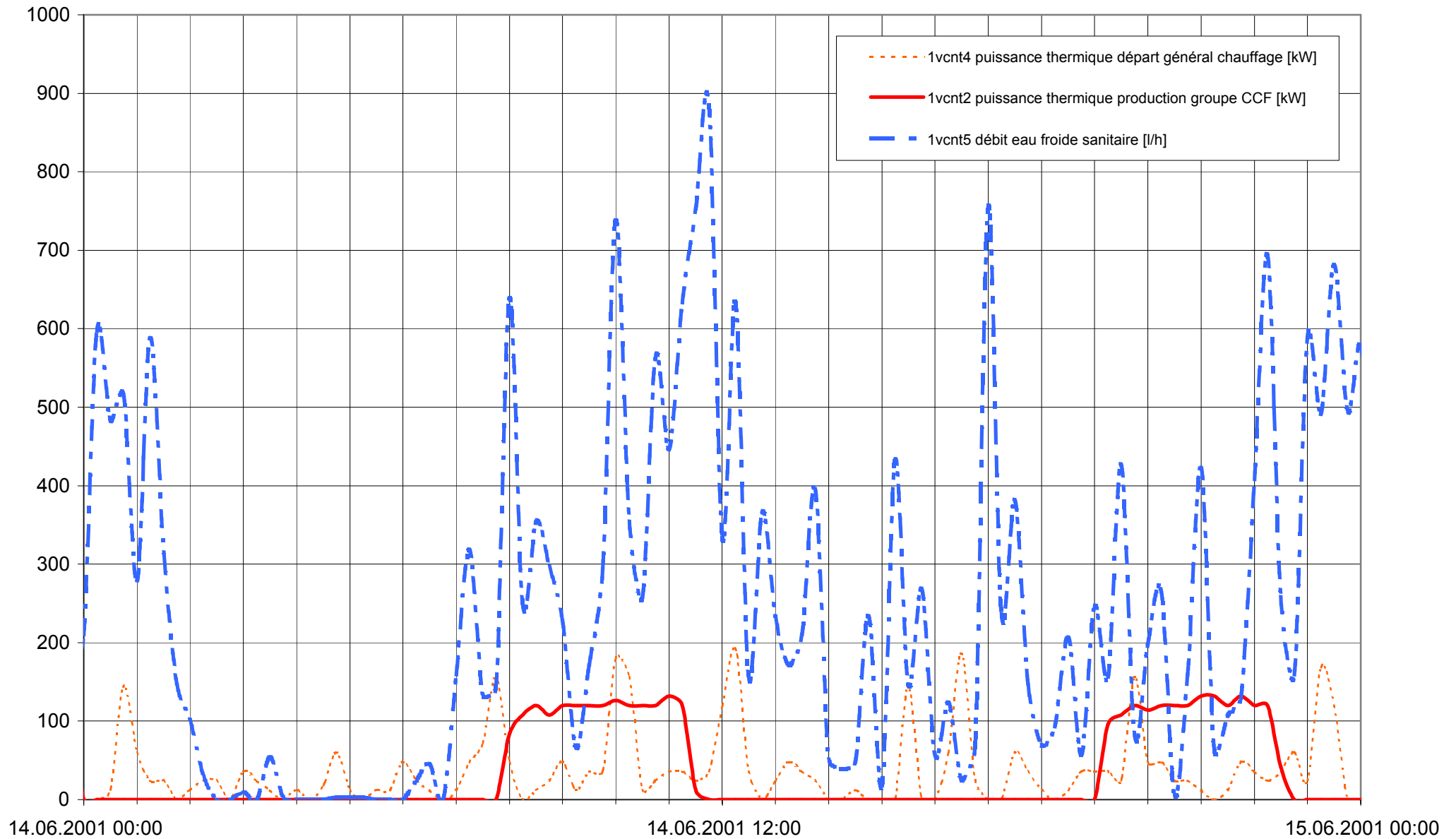
Tableau des relevés d'exploitation du CCF de l'ORT en 2001

Date relevé	Nb de jours	Etat des heures de marche	Heures de marche	Etat des démarr.	Nombre de démarr.	Niveau mazout [m3]	Conso de mazout [l]	Niveau d'urée [l]	Conso d'urée [l]	Etat CCF	Etat ECS [m3]	Conso d'ECS [m3]	Nature panne
Di, 5 Februar 2002	6	5'112	0	1'427	0	26	0	750	0	Arrêt	2'364	52	Echangeur gaz-eau troué
Mi, 30 Januar 2002	8	5'112	31	1'427	7	26	-1'000	750	-100	Arrêt	2'312	76	Echangeur gaz-eau troué
Di, 22 Januar 2002	6	5'081	48	1'420	3	27	-1'000	850	740	Arrêt	2'236	55	Echangeur gaz-eau troué
Mi, 16 Januar 2002	8	5'033	167	1'417	6	28	27'000	110	-340	Arrêt	2'181	71	Expansion HS.
Di, 8 Januar 2002	11	4'866	0	1'411	0	1	0	450	0	Arrêt	2'110	85	Reste 1000 l de mazout!
Fr, 28 Dezember 2001	9	4'866	0	1'411	0	1	-11'000	450	0	Arrêt	2'025	75	Reste 1000 l de mazout!
Mi, 19 Dezember 2001	8	4'866	129	1'411	21	12	7'000	450	160	Fonctionne	1'950	66	
Di, 11 Dezember 2001	7	4'737	166	1'390	3	5	-5'000	290	-10	Fonctionne	1'884	66	Avertissement cicuit refroidissement
Di, 4 Dezember 2001	7	4'571	148	1'387	0	10	-4'000	300	-600	Fonctionne	1'818	59	Avertissement contre-pression échappement
Di, 27 November 2001	7	4'423	166	1'387	3	14	-5'000	900	-550	Fonctionne	1'759	62	
Di, 20 November 2001	7	4'257	168	1'384	2	19	-5'000	1'450	-50	Fonctionne	1'697	58	
Di, 13 November 2001	6	4'089	121	1'382	9	24	-3'000	1'500	0	Fonctionne	1'639	49	
Mi, 7 November 2001	9	3'968	146	1'373	6	27	-4'500	1'500	940	Arrêt	1'590	66	Buse catalyseur HS = A remplacer
Mo, 29 Oktober 2001	6	3'822	133	1'367	6	32	28'500	560	-540	Fonctionne	1'524	47	Alarme niveau d'huile moteur insuffisant
Di, 23 Oktober 2001	6	3'689	114	1'361	8	3	-3'000	1'100	1'000	Fonctionne	1'477	44	Remis de l'huile
Mi, 17 Oktober 2001	8	3'575	124	1'353	15	6	-4'000	100	-200	Fonctionne	1'433	51	Remis de l'huile
Di, 9 Oktober 2001	7	3'451	83	1'338	17	10	-2'000	300	-300	Fonctionne	1'382	45	Alarme niveau d'huile moteur insuffisant, niveau d'urée, alarme générateur.
Di, 2 Oktober 2001	7	3'368	101	1'321	10	12	-3'000	600	-400	Fonctionne	1'337	44	
Di, 25 September 2001	7	3'267	87	1'311	30	15	-3'000	1'000	-310	Fonctionne	1'293	52	
Di, 18 September 2001	8	3'180	122	1'281	5	18	-2'000	1'310	-170	Fonctionne	1'241	49	Avertissement contre-pression échappement Régulation : CCF à 100%
Mo, 10 September 2001	6	3'058	84	1'276	6	20	-1'500	1'480	-160	Fonctionne	1'192	40	
Di, 4 September 2001	7	2'974	80	1'270	12	22	-1'500	1'640	-10	Fonctionne	1'152	43	
Di, 28 August 2001	7	2'894	76	1'258	13	23	-2'000	1'650	-200	Fonctionne	1'109	40	
Di, 21 August 2001	7	2'818	79	1'245	13	25	20'000	1'850	0	Fonctionne	1'069	40	
Di, 14 August 2001	7	2'739	43	1'232	24	5	-1'500	1'850	-150	Fonctionne	1'029	41	Catalyseur HS : Pb sur injecteurs Moteur à 60% soit 70 kW
Di, 7 August 2001	7	2'696	15	1'208	8	7	-500	2'000	0	Arrêt	988	36	3 coupures réseau entraînant arrêt
Di, 31 Juli 2001	7	2'681	30	1'200	19	7	-1'000	2'000	0	Fonctionne	952	43	Catalyseur HS : Pb sur injecteurs
Di, 24 Juli 2001	7	2'651	45	1'181	15	8	-1'500	2'000	0	Fonctionne	909	38	Catalyseur HS : Pb sur injecteurs
Di, 17 Juli 2001	7	2'606	35	1'166	93	10	-500	2'000	400	Fonctionne	871	36	Catalyseur HS : Pb sur injecteurs
Di, 10 Juli 2001	7	2'571	22	1'073	64	10	-1'000	1'600	0	Arrêt	835	39	
Di, 3 Juli 2001	7	2'549	52	1'009	196	11	-1'500	1'600	0	Arrêt	796	31	Panne circuit de refroidissement
Di, 26 Juni 2001	7	2'497	20	813	33	13	-500	1'600	-100	Arrêt	765	42	Catalyseur HS : Pb sur injecteurs
Di, 19 Juni 2001	7	2'477	47	780	14	13	-1'500	1'700	-200	Arrêt	723	40	Service
Di, 12 Juni 2001	7	2'430	57	766	16	15	-1'500	1'900	1'200	Fonctionne	683	33	Alarme niveau d'huile + température retour
Di, 5 Juni 2001	8	2'373	36	750	12	16	-1'500	700	-150	Fonctionne	650	35	
Mo, 28 Mai 2001	6	2'337	42	738	15	18	-1'000	850	-150	Fonctionne	615	22	Alarme niveau d'huile
Di, 22 Mai 2001	8	2'295	68	723	20	19	-2'500	1'000	-300	Fonctionne	593	26	Alarme niveau d'huile
Mo, 14 Mai 2001	6	2'227	86	703	302	21	-2'000	1'300	900	Fonctionne	567	30	Alarme température retour chauffage car CCF sur "man" plutot que "auto"
Di, 8 Mai 2001	6	2'141	100	401	23	23	-3'000	400	-430	Fonctionne	537	29	Alarme température retour chauffage car CCF sur "man" plutot que "auto"
Mi, 2 Mai 2001	8	2'041	145	378	12	26	-4'500	830	-620	Fonctionne	508	34	Alarme température retour chauffage car CCF sur "man" plutot que "auto"
Di, 24 April 2001	7	1'896	170	366	2	31	22'500	1'450	1'050	Fonctionne	474	27	
Di, 17 April 2001	7	1'726	153	364	5	8	-5'000	400	-700	Fonctionne	448	27	
Di, 10 April 2001	7	1'573	141	359	10	13	-4'500	1'100	370	Fonctionne	421	25	
Di, 3 April 2001	7	1'432	131	349	12	18	-4'000	730	330	Fonctionne	396	26	
Di, 27 März 2001	7	1'301	131	337	14	22	-4'000	400	-550	Fonctionne	370	370	
Di, 20 März 2001		1'170		323		26		950		Fonctionne			1er rapport d'exploitation
	322 j		3'942 h		1'104 dém						2'364 m3		
	Moyenne annuelle (322 jours)		12 h/j		3 dém/j						7 m3/j		
	87		1'498 h		90 dém						688 m3		
	Moyenne hivernale (2 oct-28 déc)		17 h/j		1 dém/j						8 m3/j		
	29		203 h		63 dém						116 m3		
	Moyenne été (14 mai - 12 juin)		7 h/j		2 dém/j						4 m3/j		Pleine charge
	27		319 h		44 dém						163 m3		
	Moyenne été (14 août-10 sept)		12 h/j		2 dém/j						6 m3/j		Charge partielle

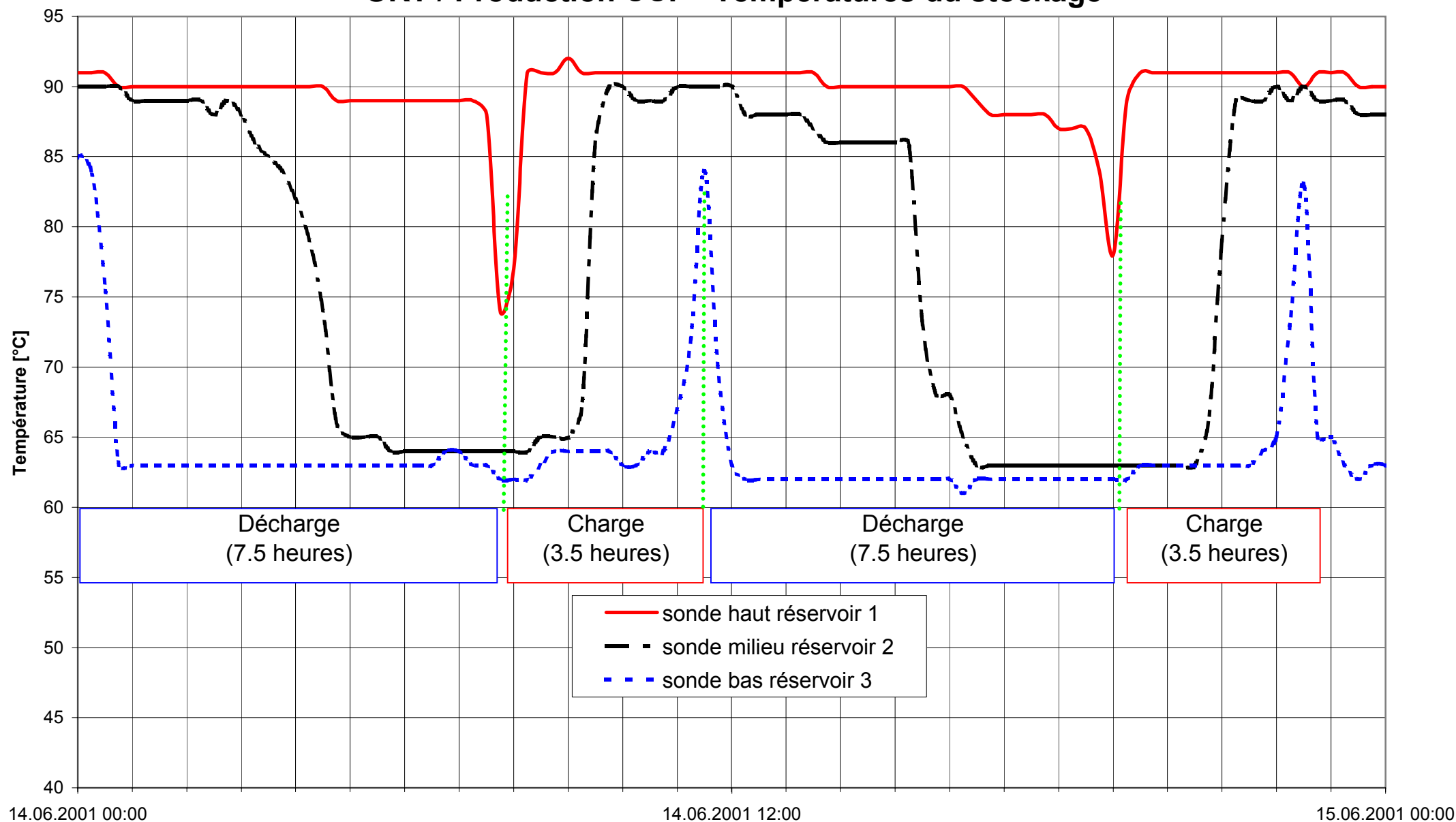
Tableau des relevés d'exploitation du CCF de l'ORT en 2002

Date relevé	Nb de jours	Etat des heures de marche	Heures de marche	Etat des démarr.	Nombre de démarr.	Niveau mazout [m3]	Conso de mazout [l]	Niveau d'urée [l]	Conso d'urée [l]	Etat CCF	Etat ECS [m3]	Conso d'ECS [m3]	Nature panne
Di, 28 Januar 2003	7	8'868	167	1'960	0	21.5	-3'500	1'500	0	Fonctionne	5'903	87	
Di, 21 Januar 2003	7	8'701	161	1'960	3	25.0	-5'000	1'500	-50	Fonctionne	5'816	85	Brûleur n°1 en panne
Di, 14 Januar 2003	7	8'540	164	1'957	7	30.0	15'000	1'550	570	Fonctionne	5'731	80	Alarme niveau d'huile
Di, 7 Januar 2003	8	8'376	195	1'950	3	15.0	-6'500	980	-620	Fonctionne	5'651	91	
Mo, 30 Dezember 2002	14	8'181	310	1'947	9	21.5	-8'500	1'600	-400	Fonctionne	5'560	147	
Mo, 16 Dezember 2002	7	7'871	146	1'938	0	30.0	11'000	2'000	0	Fonctionne	5'413	68	Alarme niveau d'huile
Mo, 9 Dezember 2002	6	7'725	172	1'938	1	19.0	-5'000	2'000	1'200	Fonctionne	5'345	79	Alarme niveau d'huile
Di, 3 Dezember 2002	8	7'553	188	1'937	0	24.0	15'000	800	-650	Fonctionne	5'266	88	Alarme niveau huile
Mo, 25 November 2002	6	7'365	147	1'937	1	9.0	-4'000	1'450	970	Fonctionne	5'178	72	
Di, 19 November 2002	7	7'218	154	1'936	5	13.0	-4'000	480	-520	Fonctionne	5'106	83	
Di, 12 November 2002	8	7'064	190	1'931	0	17.0	-6'000	1'000	500	Arrêt	5'023	91	Alarme niveau d'huile, pression anormale
Mo, 4 November 2002	5	6'874	118	1'931	2	23.0	17'000	500	-400	Fonctionne	4'932	58	Alarme niveau d'huile
Mi, 30 Oktober 2002	8	6'756	180	1'929	8	6.0	-5'500	900	-650	Fonctionne	4'874	90	Alarme niveau d'huile
Di, 22 Oktober 2002	7	6'576	117	1'921	56	11.5	-3'500	1'550	1'100	Fonctionne	4'784	74	
Di, 15 Oktober 2002	7	6'459	139	1'865	30	15.0	-4'000	450	-450	Fonctionne	4'710	79	
Di, 8 Oktober 2002	7	6'320	86	1'835	5	19.0	-3'000	900	550	Fonctionne	4'631	73	Alarmes: contacteur générateur, surveillance secteur et pression liquide de refroidissement
Di, 1 Oktober 2002	6	6'234	132	1'830	3	22.0	-3'500	350	-500	Fonctionne	4'558	62	
Mi, 25 September 2002	7	6'102	38	1'827	20	25.5	19'500	850	-150	Fonctionne	4'496	74	
Mi, 18 September 2002	8	6'064	69	1'807	60	6.0	-2'000	1'000	-250	Fonctionne	4'422	87	Alarme pression du liquide de refroidissement
Di, 10 September 2002	7	5'995	66	1'747	80	8.0	-2'000	1'250	-200	Fonctionne	4'335	71	
Di, 3 September 2002	7	5'929	68	1'667	48	10.0	-2'000	1'450	-300	Arrêt	4'264	75	CCF à l'arrêt car pas de demande
Di, 27 August 2002	7	5'861	58	1'619	27	12.0	-2'000	1'750	1'250	Arrêt	4'189	70	CCF à l'arrêt car pas de demande
Di, 20 August 2002	14	5'803	123	1'592	30	14.0	-3'500	500	-450	Fonctionne	4'119	135	
Di, 6 August 2002	7	5'680	61	1'562	14	17.5	-2'000	950	-250	Fonctionne	3'984	72	
Di, 30 Juli 2002	7	5'619	63	1'548	14	19.5	-1'500	1'200	-250	Fonctionne	3'912	71	
Di, 23 Juli 2002	7	5'556	58	1'534	14	21.0	-2'000	1'450	-200	Fonctionne	3'841	65	Fuite d'huile vers bac de remplissage: serrage du raccord et remise à niveau de l'huile effectués
Di, 16 Juli 2002	4	5'498	49	1'520	10	23.0	-1'000	1'650	1'050	Fonctionne	3'776	51	Contacteur du générateur déclenché
Fr, 12 Juli 2002	9	5'449	74	1'510	16	24.0	-2'500	600	-250	Fonctionne	3'725	73	
Mi, 3 Juli 2002	6	5'375	54	1'494	12	26.5	-1'500	850	-250	Fonctionne	3'652	54	
Do, 27 Juni 2002	8	5'321	50	1'482	14	28.0	-1'500	1'100	-150	Fonctionne	3'598	66	
Mi, 19 Juni 2002	8	5'271	79	1'468	16	29.5	-2'500	1'250	-250	Fonctionne	3'532	77	Contacteur du générateur declenché
Di, 11 Juni 2002	7	5'192	41	1'452	14	32.0	-1'000	1'500	1'000	Fonctionne	3'455	67	Avertissement: la température de retour circuit de chauffage trop élevée
Di, 4 Juni 2002	112	5'151	39	1'438	11	33.0	7'000	500	-250	Fonctionne	3'388	1'262	Du 12 février au 2 juin le CCF est à l'arrêt pour changement de l'échangeur
Di, 12 Februar 2002		5'112		1'427		26.0		750		Arrêt	2'126		Echangeur gaz-eau troué
	350 j		3'756 h		533 dém							3'777 m3	
	Moyenne annuelle (322 jours)		11 h/j		2 dém/j							11 m3/j	
	70		1'650 h		24 dém							797 m3	
	Moyenne hivernale (19 nov-28 janv)		24 h/j		0 dém/j							11 m3/j	
	77		652 h		154 dém							731 m3	Pleine charge
	Moyenne été (4 juin-20 août)		8 h/j		2 dém/j							9 m3/j	
	64		895 h		310 dém							685 m3	Mode Force-Chaleur
	Moyenne été (3 sept-30 oct)		14 h/j		5 dém/j							11	

ORT / Production - consommation d'ECS en été



ORT / Production CCF - Températures du stockage

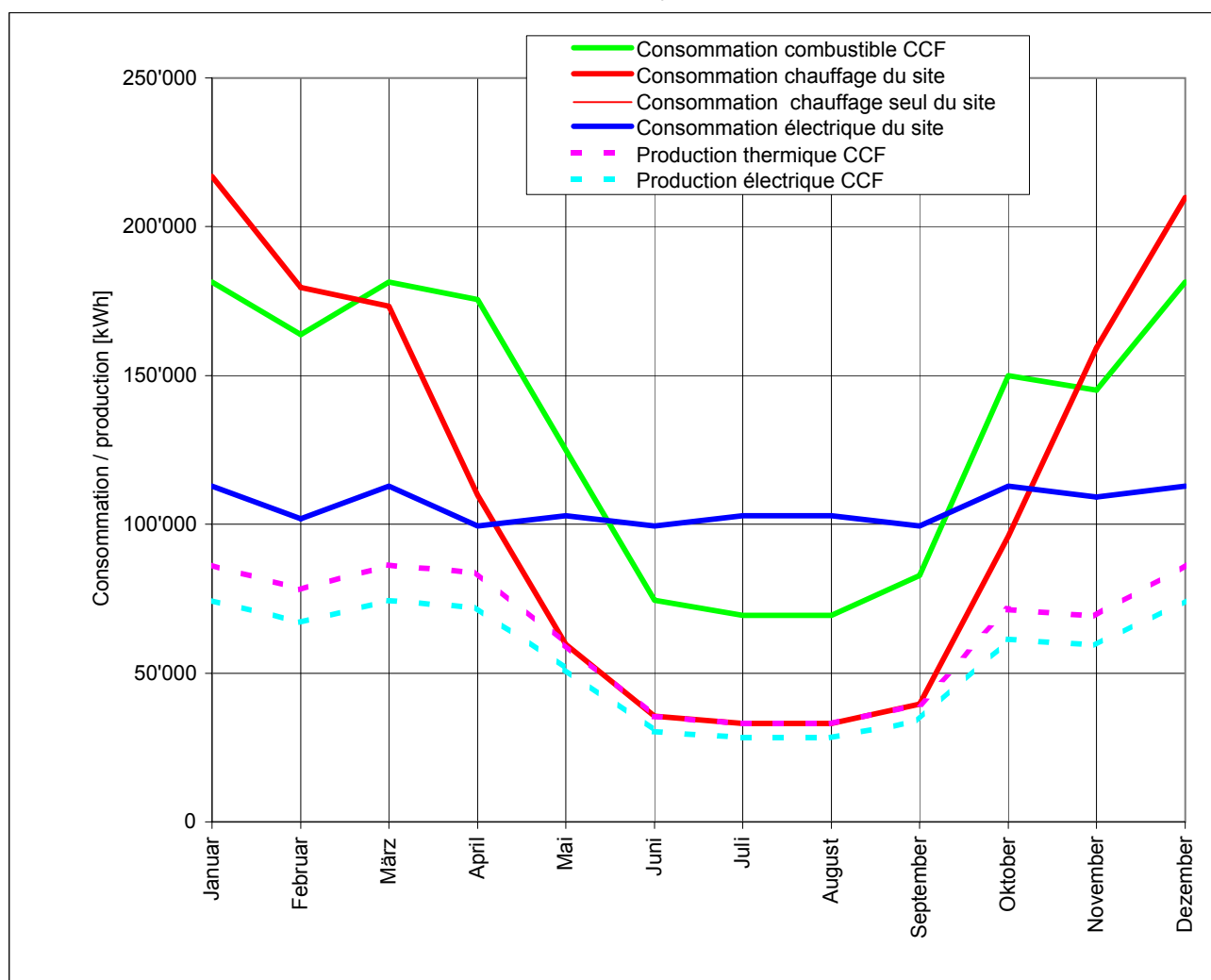


ORT / Anières

Besoins énergétiques et production du groupe CCF (Faisabilité)

Puissance [kW]	CCF / Diesel 100 kW _e			Heures par année
Charge	Puissance élec	Puissance therm	Puissance comb	
Pleine charge	100	116	244	
Charge réduite mini	60	70	146	6'562

	Production			Consommation	
	électrique CCF	thermique CCF	combustible CCF	électrique du site	chauffage du site
Januar	74'407	86'498	181'368	112'809	216'905
Februar	67'200	78'120	163'800	101'892	179'494
März	74'407	86'498	181'368	112'809	173'373
April	72'005	83'706	175'512	99'469	109'804
Mai	51'241	59'567	124'899	102'784	59'567
Juni	30'528	35'488	74'411	99'469	35'488
Juli	28'505	33'137	69'481	102'784	33'137
August	28'505	33'137	69'481	102'784	33'137
September	34'005	39'531	82'887	99'469	39'531
Oktober	61'505	71'500	149'918	112'809	95'948
November	59'519	69'191	145'078	109'170	159'244
Dezember	74'407	86'498	181'368	112'809	209'753
Total hiver	411'445	478'305	1'002'900	662'298	1'034'717
Total été	244'789	284'566	596'671	606'759	310'664
Total année	656'234	762'871	1'599'571	1'269'057	1'345'381
Auto-production site			51.7%	56.7%	

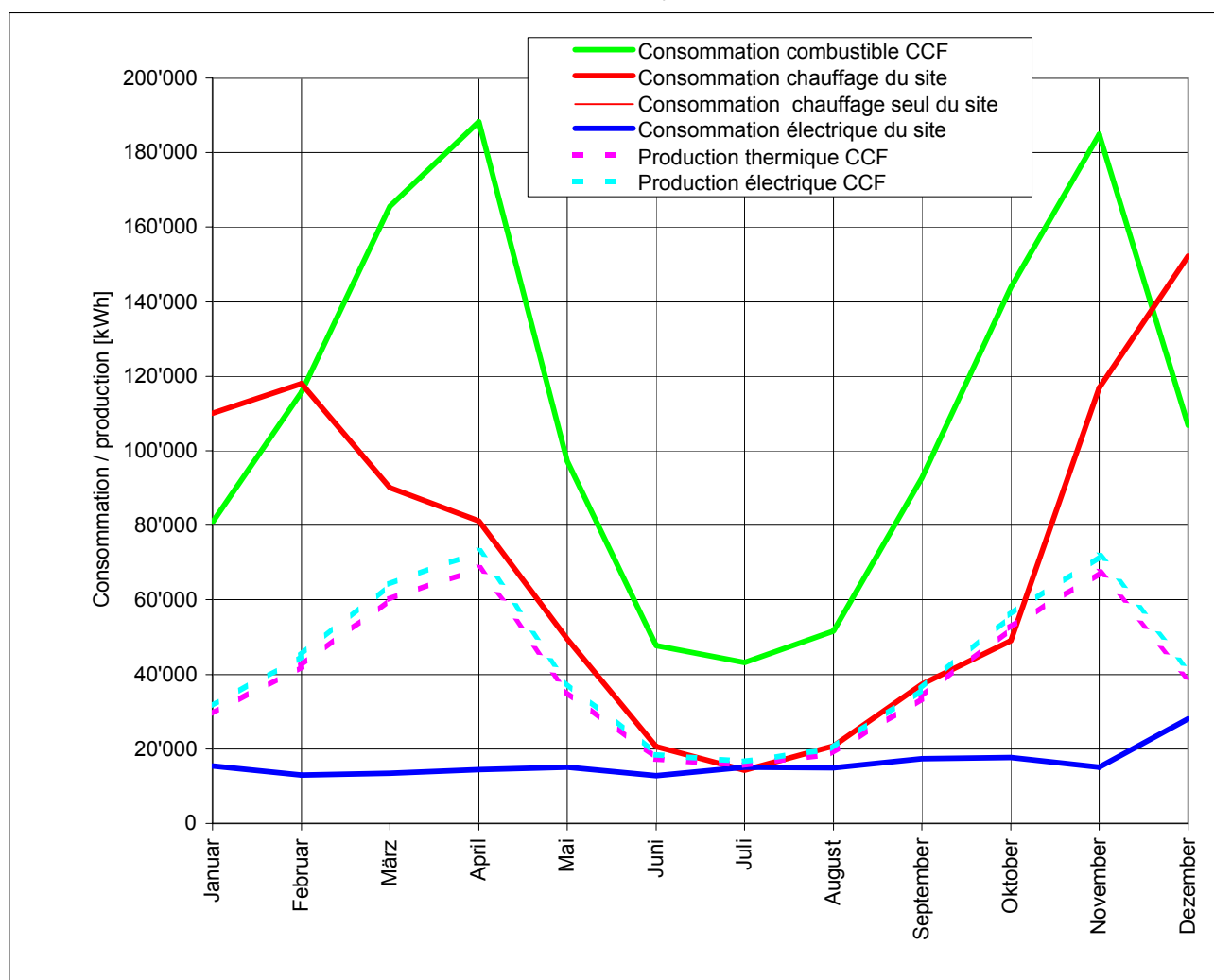


ORT / Anières

Besoins énergétiques et production du groupe CCF (Statistiques 2001)

Puissance [kW]	CCF - 120 [kW élec] - mazout			Heures par année
Charge	Puissance élec	Puissance therm	Puissance comb	
Pleine charge	120	113	309	
Charge réduite mini	84	79	216	4'295

	Production		Consommation		
	électrique CCF	thermique CCF	combustible CCF	électrique du site	chauffage du site
Januar	31'422	29'458	80'912	15'354	110'000
Februar	44'954	42'144	115'757	12'971	118'000
März	64'311	60'292	165'601	13'551	90'100
April	73'109	68'540	188'256	14'519	81'100
Mai	37'766	35'406	97'247	15'017	49'500
Juni	18'530	17'372	47'715	12'788	20'600
Juli	16'787	15'738	43'227	15'149	14'300
August	20'058	18'804	51'649	14'958	20'700
September	36'023	33'772	92'759	17'408	37'400
Oktober	55'868	52'376	143'860	17'708	49'100
November	71'786	67'299	184'849	15'059	116'900
Dezember	41'489	38'896	106'834	28'016	152'300
Total hiver	309'830	290'466	797'812	102'659	636'400
Total été	202'273	189'631	520'853	89'839	223'600
Total année	512'103	480'097	1'318'665	192'498	860'000
Auto-production site			266.0%	55.8%	

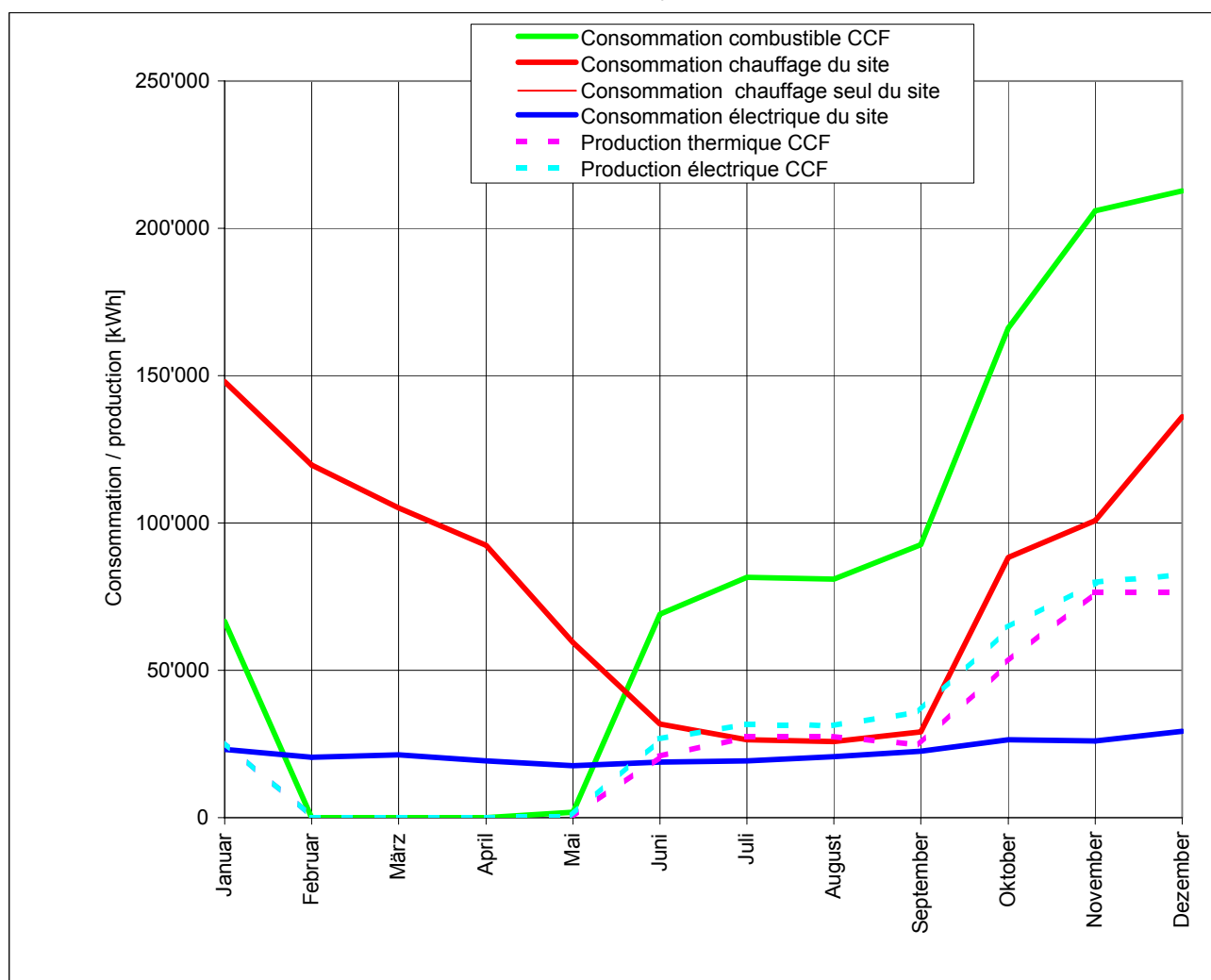


ORT / Anières

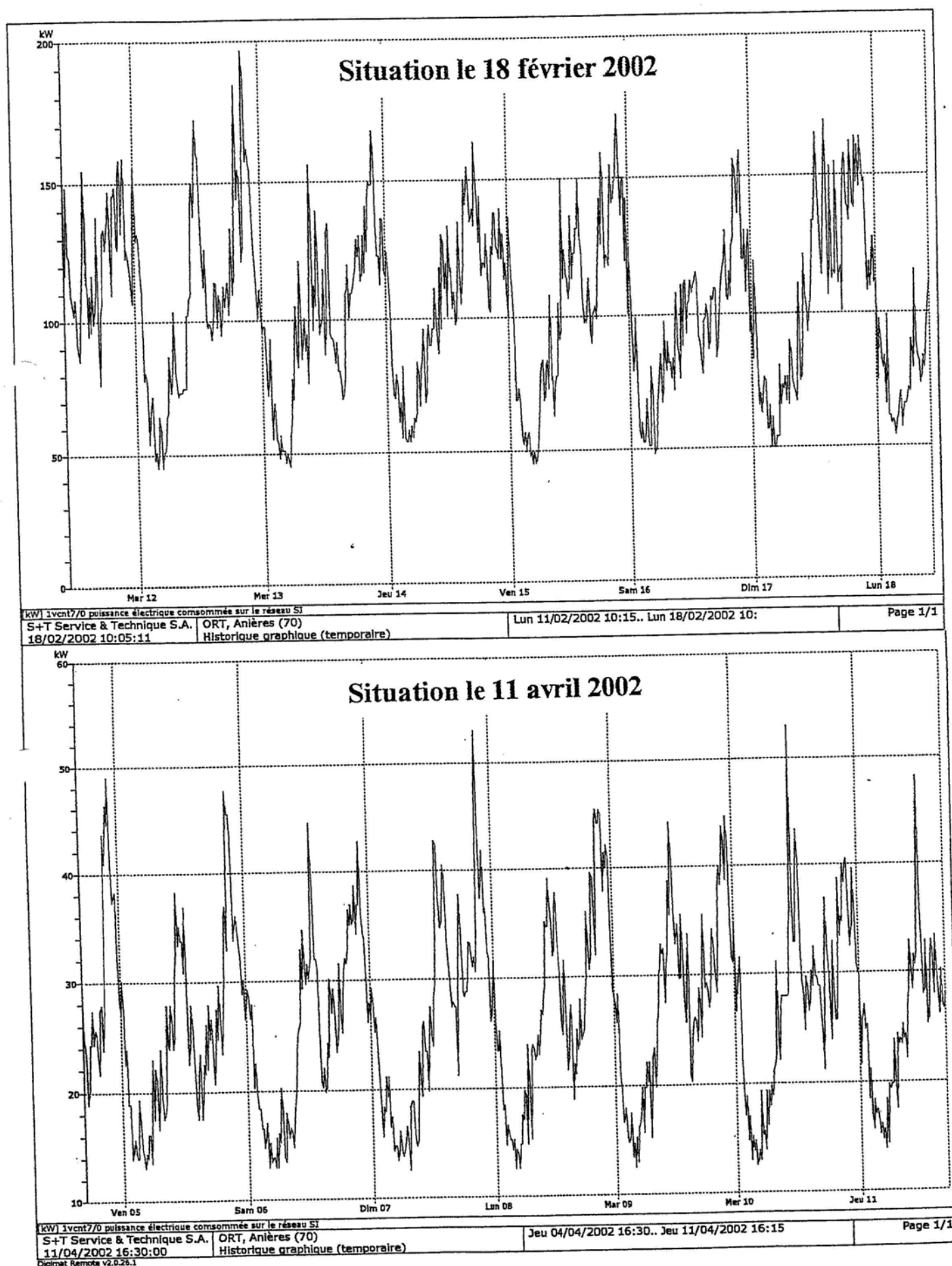
Besoins énergétiques et production du groupe CCF (Statistiques 2002)

Puissance [kW]	CCF - 120 [kW élec] - mazout			Heures par année 3'020
Charge	Puissance élec	Puissance therm	Puissance comb	
Pleine charge	120	113	309	
Charge réduite mini	84	79	216	

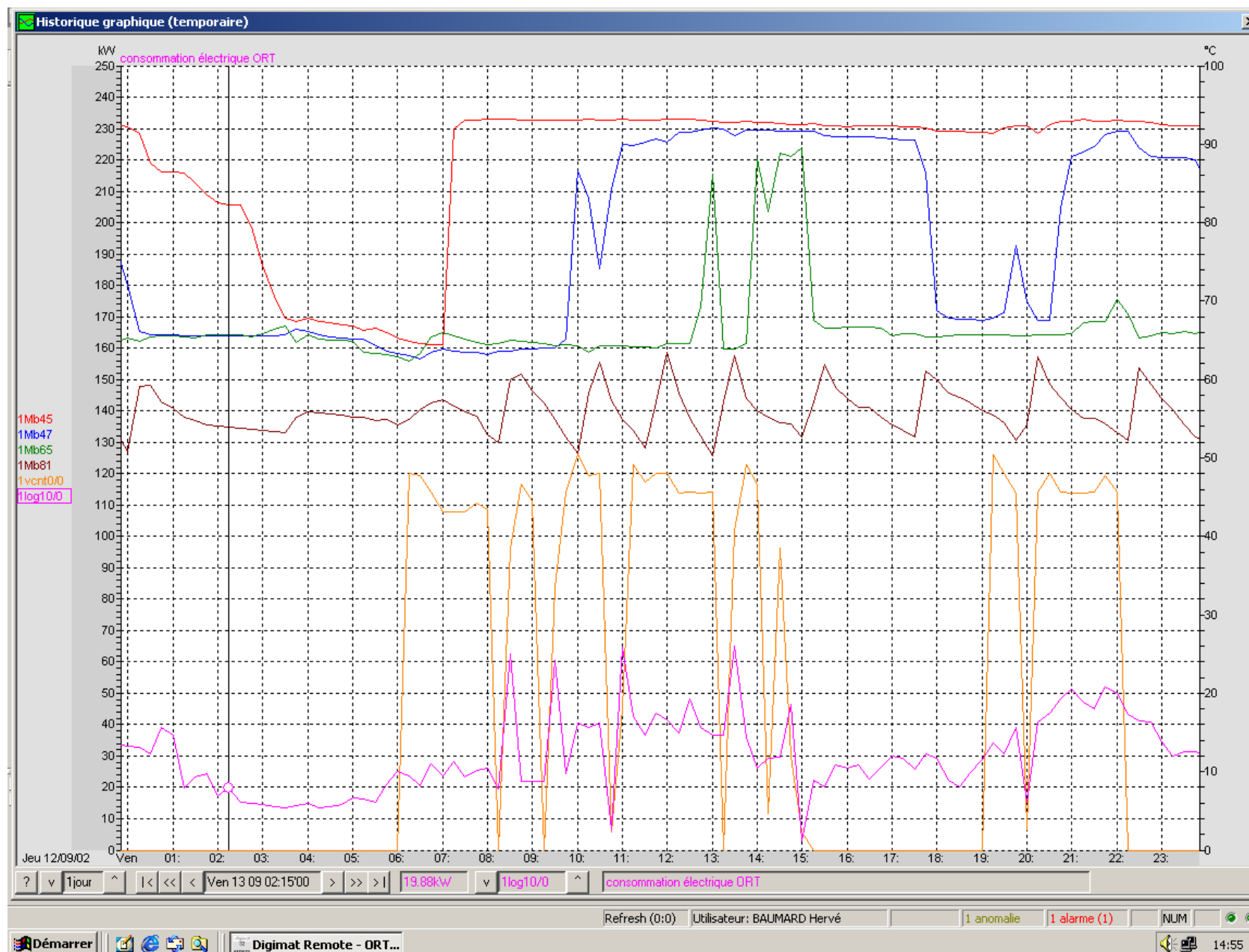
	Production		Consommation		
	électrique CCF	thermique CCF	combustible CCF	électrique du site	chauffage du site
Januar	25'900	25'800	66'700	23'062	147'900
Februar	0	0	0	20'559	119'600
März	0	0	0	21'405	105'200
April	0	0	0	19'323	92'400
Mai	700	0	1'800	17'692	59'500
Juni	26'800	20'900	69'000	18'817	31'700
Juli	31'700	27'500	81'600	19'355	26'400
August	31'400	27'700	80'900	20'768	25'800
September	36'000	24'700	92'700	22'464	29'200
Oktober	64'500	52'600	166'100	26'445	88'300
November	80'000	76'600	206'000	25'946	100'900
Dezember	82'600	76'400	212'700	29'380	136'100
Total hiver	253'000	231'400	651'500	146'797	698'000
Total été	126'600	100'800	326'000	118'419	265'000
Total année	379'600	332'200	977'500	265'216	963'000
Auto-production site			143.1%	34.5%	



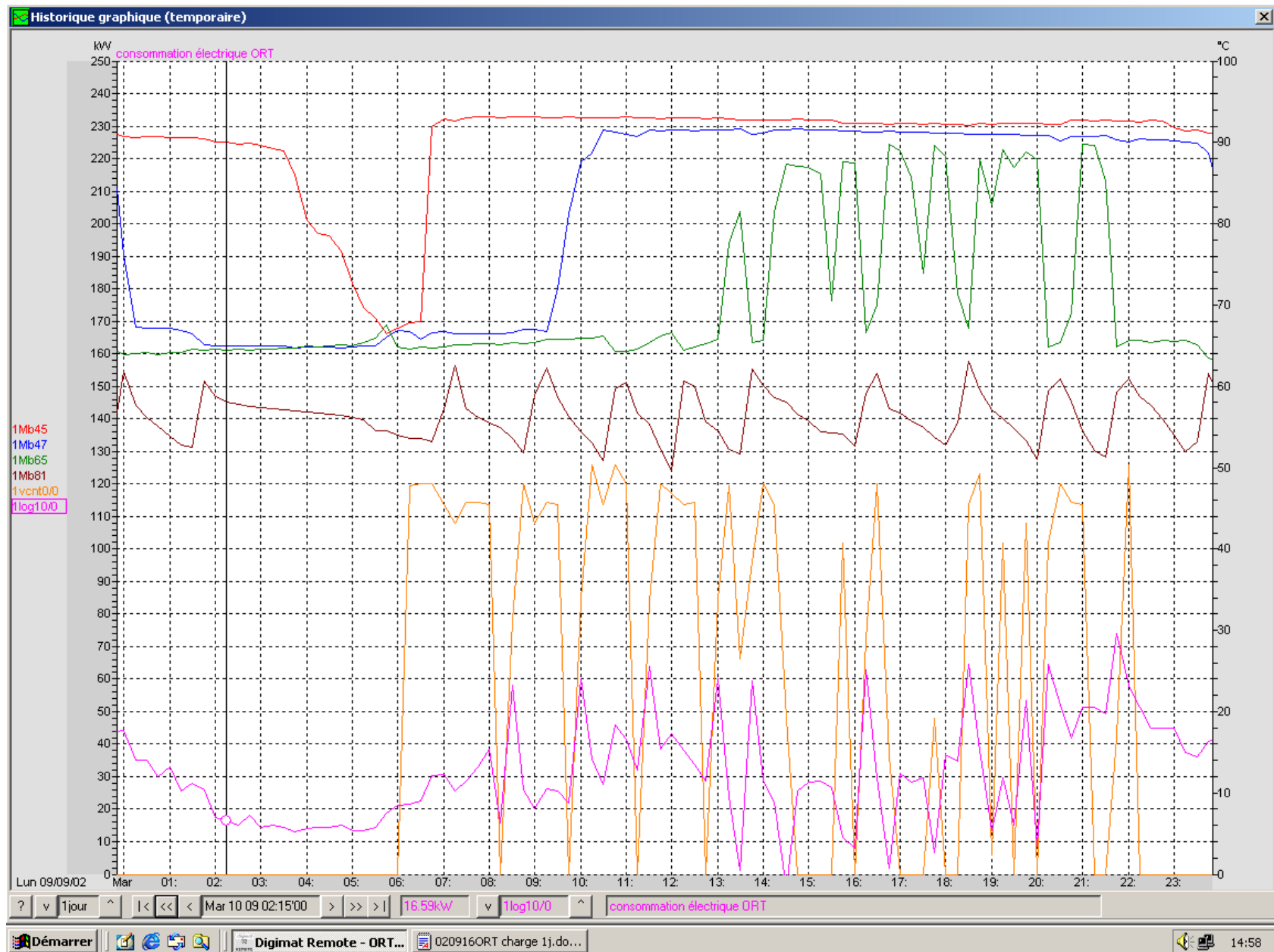
Relevé de charge électrique demandée par l'ORT avant et après correction du comptage



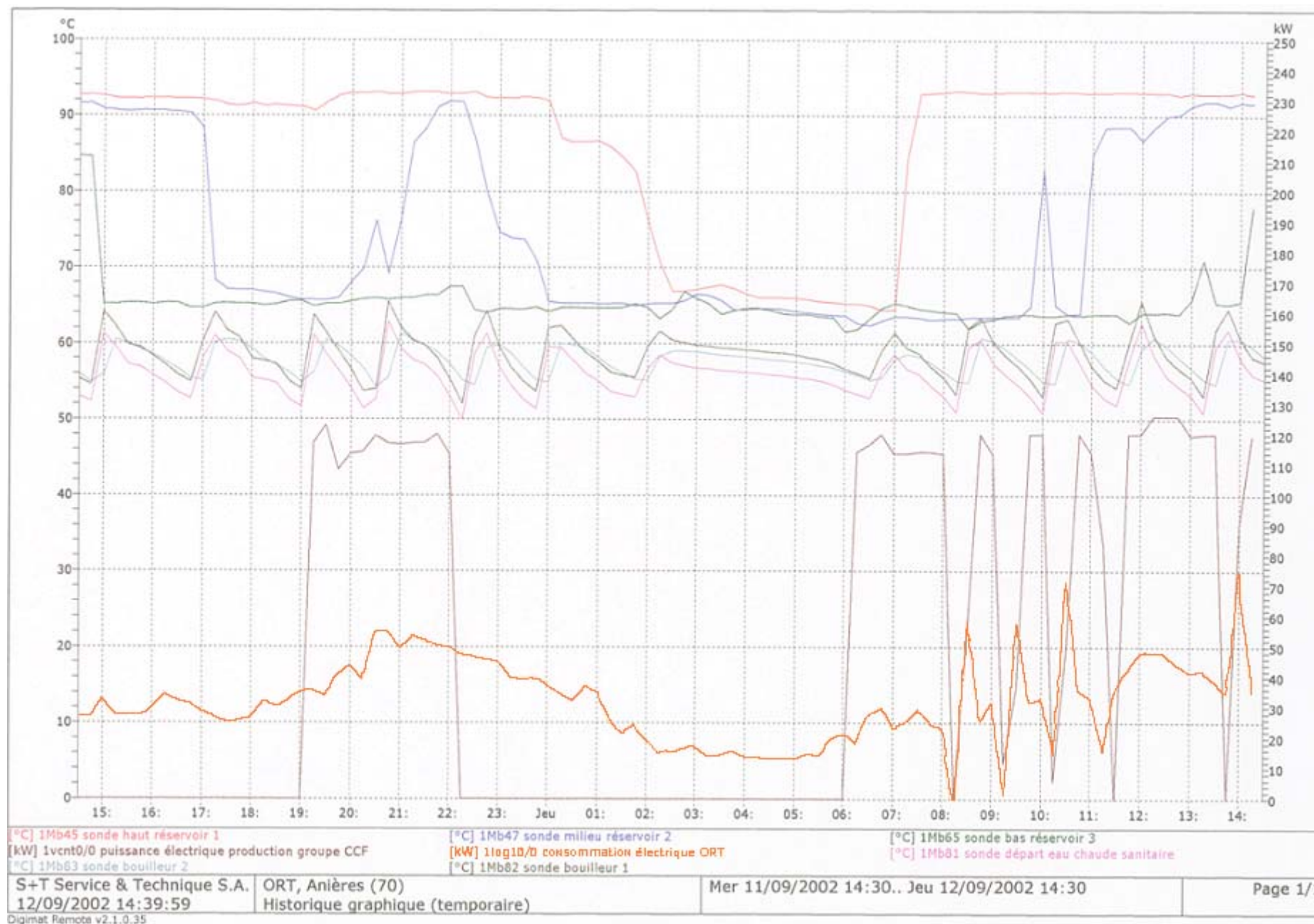
Relevé de charge électrique de l'ORT pendant 1 jour superposé à la charge thermique du stock
Cas avec stock de chaleur suffisant



Relevé de charge électrique de l'ORT pendant 1 jour superposé à la charge thermique du stock
Cas avec stock de chaleur insuffisant



Relevé été du mode Force-Chaleur



LISTE DES ABRÉVIATIONS UTILISEES

DAEL	Département de l'Aménagement, de l'Équipement et du Logement
OFEN	Office Fédéral de l'Énergie
ScanE	Service Cantonal de l'Énergie
ECS	Eau chaude sanitaire
CCF	Couplage chaleur-force
CFC	Couplage force-chaleur
SIG	Services Industriels de Genève
HC	Heures Creuses
HP	Heures Pleines
$P_{\text{él}}$	Puissance électrique
P_{th}	Puissance thermique
P_{in}	Puissance interne
kWe	Kilowatt électrique
kWt	Kilowatt thermique
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne