



Comité Interprofessionnel du Bois-Energie

Solutions de ruptures Pilote de la performance d'une chaufferie bois : l'écart de température (ou « DeltaT »)

Résumé :

Le présent document indique comment le **pilotage de la performance constitue d'abord un ensemble de solutions ou possibilités offertes par une chaufferie biomasse en tant que process, face à un besoin et mode de fonctionnement** (régime de température, pression, débit, profils de charge,...) qui est ce qu'il est, et pour lequel les technologies et solutions disponibles d'une chaufferie biomasse sont nombreuses (chaudière, économiseur, condenseur, automatisme cascade chaudières, temps de réaction, hydro-accumulation, conception – ingénierie, hydraulique, évolution du besoin (régime de température),...). A partir de ce constat, **une approche et feuille de route est proposée pour actualiser, étoffer et développer la possibilité de constituer une journée technique.**

Document produit par la **commission REX**

Rédacteur(s) : Jean Marc BERTRAND, Jean Pierre TACHET

Date de première émission : 3 juillet 2017 (version 1b)

Date de la présente version : 3 juillet 2017 (en cours de consultation – validation avec les membres de la commission REX)

Référence : 2017-REX-3

Diffusion (*) : Restreinte aux adhérents du CIBE

(*) Le CIBE attache une importance toute particulière à la vérification des informations qu'il délivre. Toutefois ces informations ne sauraient être utilisées sans vérifications préalables par le lecteur et le CIBE ne pourra être tenu pour responsable des conséquences directes ou indirectes pouvant résulter de l'utilisation, la consultation et l'interprétation des informations fournies. L'utilisateur est seul responsable des dommages et préjudices, directs ou indirects, matériels ou immatériels dès lors qu'ils auraient pour cause, fondement ou origine un usage du présent document.

Programme annuel : COM REX 2016-2017	Thématique : Performance chaufferie biomasse
Intitulé action : Performance énergétique d'une chaufferie biomasse - Solutions de ruptures & Pilotage de la performance : l'écart de température (ou « DeltaT »)	
Rappel des objectifs recherchés : Renforcer, consolider et poursuivre le développement de l'information. Actualisation et connaissance des évolutions (propositions constructeurs, réalisation, références en exploitation), via la dynamique d'une journée technique	
Méthodes (modalités, moyens, partenaires et pilotes) <u>Pilote</u> : CIBE <u>Partenaires</u> : Membres de la commission REX, échanges aussi avec la commission RES / MOP	
Résumé des résultats obtenus : Une caractérisation d'une feuille de route pour que la commission REX du CIBE puisse poursuivre ses travaux afin de constituer une journée technique orientée performance énergétique process chaufferie bois suivant les contextes de température d'eau (réseau de chaleur, industriel,...).	
Annexe(s) jointe(s) : Exemple présentation pour amorcer la continuation de l'action	
Suite à donner : Travail au niveau de la commission REX du CIBE pour actualiser, compléter et faire évoluer le plus largement possible (voire en approche « multi-commissions » au sein du CIBE), prospecter sur les solutions, références, possibilités de visites dans le cadre de journées techniques	



Commission Retour d'EXpérience (« REX ») du CIBE

Solutions de ruptures

Pilotage de la performance : l'écart de température (ou « DeltaT »)

Table des matières

INTRODUCTION	4
1. Exposé technique des enjeux.....	5
2. Visites	7
3. Veille technique et information	7
4. Interventions, restitution, communication	8
5. Retour d'expérience des exploitants	8
CONCLUSION	9
Annexe 1.....	10
Annexe 2.....	12

La sujet « DeltaT » est né du fait que l'écart de température départ-retour sur une chaudière, raccordée par exemple à un réseau de chaleur, est impactant pour sa performance, ainsi que le niveau de température retour, mais tout en tenant compte aussi de la préservation de l'outil de production et/ou ses limites (pour une chaudière biomasse : risque de corrosion, minimum technique par exemple).

Les échanges au sein de la commission ont notamment donné lieu à une réflexion sur l'efficacité énergétique, les facteurs permettant de l'augmenter, points de vigilances à avoir, exemples pouvant illustrer cette démarche sur l'existant, les évolutions techniques et/ou « culturelles » qui contribueraient à aller dans ce sens d'amélioration sur l'existant, ou de prise en compte dès la conception pour une installation à venir.

Cela a donné lieu notamment à un document interne en septembre 2016 de réflexions et facteurs contribuant à mettre en évidence les facteurs et approches tactiques permettant d'aller dans ce sens, ainsi qu'une ébauche d'une journée technique « deltaT ».

Nombre d'idées et apports ont été repris dans ce qui suit, mais il convient d'indiquer que cette approche a par endroit finalement montré une dimension générique, pouvant concerner d'autres mode de production d'énergie que la biomasse, telles que les énergies fossiles (notamment le gaz qui a aussi une chaleur latente propice à la condensation sous conditions), la géothermie, ou la démarche propre à un process de réseau de chaleur ou industriel, qui cherchent des pistes d'optimisations. Ainsi, une démarche d'audit sur ce point peut même être indépendante de la production. En effet, le point de départ est le besoin, le process, l'utilisateur, la finalité. La production vient pour y répondre au mieux et par principe chercher la meilleure performance face au contexte existant, évolutif ou à créer, de l'utilisation de cette production, et de sa performance ou plage de performance et solutions techniques qui en découlent.

Il a été ici proposé de tenir compte de cette première série de réflexions, tout en recentrant donc bien le rôle du CIBE sur le sujet, qui est la production d'énergie à partir de biomasse, ce qu'elle offre comme solutions et performances, en fonction des températures d'eau (ou autre fluide caloporteur), et bien sûr aussi des perspectives d'innovations, ainsi que la mise en avant références exemplaires (bonne pratique) dans le domaine.

Aux remarques qui consistent à dire (à juste titre) que la question de l'optimisation des températures et de la performance énergétique n'est pas spécifique au bois énergie, on peut répondre qu'elle constitue pour cette filière, confrontée en permanence au problème de sa compétitivité économique vis-à-vis des énergies fossiles, un enjeu déterminant.

1. Exposé technique des enjeux

La performance énergétique d'un réseau de chaleur, ou collectif en général, mais aussi d'un process industriel, dépendent des principaux facteurs suivant :

- **La performance de la production** : en combustion, le rendement chaudière doit être le plus élevé possible, la récupération de l'énergie thermique produite par le foyer maximisée (température des fumées), la combustion optimisée (taux d'O₂ dans les fumées, réchauffage d'air comburant), les rejets conformes et maîtrisés.
- **La performance de la distribution** : elle concerne d'une part l'hydraulique (conception, pompe, régulation), la qualité du réseau (déperdition), son mode de fonctionnement (régime de température, fourniture ou pas de l'eau chaude sanitaire seule hors saison de chauffage).
- **La performance de l'échange en sous-station** : échangeur, la régulation et son interfaçage entre circuit primaire de distribution et circuit secondaire lorsqu'elle existe.
- **La performance de la régulation, de l'automatisme et l'information** en cas d'arrêt, panne, indisponibilité : **communication**, information vers le personnel technique lorsque la présence humaine n'est pas permanente, **capacité de l'automatisation à s'adapter de façon performante** (cascade chaudières par exemple).
- **La performance du suivi des indicateurs** par l'exploitant lui permettant de connaître la situation de son process, et bien sûr la compétence humaine pour gérer et contrôler la conduite, la maintenance, maîtriser les aléas lorsqu'ils surviennent (fuites, travaux,...).

Dans la situation où une chaufferie biomasse fait partie des moyens de production, la recherche de la performance est d'autant plus cruciale que :

- Le **captage de la chaleur sensible** (via la chaudière, mais aussi les économiseurs externes) est maximisé
- La biomasse est un combustible humide, et la **valorisation du PCS (chaleur latente)** un facteur d'augmentation du rendement de la chaudière, via la condensation
- **L'abaissement des régimes de température (aller-retour)** contribue à économiser de l'énergie, ainsi que la **pertinence ou pas de fonctionner uniquement pour la production d'ECS hors saison de chauffage**
- **La conception et adaptation au mieux de l'outil de production au besoin** sont nécessaires (éviter le surdimensionnement, tenir compte des minimums techniques, recourir à l'hydro-accumulation, ne pas avoir de risque pour la chaudière tel que la corrosion)

Ainsi **la température d'eau par rapport à une chaufferie biomasse est un facteur de performance**, et le CIBE assure une promotion des exemples sur le sujet, mais aussi une veille quant aux pistes de développement ou d'évolution à tous niveaux (technique chaudière, conduite, conception) permettant de progresser soit sur l'existant, soit sur la création d'un réseau, soit par des améliorations, voire des ruptures technologiques.

Il convient de poursuivre au-delà de la condensation, la démarche sur cette thématique.

Les dynamiques de relais effectuées, identifiées et à poursuivre sont présentées ci-après.

2. Visites

Plusieurs réunions d'échanges ont eu lieu au sein de la commission REX et en partenariat avec les différentes structures, principalement liées aux réseaux de chaleur.

Il a été décidé que le meilleur moyen de sensibiliser et informer la filière sur ce point de performance était d'y consacrer des journées techniques dédiées et donc de continuer, consolider ou renforcer les possibilités de visites de chaufferies et/ou réseaux en cours d'optimisation disposant de chaufferie biomasse.

Exemples : Cernay (Cofely), Angers Rosière (Dalkia, dynamique de raccordement avec utilisateurs basse température), Strasbourg Wacken EBM...

En matière industrielle, le secteur de la malterie peut aussi présenter des exemples de référence sur le sujet (par exemple Malteurop, à Vitry-le-François).

En parallèle, il convient de réfléchir, **identifier et caractériser de nouvelles installations, chaufferies, réseaux, process**. Le déplacement à l'étranger étant contraignant (coût, durée,...), l'alternative peut alors être une « visite » via présentation, film, ou autre support virtuel (lunettes 3D, casque virtuel ?).

3. Veille technique et information

Il reste essentiel de permettre aux constructeurs de chaufferie biomasse et leurs équipements annexes (condenseur, économiseur, PAC,...) de **pouvoir informer, communiquer et diffuser les évolutions en termes de performances** (sur les chaudières par exemple), de **solutions permettant d'optimiser le rendement process** (chaufferie biomasse dans son ensemble).

Les constructeurs peuvent également **apporter des exemples de références mises en œuvre, et des retours d'expérience**, l'accompagnement de l'exploitation (la formation étant également un vecteur d'amélioration, de pérennisation).

Les **témoignages de bureaux d'études – ingénierie – travaux** (ou AMO) également peuvent compléter le sujet en matière de conception, construction, mise en route.

Cette dynamique a été mise en œuvre dans le cadre de la condensation, mais doit rester dans l'actualisation, l'innovation, modernisation, en étant à l'écoute et restitution lorsqu'elle apparaît pertinente.

Il convient aussi de montrer les limites et risques par rapport au minimum technique, au recyclage chaudière (prélèvement d'énergie) également à faire, pour éviter les risques de corrosion.

La **connaissance du process que la production d'une chaufferie biomasse doit alimenter est également indispensable dans l'approche**, que ce soit sur l'existant (via par exemple démarche d'audit) ou dans un projet à venir (conception, simulation,...), et s'intéresser notamment au(x) **mode(s) de fonctionnement, au type d'utilisateurs et leurs contraintes** (sécurité, inertie ou temps de réponse,...), **aux obligations de services et/ou techniques** (tolérances, profil de charge,...).

De même les outils permettant le pilotage (instrumentation, automatisation, communication, interfaçage) contribuent au bon fonctionnement, gestion, historisation et suivi, et de fait à aborder dans le cadre de la veille technique, information et retour d'expériences.

4. Interventions, restitution, communication

Les contenus, recherche d'intervenants, préparation des supports, de la démarche de communication avant et après, mode de restitution (communiqué, lettre, film, diaporama,...) sont prospectés, proposés et décidés au sein de la commission REX, mais les échanges avec les autres commissions (RES / MOP, ANI) sont également à mettre en œuvre dès lors qu'un recoupement ou interaction peuvent compléter ou concerner plus spécifiquement une autre commission (conception et montage : intéresse RES / MOP ; animation d'ateliers : ANI).

En annexe, il a été mis un exemple d'approche du sujet qui a été proposé au niveau du CIBE et en partie restitué lors de l'AG ordinaire du 31 mai 2017.

5. Retour d'expérience des exploitants

Ce point reste capital pour mesurer d'une part les avancées au niveau mise en œuvre, les difficultés ou problèmes éventuellement rencontrés (usure, fonctionnement,...), savoir les expliquer, connaître les solutions trouvées, et avoir l'argumentaire en cas d'image ou perception de mauvaise ou contre-référence dans la profession.

CONCLUSION

L'ensemble de ces composantes peuvent pour la suite permettre de **construire une journée technique** qui sera l'un des axes de travail et formalisation de la commission REX du CIBE pour la période 2017-2018.

Nous insistons sur le fait que l'approche doit se faire d'abord sous l'angle process de la chaufferie biomasse et de ce qu'elle peut offrir objectivement suivant les régimes d'eau, que le besoin et conditions de fonctionnement émanent d'un réseau de chaleur, d'un industriel, d'un mode particulier de récupération (type data center,...). Il n'appartient pas au CIBE d'améliorer un réseau chaleur ou un process industriel, de cartographier ou recommander ce que doit être un besoin utilisateur, les émetteurs de chaleur. En revanche, il est au cœur de la démarche de **montrer les impacts performances suivant le contexte du process, et l'élargissement des solutions d'augmentation d'un rendement**, et de fait d'informer, promouvoir au niveau d'une unité de production utilisant la biomasse.

La commission REX du CIBE propose de mobiliser ses membres notamment exploitants, chaudiéristes, bureaux d'études, fabricants et/ou installateurs d'équipements permettant d'optimiser la performance d'une chaufferie en tant que process par rapport au contexte de température d'eau, afin de **présenter la palette des solutions, évolutions, innovation sous forme de présentations, fiches bonnes pratiques, opérations exemplaires** (y compris les évolutions pouvant survenir favorablement sur un réseau de chaleur). Il conviendra aussi d'**aborder les points de vigilance et limites techniques** (température d'entrée corps de chauffe chaudière pour éviter risques de corrosion), **les ordres de coûts associés au niveau investissement, exploitation, maintenance**.

La journée technique visera à la fois à **apporter des informations techniques, technologiques, des références et conditions de leur efficacité** (en France comme à l'étranger pourvu que leur adaptation ou conception puisse avoir une réalité de marché et faisabilité dans le contexte national), et **illustrées de visites** (réelles ou virtuelles) pour **assurer un parcours pédagogique complet**.

La prospective pourra aussi être dans le **suivi au niveau de la profession quant à la création de nouveaux réseaux utilisant la biomasse, pouvant de fait d'emblée être conçus dans la performance et excellence énergétique**.

Exemple de présentation utilisée pour poursuivre le développement du sujet, proposer une approche et feuille de route



Chaudière biomasse et température d'eau distribution : un sujet d'optimisation énergétique du process



Sommaire

- o Contexte
- o Approche et enjeux
- o Feuille de route et étapes proposées

1



Chaudière biomasse et température d'eau distribution : un sujet d'optimisation énergétique du process



Contexte :

- o Évolution des réseaux de chaleur ou constructions collectives neuves :
 - Développer les économies d'énergie : bâtiment basse consommation, émetteurs basse température, baisse régime T° (impact T° retour), optimisation énergétique de la production et de la distribution → Besoins utilisateurs (existant, à venir – raccorder, nouvelles installations complètes)
 - Poursuivre l'intégration, et maximisation, des ENR dans le mix énergétique → épuiser la chaleur sensible, capter la chaleur latente (condensation), stocker – déstocker (creux – pointes),

2



Chaudière biomasse et température d'eau : un sujet d'optimisation énergétique du process



Approche et enjeux :

- Le process combustion biomasse offre une palette de solution et d'optimisation par rapport à une T^* de fonctionnement d'un réseau (qui est ce qu'elle est, peut évoluer ou pas sur l'existant)
- Combustion → plus la T^* des fumées sortie cheminée est basse, plus l'énergie produite a été captée
- Enjeux :
 - Maximiser le PCI (rendement combustion, économiseur), valoriser autant que possible le PCS (condensation, utilisation PAC)
 - Tenir néanmoins compte des contraintes pour préserver le corps de chauffe de la chaudière (T^* entrée supérieure à T^* retour réseau de chaleur / risque corrosion → recyclage = process interne prélèvement d'énergie non distribuée)
 - Trouver un équilibre entre investissement – gain – recherche de la performance énergétique la plus haute possible : rentabiliser, être compétitif sur le prix de vente de la chaleur, subventionner pour industrialiser (diminution des coûts, exploitation & maintenance)

3



Chaudière biomasse et température d'eau distribution : un sujet d'optimisation énergétique du process



Feuille de route et étapes proposées pour l'interpro :

- o Proposition d'intégration de la thématique dans la commission REX (& MOP), et si OK (sur 2017/2018) :
 - Solutions techniques existantes (économiseur, condensation,...) : architecture générale, mise en œuvre, ordre de grandeur en coût – gain énergétique (performance), contraintes, impacts et/ou limites éventuels (+ et -)
 - Retour d'expérience et références (y compris hors France)
 - Diffusion de l'information et concrétisation d'un lot de documents, présentations pour concrétiser une journée technique sur le thème
- o Mise en œuvre Journée Technique
 - Intervenants (constructeurs, fournisseurs, exploitants) disposés à présenter (techno, mise en œuvre,...)
 - Visite d'installations exemplaires (France et ailleurs en Europe)

4

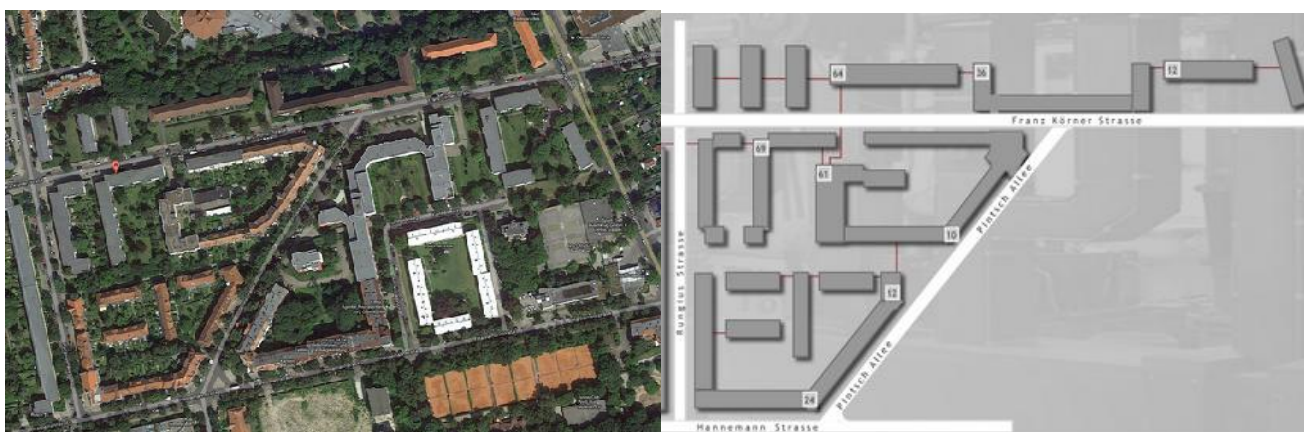
Annexe 2

Exemple du **réseau de chaleur de Berlin Britz**, compte-rendu suite réunion commission REX durant laquelle a été effectuée une visite « virtuelle » du réseau (via site internet du réseau de chaleur, montrant les paramètres de fonctionnement en temps réels)

CIBE/REX

Réunion de la commission REX le 24 novembre 2016, Visite virtuelle du réseau de Berlin Britz

Il s'agit d'un ensemble résidentiel rénové 800 logements, de type « Bauhaus » des années 1930 (architecture protégée empêchant l'isolation par l'extérieur), alimentés en chauffage et ECS par un réseau de chaleur de 11 sous-stations. La puissance installée est de 3,9 MW (gaz condensation de 2x1 MW + 1,9 MW appoint/secours), complété par des PAC à absorption.



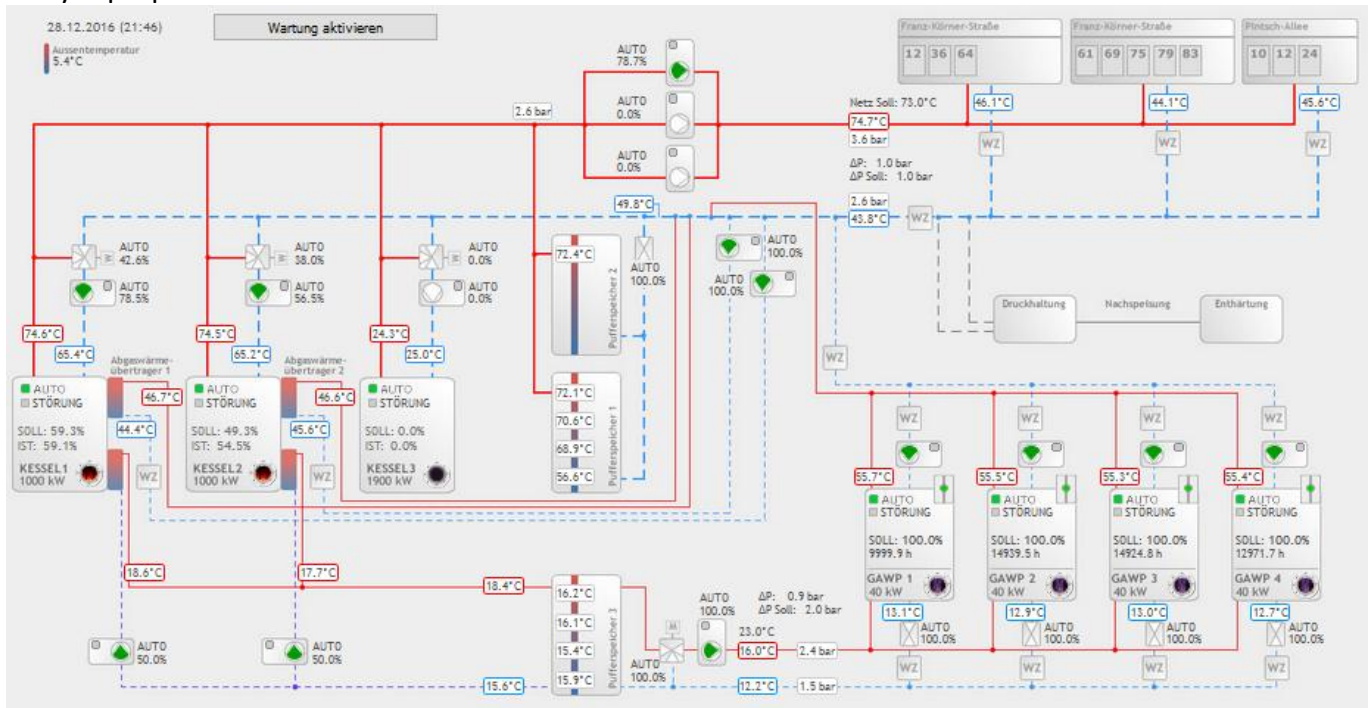
On note comme autres grandes caractéristiques de ce réseau :

- Une hydro-accumulation de chaleur par ballons en chaufferie,
- un seul circuit de distribution et des sous-stations sans échangeurs avec vannes mélangeuses,
- des températures réseau particulièrement basses (75° C départ 40/45° C retour),
- une distribution intérieure des bâtiments monotube (alimentation des émetteurs en série) sous un régime de 60-50 à 50-40 °C,
- une production d'eau chaude sanitaire à 60° C par un système de production type instantané à deux étages en sous-station.

L'ensemble de l'installation, qui intègre donc production, transport par réseau et distribution intérieure jusqu'à l'émetteur de chaleur, est suivi et piloté à l'aide d'un système en ligne permettant le recueil de données et le réglage des paramètres.

L'investissement total de ce système a été d'environ 900 K€ avec un temps de retour estimé à moins de 3 ans.

Synoptique de la chaufferie centrale :



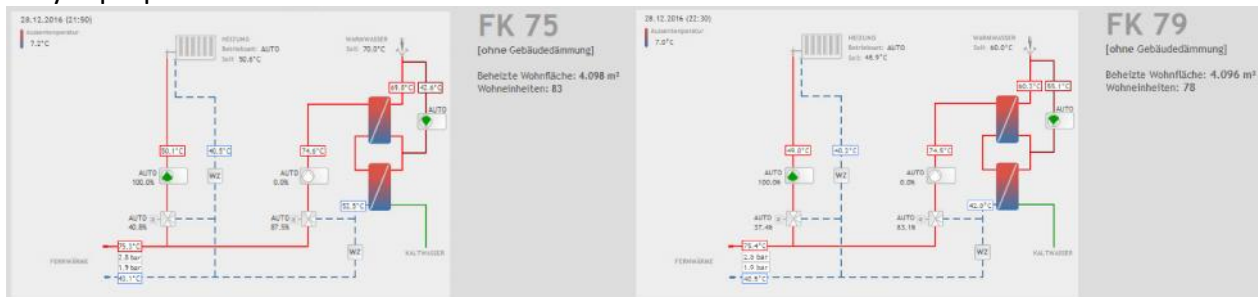
A gauche, les chaudières

En haut à droite, le réseau et les sous-stations

Au centre, l'hydro-accumulation

En bas à droite, les PAC

Synoptique de sous-stations :



A gauche, le chauffage

A droite, l'ECS

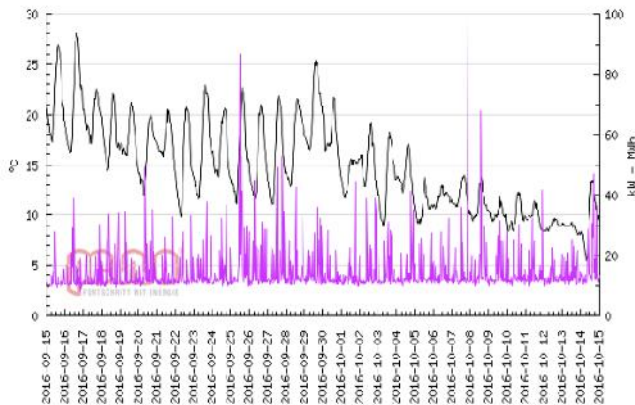
Exemple sur une sous-station (FK 12) et 2 périodes de 1 mois

15/9 – 15/10/16

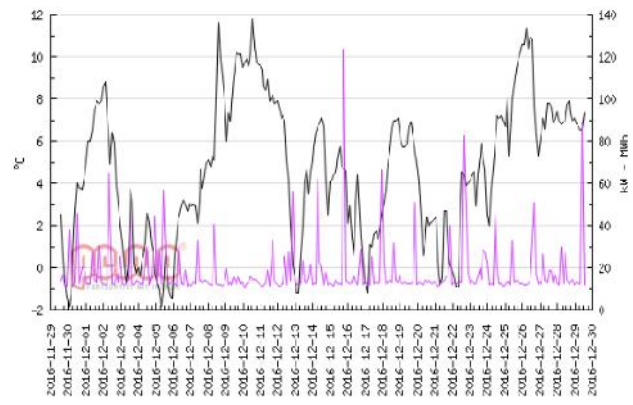
décembre 16

Température extérieure (noir, éch. G) et puissance au compteur (violet, éch D) :

Berlin Britz / Statistik (15.09.2016-00:10 bis 14.10.2016-23:50)

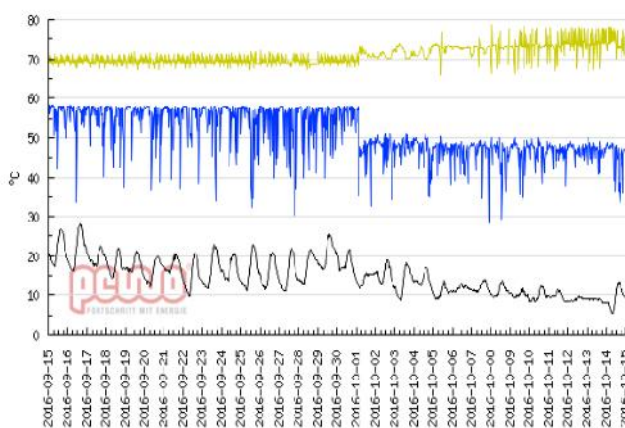


Berlin Britz / Statistik (29.11.2016-13:58 bis 29.12.2016-13:53)

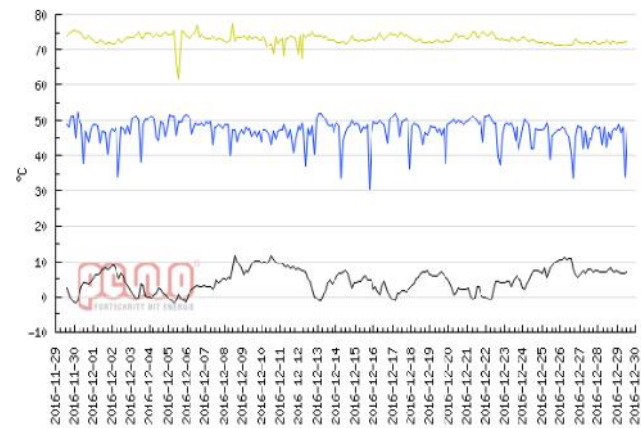


Températures départ / retour réseau CU, Température extérieure :

Berlin Britz / Statistik (15.09.2016-00:10 bis 14.10.2016-23:50)

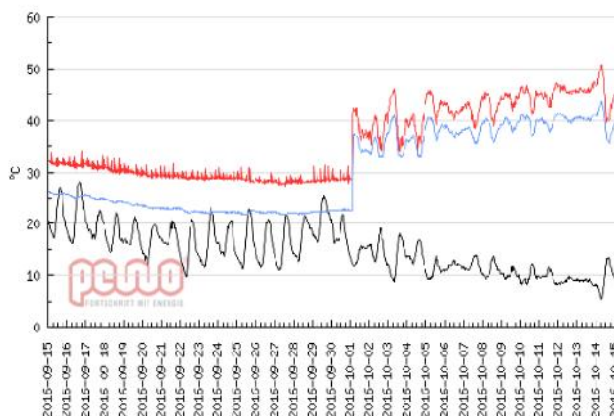


Berlin Britz / Statistik (29.11.2016-13:58 bis 29.12.2016-13:53)

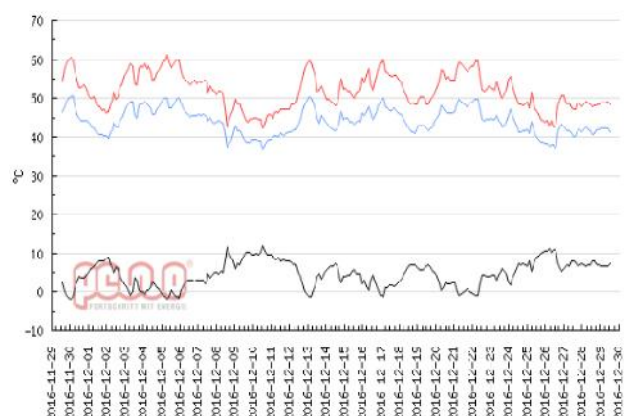


Température départ / retour réseau distribution, Température extérieure :

Berlin Britz / Statistik (15.09.2016-00:10 bis 14.10.2016-23:50)



Berlin Britz / Statistik (29.11.2016-13:58 bis 29.12.2016-13:53)



Commentaires

Les graphiques parlent d'eux-mêmes.

On notera la constance du delta T (certes faible mais lié au régime particulièrement bas des températures de distribution) aux bornes du circuit intérieur (ordre 10° C) et par voie de conséquence sur le réseau de chaleur (ordre 25° C), dans des conditions de températures extérieures donc de puissances appelées variables. La probable mise en route du chauffage début octobre est visible sur les graphiques de gauche, donnant une idée des conditions de fonctionnement d'été (ECS) sur la période septembre.

On peut penser que la température de retour réseau, très généralement inférieure à 50°C sur la période de chauffage présentée, aurait été considérée comme un objectif inatteignable dans un contexte de quartier ancien par la quasi-totalité des acteurs en France.

La visite illustre le concept de « Réseau Communiquant Dynamique », qui s'appuie sur une mesure en temps réel des débits et températures « clients » pour ajuster, sous station par sous station, le débit « serveur ». De sorte que le débit serveur global est optimisé en temps réel et en continu selon les débits clients. Trois fonctions simples et complémentaires permettent selon ce concept un pilotage efficient du réseau :

- **mesure** de l'ensemble des températures et débits aux « secondaires » comme au « primaire » ;
- **communication** des valeurs mesurées ;
- **pilotage** du débit serveur en fonction des besoins clients réels.

Selon ce concept, la recherche de l'efficacité impose une communication transparente au niveau de l'interface que constitue chaque « station de transfert ». L'information recueillie est consultable (temps réel et historique) par l'ensemble des parties prenantes de la performance globale du système : exploitants, collectivité, clients, AMO, financeurs. De ce partage de l'information procède un esprit de dialogue, de responsabilité et de collaboration favorable au progrès de l'efficacité et à la correction des dérives.

Jean-Pierre TACHET, CIBE
Godefroy BES de BERC, Delta Solutions
décembre 2016