

PROJET DE FIN D'ÉTUDES

Mutualisation et récupération de chaleur fatale



Économies d'énergie engendrées par la récupération de chaleur émise par un data center et la mutualisation des besoins thermiques d'un quartier

Lucas Rodighiero – 5A 2021

UIT/RESEAU

Sous la direction de : Mindjid Maïzia

Contexte et enjeux

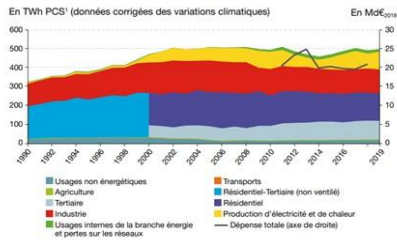


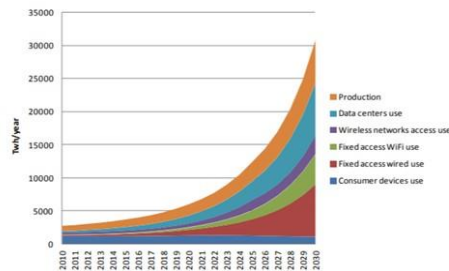
Figure 1 – Consommations totales de gaz naturel par secteur en France

Source : SDES – Chiffres clés de l'énergie, 2020

- En France, la part du **secteur résidentiel-tertiaire** dans la consommation totale de gaz naturel, de **49 % en 2019**, est essentiellement dédiée au **chauffage des bâtiments** (Fig. 1)
- De fait, ce secteur émet une quantité importante de **gaz à effet de serre** dans l'atmosphère

Figure 2 – Tendances de consommation électrique 2010 – 2030 : scénario du pire

Source : Andrae A. et Edler T. – On Global Electricity Usage of communication Technology: Trends to 2030, 2015



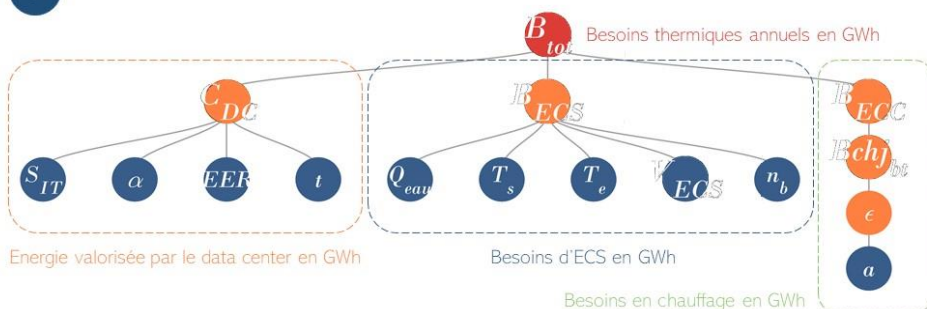
- Les prévisions des **consommations énergétiques des data centers** atteignent un maximum de **13 % de l'électricité mondiale d'ici 2030** (Fig. 2)
- Or, le fonctionnement et le refroidissement continus des équipements informatiques produisent une **quantité importante de chaleur fatale**

Objectif

Mesurer les économies d'énergie engendrées à la fois par la récupération de chaleur auprès d'un data center et par la mutualisation des besoins thermiques d'un quartier

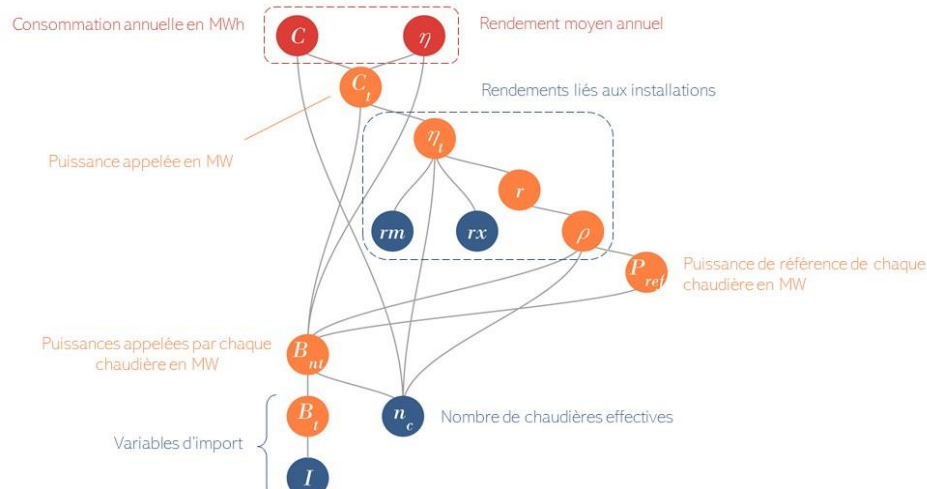
Méthode

1 Modèle permettant de déterminer les besoins thermiques du quartier



- | | | |
|---|---|---|
| S_{IT} Surface IT en m^2 | Q_{eau} Énergie nécessaire pour élever la température d'un litre d'eau d'un degré en Wh | n_b Nombre de bâtiments |
| α Ratio de puissance installée en kW/m^2 | T_s Température de sortie d'ECS en $^{\circ}C$ | P_{ch} Puissance appelée par le chauffage en kW |
| EER Coefficient d'efficacité frigorifique | T_e Température d'entrée d'ECS en $^{\circ}C$ | ϵ Variables d'import |
| t Durée de fonctionnement en h | B_{ECS} Besoins journaliers moyens d'un immeuble sur une année en L | a Variables d'import |

2 Modèle permettant d'analyser les effets de la mutualisation des systèmes de production de chaleur sur la consommation énergétique du quartier



Résultats

Application n°1 : Valorisation de la chaleur fatale émise par le data center

Zone d'étude : quartier du Belvédère à Talant (21240)



Le data center :

- Surface IT : 1000 m^2
- Puissance appelée : 580 kW

Résultats :

Part du potentiel thermique valorisée



- Chaleur valorisée à travers le chauffage
- Chaleur valorisée à travers la production d'ECS
- Chaleur perdue

Part des besoins thermiques satisfaite par le fonctionnement du data center



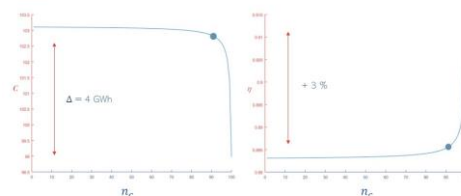
- Chaleur valorisée
- Chaleur fournie par différentes sources

- Les besoins d'eau chaude sanitaire et le chauffage permettent de valoriser **76 %** de la chaleur émise par le data center soit **5 GWh (408 équivalents-logements)**
- Les besoins thermiques du quartier sont réduits de **5,3 %**

Application n°2 : Effets de la mutualisation des moyens de production de chaleur sur la consommation énergétique du quartier

Scénario n°1 : Abstraction du foisonnement

Évolution de la consommation énergétique annuelle du dispositif en fonction de la mutualisation des moyens de production de chaleur



Avec : $772 < n_c$ (nombre de chaudières) < 1

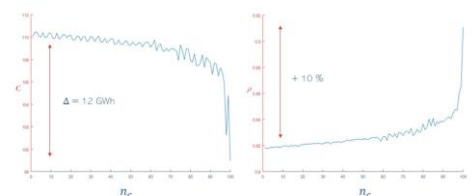
Résultats :

Existence d'un seuil :

- Le passage de 772 à 69 chaudières engendre des économies d'énergie de l'ordre de 300 MWh et une amélioration du rendement moyen annuel de 0,3 %
- En dessous de 69 chaudières, le gain énergétique s'élève à 3,8 GWh et le rendement moyen annuel augmente de 2,8 %
- La consommation énergétique du réseau est minimale pour un réseau totalement centralisé avec des économies d'énergie s'élevant à 4 GWh par rapport à la situation initiale

Scénario n°2 : Prise en compte du foisonnement

Évolution de la consommation énergétique annuelle du dispositif en fonction de la mutualisation des moyens de production de chaleur



Avec : $772 < n_c$ (nombre de chaudières) < 1

Résultats :

- Les allures des courbes obtenues sont chaotiques ce qui s'explique par la prise en compte des besoins thermiques de chaque bâtiment
- Le passage à une mutualisation totale des besoins thermiques engendre une amélioration du rendement moyen annuel de 10 %
- Les économies d'énergie quant à elles, s'élèvent à 12 GWh par rapport à la situation initiale

Conclusion

- La récupération de la chaleur fatale est un levier pour réduire les besoins thermiques
- La mutualisation des installations engendre des économies d'échelle et améliore l'efficacité des systèmes
- Au mieux, le gain énergétique s'élève à **17 GWh** par rapport à la situation initiale et le dispositif permet d'éviter l'émission de **3 900 t_{eq}CO₂**
- La création de micro-réseaux à l'échelle de l'îlot dans un quartier n'est pas pertinente car les économies d'énergie est minime par rapport aux efforts fournis pour y parvenir

Limites

- Abstraction de la topologie du réseau** : les emplacements des sources de chaleur sont situés à côté des consommateurs
 - Quels sont les effets de la topologie d'un réseau de chaleur sur sa consommation énergétique ?
- Agrégation arbitraire des bâtiments** : les bâtiments sont raccordés à un réseau sans tenir compte de leurs besoins énergétiques ou de la distance qui les sépare
 - Dans quelle mesure un ordonnancement intégrant les deux paramètres précédents, affecte la consommation énergétique d'un réseau de chaleur ?