



Optimisation de la consommation énergétique de la plateforme micro et nanotechnologies LAAS-CNRS

Granier Hugues¹, Eric Tasselli¹, Guillaume Tanneau¹, Emmanuel Vialan², Laurent Bouscayrol¹

1-LAAS-CNRS, Université de Toulouse, CNRS, Toulouse, France

2- Délégation régionale CNRS Occitanie-ouest, CNRS, Toulouse, France

May 16th 2023

Carte d'identité de la salle blanche du LAAS

- > **1600 m² dont 1500m² salle blanche**
 - Total LAAS 22 000 m²
 - Salle blanche = 7 % de LAAS
- > **200+ utilisateurs**
- > **160+ projets / an** (moyenne 2014-2022)
 - 80 internes
 - 80 exogènes
- > **18 000 h/an** moyenne annuelle d'utilisation
- > **40 M€ d'équipement**
 - 220+ outils
 - <https://lims.laas.fr/WebForms/Equipment/EquipmentList.aspx>
- > **Budget ≈ 2,5M€ / an**
 - Moyenne opérationnelle : 1,5 M€/an
 - Investissements (2014/2022) ≈ 1+ M€/an



Contact : renatech@laas.fr

Enjeux et constats

> Enjeux environnementaux

- Changement climatique
- Demande sociétale

> Enjeux économiques

- Un des principaux postes de dépenses
- Crise énergétique

> Constat : Les salles blanches sont très énergivores

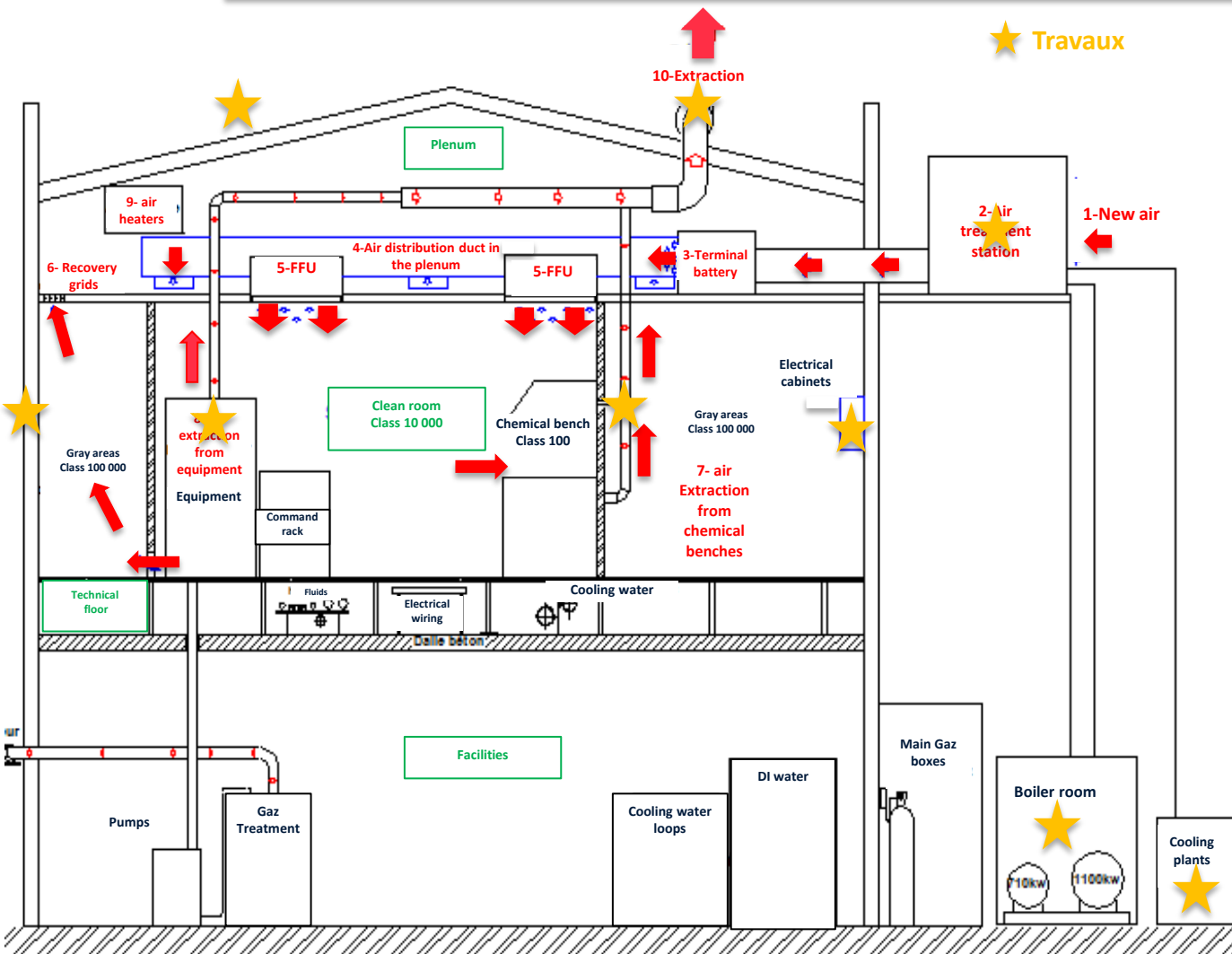
- En 2015 une étude imputait **80% de la consommation énergétique du LAAS à sa salle blanche qui représente 7% de sa surface**

> Deux axes d'amélioration

- Maintien des conditions en
 - température 21°C +/- 1,
 - hygrométrie 55% +/- 5,
 - aéraulique (surpression)
- Optimisation de l'utilisation des équipements de microfabrication

> Nos actions on porté sur le maintien des conditions T°/ H% et P

Avant les travaux : circuit aéraulique



★ Travaux

1. Air neuf (66 500 m³/h)
2. 5 Centrales de prétraitement (préfiltration/déshumidification)
3. 5 Batteries terminales (T°/réhumidification)
4. Distribution d'air dans le plenum
5. FFU : filtration H10 et soufflage en salle blanche (129 FFU - brassage > 15 000 m³/heure)
6. Reprise partielle sous cloisons (recirculation)
7. Extraction des hottes de chimie (sécurité)
8. Extraction des équipements (sécurité)
9. Aérotherme de régulation (T° plenum)
10. 4 Extracteurs (60.000 m³/h)

Installation de registres modulants

> Situation avant travaux

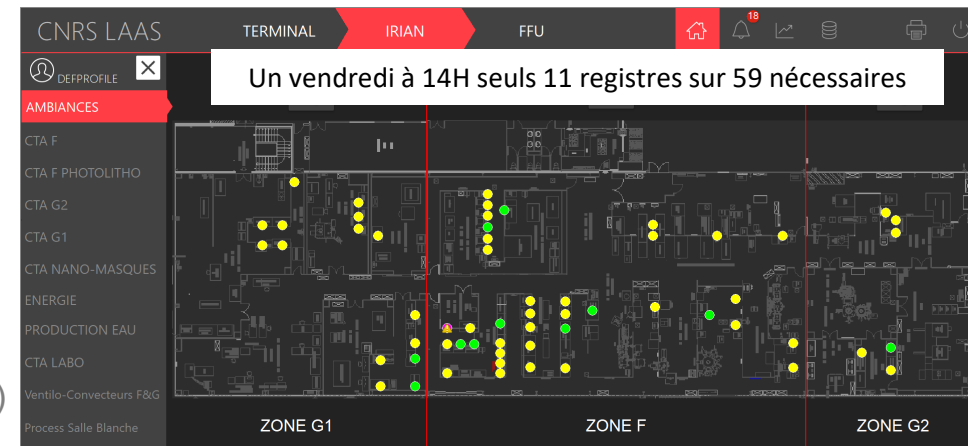
- **Extractions fixes sur toutes les hottes et équipements**
 - **60 000 m³/h - 24/24 - 7/7 - 100%**
 - Régulées par diamètre du conduit et registres manuels partiels
- **Impose un fonctionnement maximal et continu**
 - Energivore
 - Usure prématurée des équipements de CVC

> Travaux

- **59 registres modulants pilotés par les utilisateurs**
 - Mode repos : au débit minimal pour assurer la sécurité
 - Mode travail :
 - Activation /désactivation par l'opérateur au débit nécessaire à la sécurité
 - Désactivation automatique à 21H en cas d'oubli
 - Marche forcée possible sur cycle de 1 jour
- **27 registres constants**
 - Selon préconisations de l'équipementier.

> Résultats

- **Estimation de l'économie : 41%**
- **Extraction talon de 18 000 m³/h**
 - En inoccupation (nuit, WE, vacances = 70% du temps)
- **Jamais 100% des capacités sollicitées**
- **Sécurité : visualisation de l'état de chaque extraction**



La récupération de chaleur sur les extractions

> Situation avant travaux

- Toute l'année perte des calories extraites à 20-22°C

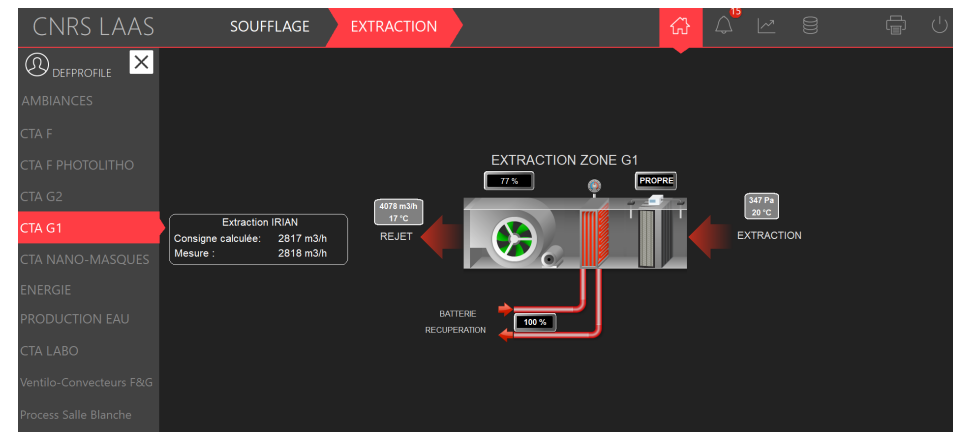
> Travaux

- **Récupération de calories** entre l'air rejeté et l'air neuf via une pompe à chaleur permettant le transfert en chaud et en froid.
- **Pompes à débit variable et vannes deux voies**
 - Débit /2 = consommation électrique /8
- **Echangeurs** résistants à la corrosion
- **Circuit à circulation d'eau glycolée biosourcée**



> Résultats

- **Estimation de l'économie**
 - Couplée à celle liée aux registres
 - 76% sur le gaz
 - 265 MWh sur électricité



Récupération de la chaleur fatale

- > **Chaleur fatale** : Chaleur perdue au niveau des condenseurs des groupes froids lors de la production d'eau glacée
- > **Mise en place de groupes frigorifiques et aérocondenseurs avec récupération**
 - **Été** : réchauffage air neuf après déshumidification par récupération sur production d'eau glacée process
 - **Hiver** : chauffage par récupération sur production d'eau glacée process.
- > **Refonte de la chaufferie**
 - Chaudières à condensation
 - Mise en place d'un échangeur de récupération de la chaleur fatale
- > **Résultat estimé**
 - 91% de la consommation de gaz restante



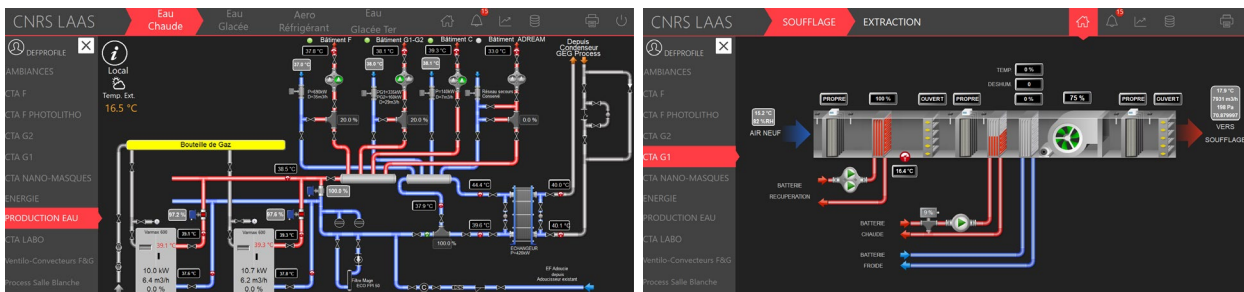
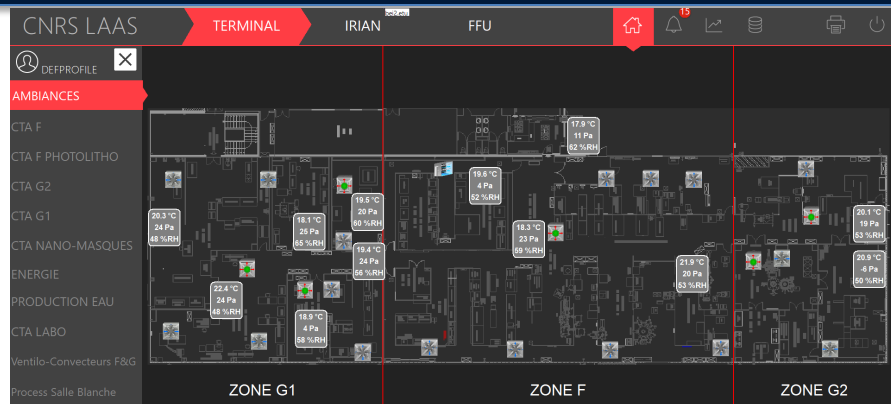
Supervision et comptage

> Avant travaux : Suivi des installations par

- Visites ponctuelles
- Synthèse défaut générale
- Comptage énergétique général au niveau du laboratoire et quelques sous postes

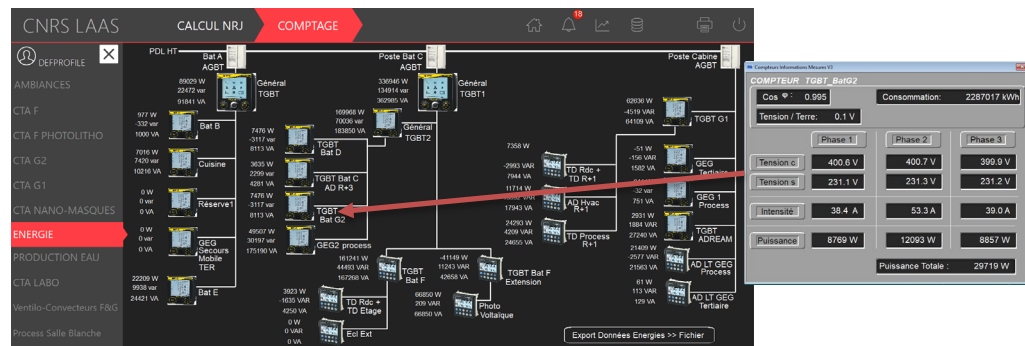
> Travaux

- Mise en place d'une GTC
- Suivi et pilotage en continu des
 - Installations CVC
 - Registres Irians
 - Facilités
- Détail des défauts
- Supervision à distance
- Comptage énergétique par bâtiment et nature d'énergie



> Résultats

- Pilotage fin des installations
- Analyse fine des consommations dans un objectif d'amélioration
- Sécurité augmentée



Production photovoltaïque et luminaires LED

> Situation avant travaux :

- Aucune production
- Luminaires néons

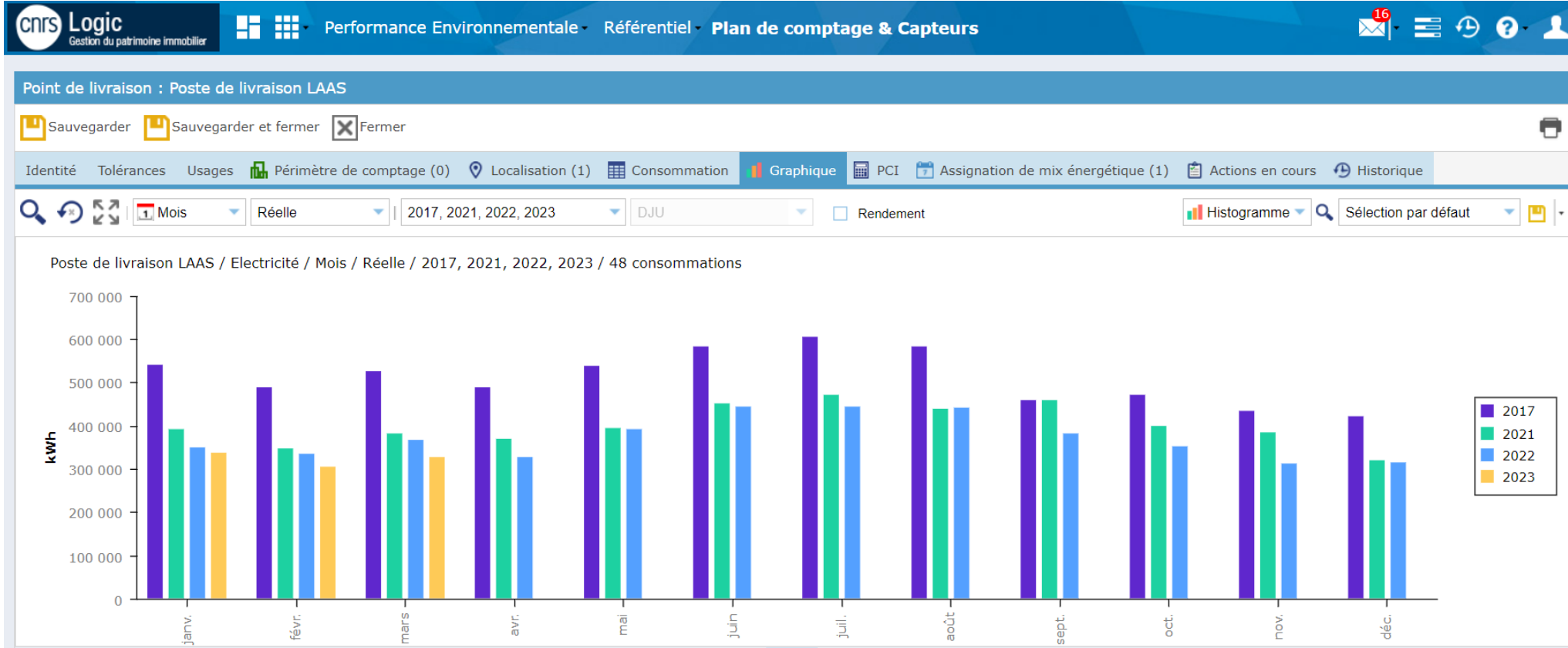
> Travaux

- Installation de générateurs photovoltaïques
 - Sur le toit
 - En ombrière sur les ouvrants sud-ouest
- Changement des néons par des **LEDs**

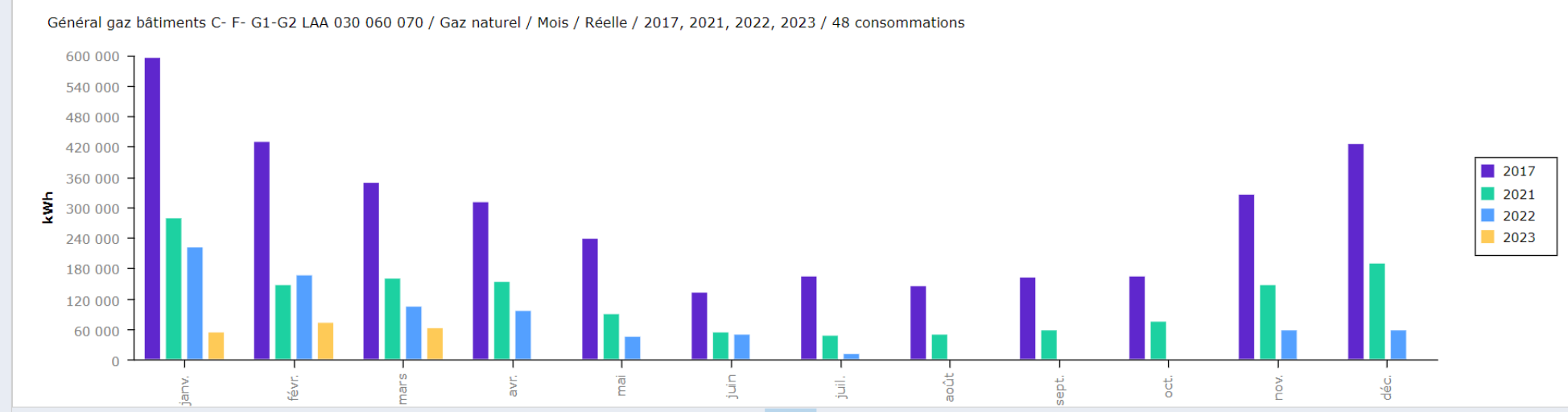
> Résultats

- **Puissance globale** : 100 kW crête
- Production 09/22 à 04/23 : 50 Mwh
- **Autoconsommation**





> **Sur premiers mois 2023 : gain de l'ordre de 35 à 40%**



- > Consommation de gaz quasi exclusivement pour le bâtiment hébergeant la salle blanche
- > **Sur premiers mois 2023 : division de la consommation d'un facteur 8 à 10**
- > **Entre mai et octobre consommation nulle** car récupération de chaleur fatale suffisante

> Coût des travaux

- **2018 / 2019 : 0,615 M€ crédit entretien programmé immobilier du CNRS (sur 3 ans)**
 - Arrêt de la salle blanche : 2 mois en 2018 3 mois en 2019
 - Registres modulants
 - Changement de la CTA principale (38 000 m³/h) par une technologie plus récente et batterie terminale adaptée à une régime de T° compatible avec la récupération (50°C au lieu de 70°C)
 - Installation d'une GTC
 - Récupération de chaleur

- **2022-2023 : 1,355 M€ plan de relance**
 - Optimisation production eau glacée et récupération chaleur fatale
 - Rénovation chaufferie
 - Photovoltaïque
 - Luminaires LEDs
 - Extension GTC et comptage

- **Montant total des travaux : 1,97 M€**

- **Récupération en Certificat d'Economie d'Energie gérée directement par le CNRS : 0,375 M€**

- **Montant Total de l'investissement : 1,6 M€**

Retour sur investissement

> Coûts énergétiques (éléments pris en compte)

- Les travaux 2022-2023 n'auront leur effets définitifs visibles qu'en 2023
- Prise en compte de quelques autres travaux sur le tertiaire du laboratoire

Calculs sur le laboratoire car pas de détail avant fin 2022
Bouclier tarifaire intégré

■ Différences 2017-2022 (factures réelles)

	2017 Kwh	2022 Kwh	Gain %	2017 k€	2022 k€	Gain %	Gain K€
Gaz	3 449 542	818 980	76%	151	49	67.5%	102
Electricité	6 115 904	4 470 951	26,9%	551	436	20.9%	115
Total	9 565 446	5 289 931	44.7%	702	485	30.9%	217

■ Différence à cout de l'énergie constant (2017)

	2017 k€	2022 (prix 2017) k€	Gain %	Gain k€
Gaz	151	36	76%	115
Electricité	551	402,8	26.9%	148,2
Total	702	438,8	37.5%	263,2

■ Différence à consommations restées constantes (2022)

	2017 Kwh	2017 (prix 2022) k€	2022 réels k€	Gain K€
Gaz	3 449 542	207	49	158
Electricité	6 115 904	596.4	436	160,4
Total	9 565 446	803,4	485	318,4

> Retour sur investissement

- 5 années aux coûts 2022 de l'énergie
- 2023 forte augmentation des prix unitaires de l'énergie
 - Forte réduction du temps de retour sur investissement

La suite?

- > **Changement des CTA vétustes**
 - Trois des 5 CTA basées sur une ancienne technologie, celle des moteurs asynchrones. Leur remplacement par des CTA avec des moteurs à commutation électronique (EC) permettrait une optimisation de leurs consommations jusqu'à 40%.

- > **Couverture photovoltaïque sur la terrasse technique (estimation 60 KWc)**
 - Production en autoconsommation
 - Protection des équipements pour améliorer leur longévité.

- > **Remplacement des FFU**
 - Nouvelle technologie qui affiche une baisse de consommation électrique de 20 à 25%.
 - Cette nouvelle génération peut être connectée à la GTC, ce qui permettra un pilotage individuel plus fin des consignes de T° par zone.

- > **Déploiement de compteurs dans les zones de la salle blanche.**
 - Permettrait des analyses précises par type d'équipement pour affiner la stratégie d'économies sur la partie process

- > **Changement du compresseur air sec.**
 - Basés sur une ancienne technologie. Son remplacement permettrait une optimisation

- > **Découplage des luminaires** par zones de la salle blanche

La suite?

- > **Baisser de 1° la consigne l'hiver et augmenter de 1° l'été se traduit par 5 à 7% d'économie sur le traitement d'air**
 - Une fois la SB stabilisée après les travaux actuels tester ces modifications
 - Process de qualification avant et après modifications pour voir leur impact
 - On fait de 1° si pas de modifications process on fait encore 1°
 - Sans impacter le confort
 - Ces modifications seraient déclenchées manuellement sur la GTC

- > **Horlogeage des conditions en salle blanche**
 - Par programmation GTC on relâche les contraintes de T° et H% pendant les périodes d'inactivité
 - En semaine
 - A 20H on relâche les contraintes de X° et Y%
 - A 6H30 on remet les conditions initiales
 - Le WE
 - Le vendredi soir on relâche les contraintes de X° et Y%
 - Jusqu'au lundi matin 6H30
 - Lors de la fermeture annuelle
 - Idem que WE
 - X° et Y% déterminés avec bureau d'étude pour ne pas :
 - Mettre l'installation en péril
 - Surconsommer pour revenir aux conditions optimales

Conclusions

- > **Travaux lourds ont démontré leur efficacité énergétique, économique, et environnementale**
- > **En ligne avec les objectifs européens 2030 de réduction de la consommation (- 40%)**
 - 2017-2021 gains : 466 TeqCo₂/an (gaz) + 112 TeqCo₂/an (élec) = 578 TeqCo₂/an
 - 2021-2022 gains : 149 TeqCo₂/an (gaz) + 29 TeqCo₂/an (élec) = 178 TeqCO₂/an.
 - En sachant que la récupération de chaleur fatale n'est opérationnelle que depuis août 2022
- > **Compensation partielle des surcoûts actuels = maîtrise des coûts de fonctionnement**
- > **Nouveaux travaux d'infrastructure sont possibles**
- > **Développer le comptage détaillé pour approfondir la partie liée aux process**
- > **Complexification des installations = nécessité de compétences et de pilotage en interne pour s'assurer du bon fonctionnement.**

Merci de votre attention

Nous serons heureux d'échanger sur
nos expériences respectives pour
poursuivre ces actions