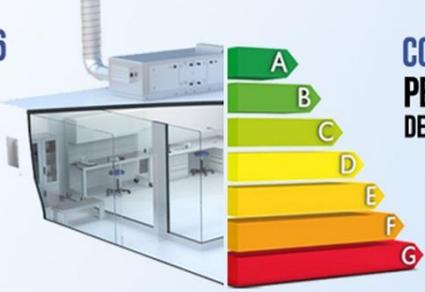


1ER DÉCEMBRE 2016

PARIS

Aspec évènement



COLLOQUE
 PERFORMANCE ENERGETIQUE
 DES SALLES
 PROPRES

En partenariat avec
 EDF
 ADEME



PERFORMANCE ENERGETIQUE DE
 LA VENTILATION EN SALLE PROPRE :

Impacts des paramètres critiques, de la définition des exigences
 utilisateurs à la maintenance.

Aspec
 Pour la prévention et l'étude
 de la contamination

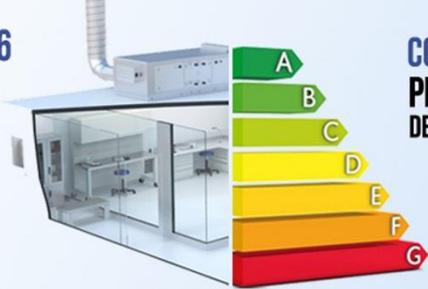
1er décembre 2016

GOOSSENS Alix



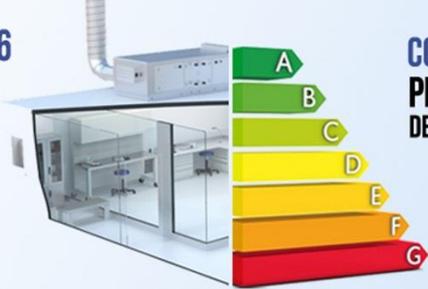
Plan de l'exposé

- Introduction
- Enjeu / Contexte
- Potentiel d'économie dans les étapes de projet
 - Définition de projet
 - Avant-projet
 - Etude détaillée
 - Phase d'exécution
 - Commissioning – Qualification
 - Suivi maintenance
- Conclusion



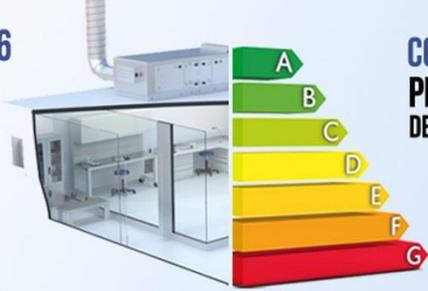
Introduction

- **Air Consult est particulièrement actif dans les ENVIRONNEMENTS CONTRÔLÉS**
- **Exigences réglementaires, de fiabilité et de qualité**
- **Optimisation énergétique**
- **Majorité des consommations énergétiques dû à l'HVAC**
- **Consommation HVAC dépend de beaucoup de paramètres**



Enjeu et contexte

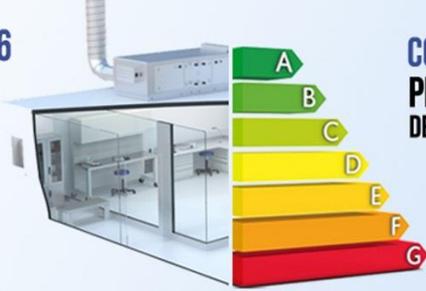
- Aucune des normes ou guidances ne donnent encore de recommandations précises ni des exigences au sujet des économies d'énergie en salles propres.
- Nous en restons donc avec les outils d'analyse d'impact (« Impact Assessment »), analyse de risques (« Science & Risk Based Approach ») qui sous-tendent également les activités de qualification et de validation.



● Alternatives à évaluer sur base des critères suivants

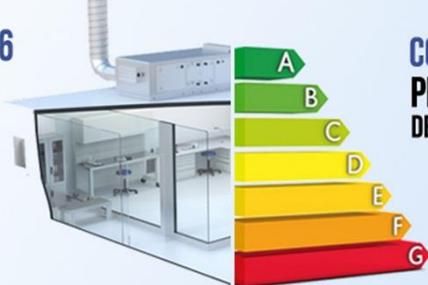
- la protection du Produit
- la protection du Personnel
- la difficulté de la Validation
- le potentiel d'économies
- les coûts d'installation
- les impacts sur l'environnement
- la constructibilité si sur site existant

● Selon l'alternative, un canevas d'analyse de risques sera établi en vue de déceler les obstacles et décider d'un plan d'actions pour les contourner



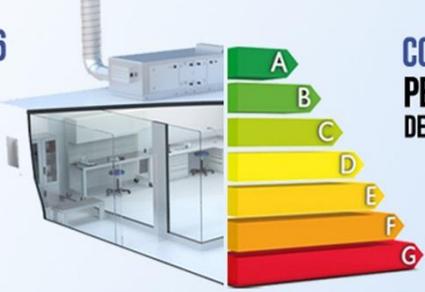
● Baseline:

- **Quatre salles propres ISO 5, pour une surface totale de 100m²**
- **Taux de brassage considéré à 40 vol/h**
- **Alimentées par une centrale de traitement d'air (CTA) sans recyclage (100% air neuf)**



DONNÉES DE LA BASELINE

Débit d'air neuf m³/s :	10.800 m ³ /h	Débit de l'air évacué :	10.800 m ³ /h
Perte de charge de l'air soufflé :	800 (Pa)	Perte de charge de l'air extrait :	500 (Pa)
Perte de pression de l'air neuf :	100 (Pa)	Perte de pression de l'air rejeté :	100 (Pa)
Température de l'air fourni :	17,3°C	Température de l'air repris :	20°C
Humidité de l'air fourni :	7,3 g/kg d'air	Humidité de l'air repris :	7,3g/ kg d'air (20°C, 50% HR)
Rendement des ventilateurs	64 %		
Rendement de la récupération (batterie à eau glycolée)	63 %		
Vitesse d'air sur la section de la CTA	2,1 m/s		
Apport considérés dans les salles propres	100 W/m ²		
Prix d'achat de la centrale de traitement d'air	30.000,00€		
Prix du kWh électrique considéré	0,10 €/kWh		
Prix du kWh de gaz considéré	0,06€/kWh		

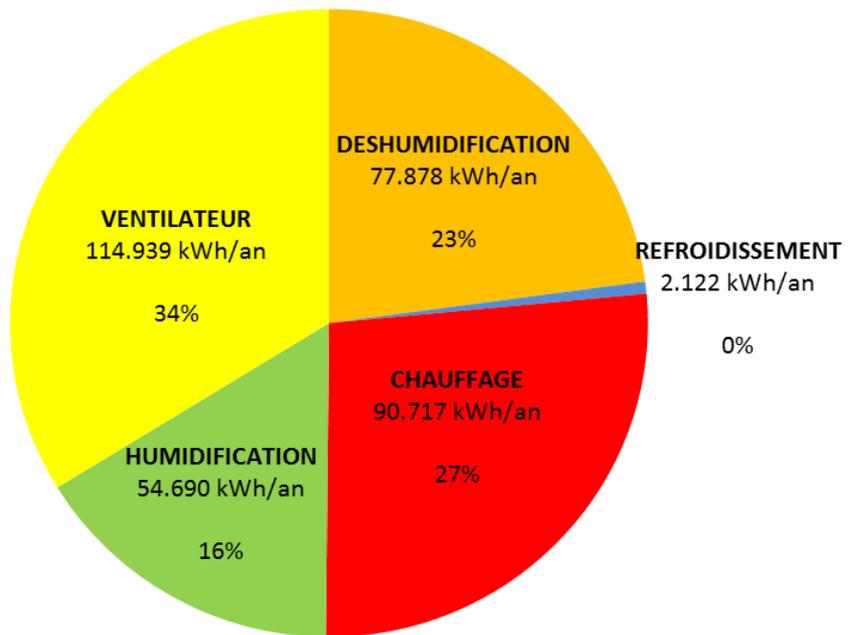


COLLOQUE PERFORMANCE ENERGETIQUE DES SALLES PROPRES

En partenariat avec
edf ADEME

Résultats des simulations de consommations

Consommation énergétique annuelle 340.346 kWh/an



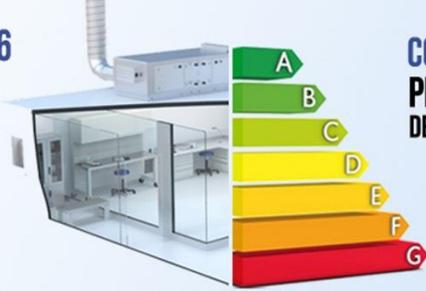
340.346	kWh /an
32	kWh /((m³/h)*an)
30.806	€ /an
2,85	€ /((m³/h)*an)
308	€ /(m²*an)

= 15 x

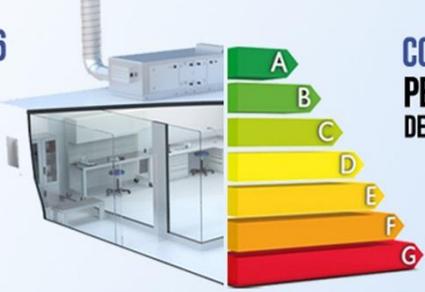


- Optimisation énergétique est avant tout matière de l'ingénieur HVAC
- Exigences Qualité à atteindre dépendant de nombreux facteurs
- Décisions prises dans chaque étape de projet auront un impact sur les consommations d'énergie
- Examen transversal est donc indispensable dans toutes les phases de projet et dès la définition des exigences



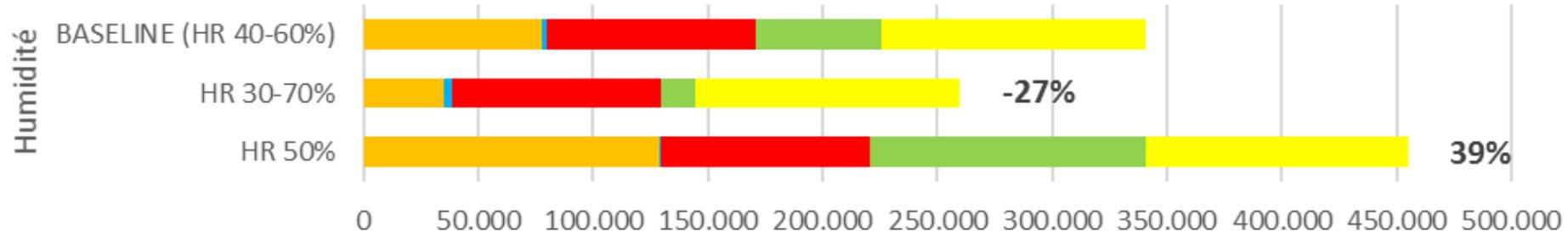


- Sur base de la connaissance détaillée du processus de fabrication, définition de Process Flow Diagram
- Cette analyse fine permettra de déterminer et de documenter les rationnels de décision
- Challenger les exigences en vue de réduire les consommations énergétiques
 - Dead band et range d'humidité élargi
 - Taux de renouvellement horaire diminué



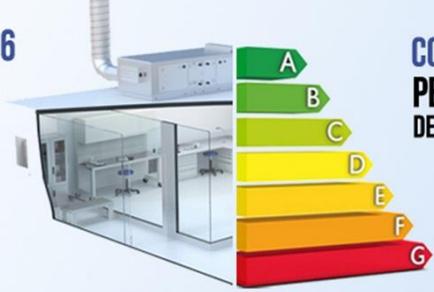
Définition de projet, dead band sur l'humidité

Consommation énergétique annuelle (kWh/an)



	HR 50%	HR 30-70%	BASELINE (HR 40-60%)
■ Déshumidification	128.941	35.353	77.878
■ Refroidissement	786	3.248	2.122
■ Chauffage	90.717	90.717	90.717
■ Humidification	119.888	15.476	54.690
■ Ventilateur	114.939	114.939	114.939

kWh/an



COLLOQUE PERFORMANCE ENERGETIQUE DES SALLES PROPRES

Définition de projet: Réduction du renouvellement horaire

Consommation énergétique annuelle (kWh/an)



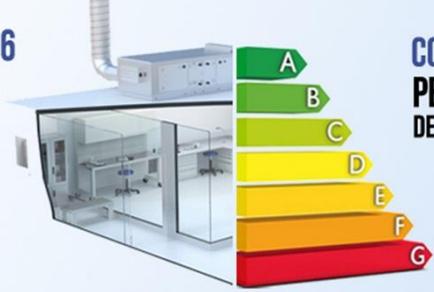
	30 vol/h	BASELINE (40 vol/h)
■ Déshumidification	55.301	77.878
■ Refroidissement	2.229	2.122
■ Chauffage	76.940	90.717
■ Humidification	41.017	54.690
■ Ventilateur	86.205	114.939

kWh/an

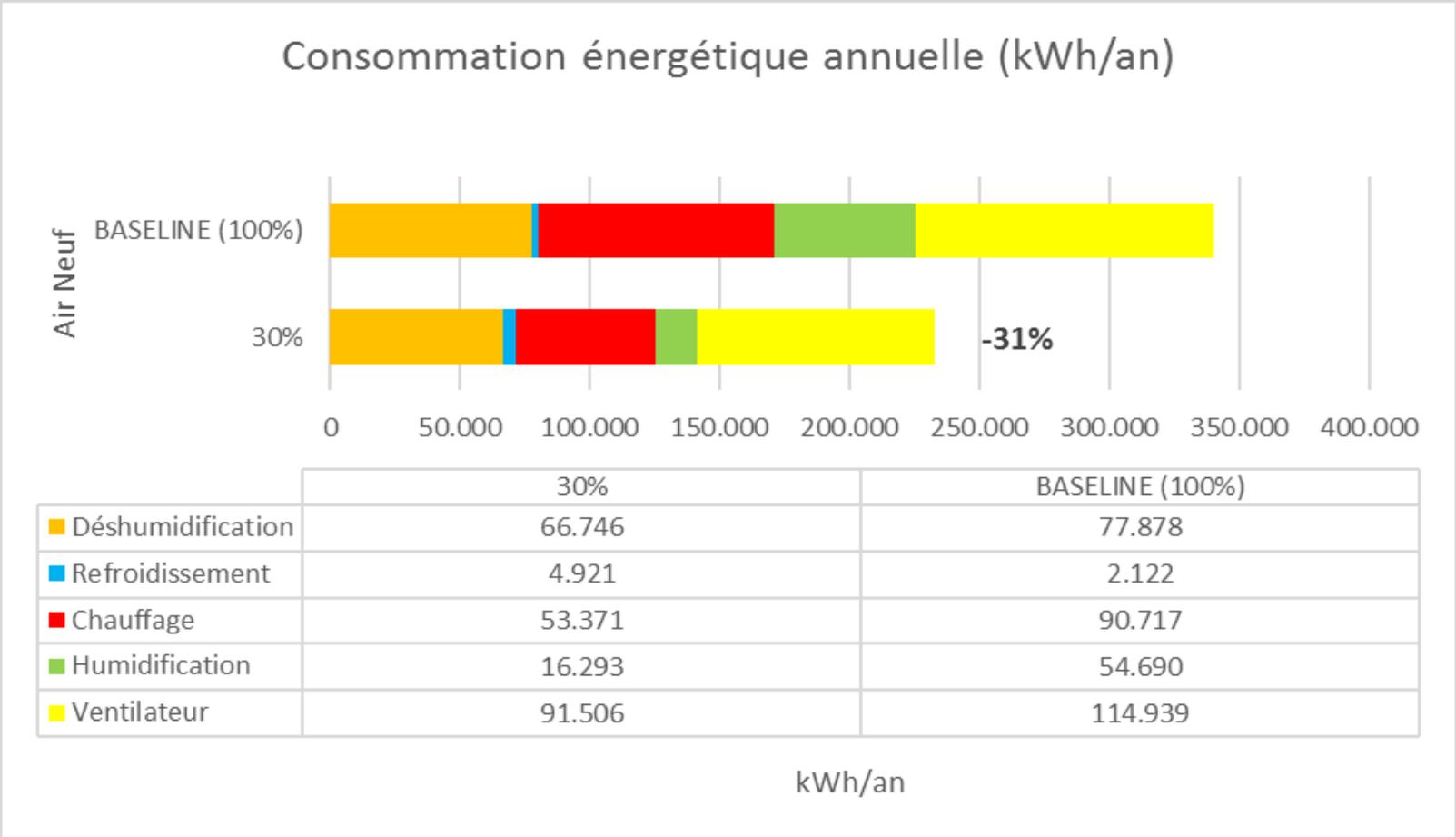


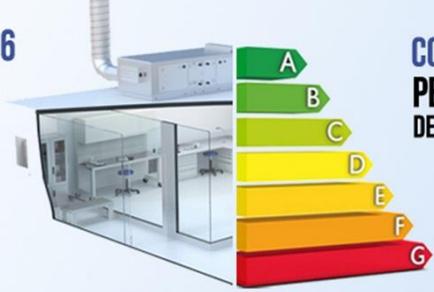
● Définition des alternatives techniques pour répondre aux exigences et intégrer le projet dans son environnement.

- **Systeme tout Air Neuf ou partiellement recyclé**
- **Systeme avec Make-up alimentant des groupes en recyclage**
- **Régime réduit de stand-by en dehors des périodes occupés**



Avant projet: Réduction du taux d'air neuf





COLLOQUE
 PERFORMANCE ENERGETIQUE
 DES SALLES
 PROPRES

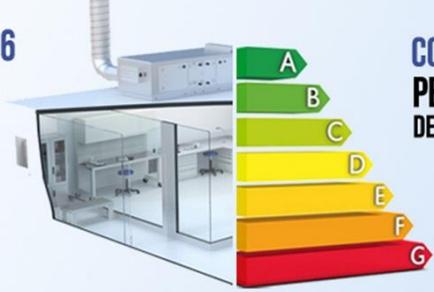
Avant projet: Utilisation d'une CTA avec Make-up

Consommation énergétique annuelle (kWh/an)

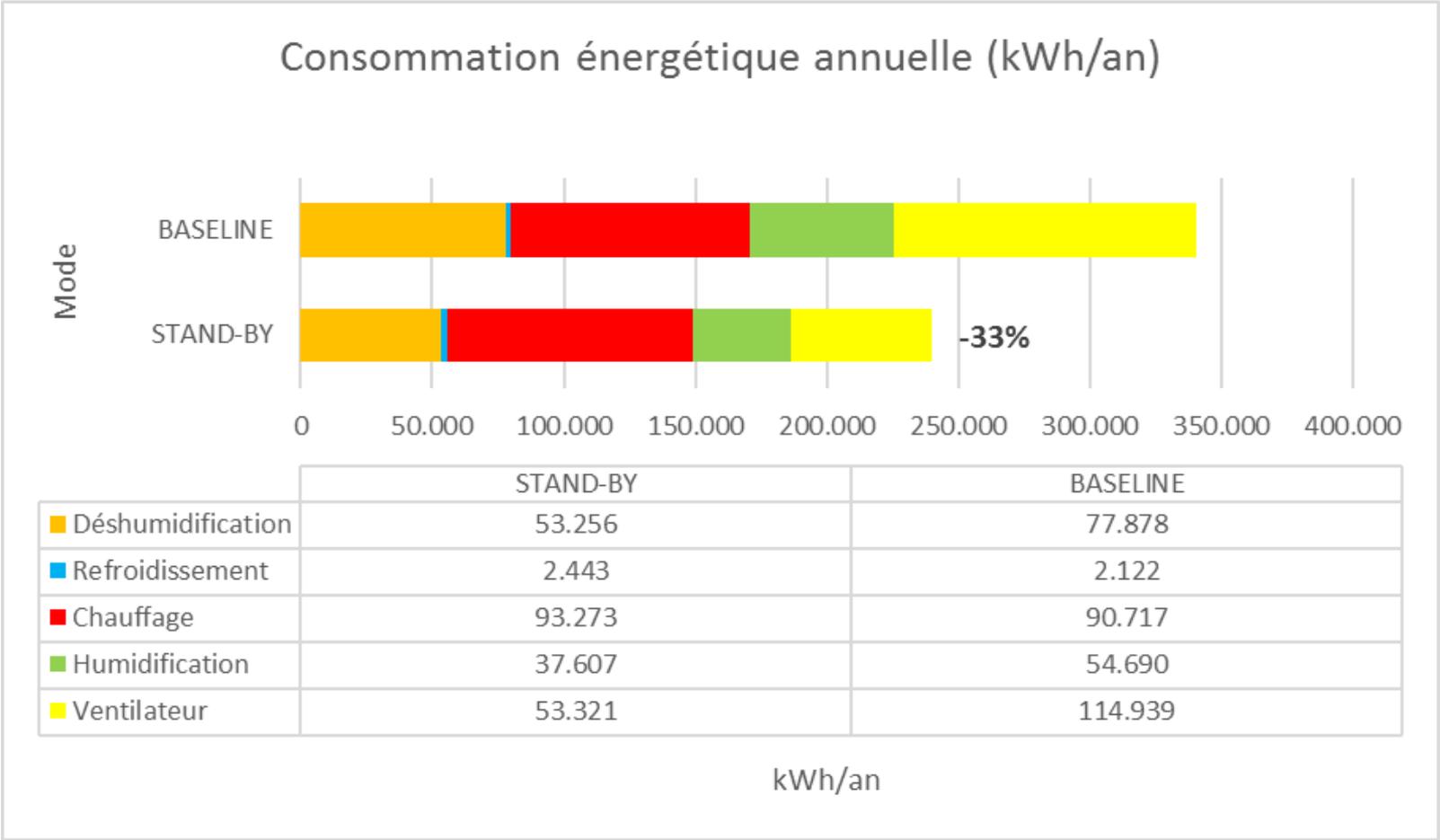


	Make-Up	BASELINE
■ Déshumidification	40.130	77.878
■ Refroidissement	24.983	2.122
■ Chauffage	16.826	90.717
■ Humidification	5.516	54.690
■ Ventilateur	98.345	114.939

kWh/an



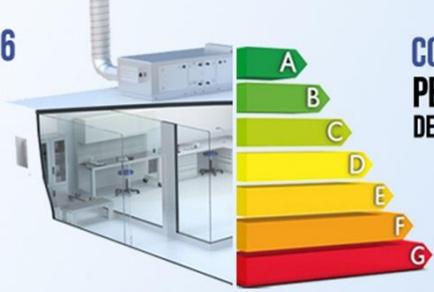
Avant projet: Régime réduit hors occupation





● **L'impact le plus important au stade de l'étude détaillée est lié à la spécification des différents composants**

- **Sélection des filtres**
- **Sélection des ventilateurs, des moteurs**
- **Sélection des groupes de ventilation : vitesse faciale batteries, application des Fan Filter Unit...**
- **Critères de design du gainage**
- **Application de variateurs de vitesse variable sur pompes, ventilateurs, chillers**
- **Chiller à haut rendement**
- **Récupération de chaleur sur condenseur des groupes frigorifiques**
- **Séparation des régimes d'eau glacée pour le refroidissement sensible et pour le refroidissement latent**
- **Approches modulaires en vue d'une modulation de puissance efficiente**
- **Récupération d'énergie centralisée**



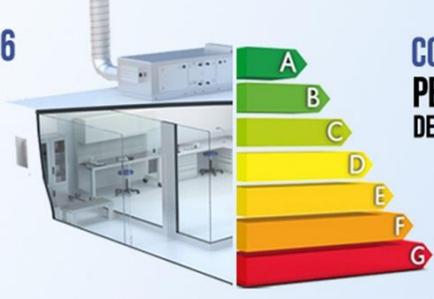
Projet détaillé : Récupérateur d'énergie

Consommation énergétique annuelle (kWh/an)



	Récup. Echangeur à plaques	BASELINE (Récup. à eau glycolée)
■ Déshumidification	77.878	77.878
■ Refroidissement	2.122	2.122
■ Chauffage	66.131	90.717
■ Humidification	54.690	54.690
■ Ventilateur	102.038	114.939

kWh/an



Projet détaillé: Optimisation vitesse et filtration de la CTA

Consommation énergétique annuelle (kWh/an)



	Vit. 1,7 m/s & Filtration optimisée	BASELINE (Vit. 2,1 m/s)
■ Déshumidification	77.878	77.878
■ Refroidissement	2.122	2.122
■ Chauffage	92.756	90.717
■ Humidification	54.690	54.690
■ Ventilateur	97.337	114.939

kWh/an



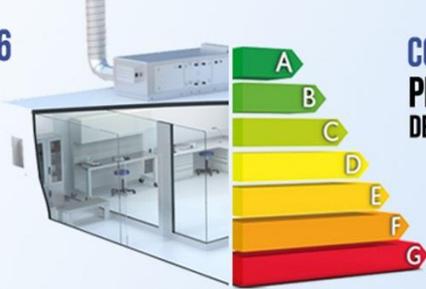
COLLOQUE
PERFORMANCE ENERGETIQUE
DES SALLES
PROPRES

En partenariat avec



● **Un examen consciencieux des différents documents d'exécution est indispensable pour confirmer que les spécifications orientées économies d'énergie ont bien été prises à bord:**

- **Note de calcul : perte de charge,...**
- **Plans d'exécution : vitesse d'air, accessoires...**
- **Fiches techniques : sélection précise, point de fonctionnement, autorité des vannes...**



- Les alternatives techniques en vue d'économies d'énergie ajoutent en général de la complexité, et nécessitent des réglages précis pour produire les résultats escomptés.
- Des plans de commissioning et de qualification seront établis en fonction de différents cas de figure, des différentes configurations potentielles en vue de confirmer les performances

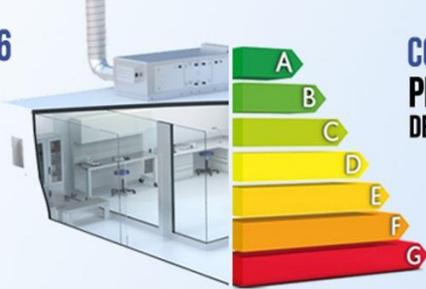


COLLOQUE PERFORMANCE ENERGETIQUE DES SALLES PROPRES

En partenariat avec



- L'installation doit être dotée de tous les outils nécessaires pour permettre une optimisation voire une adaptation en fonction de l'évolution des installations
- Il s'agit de disposer de points de mesure judicieux à raccorder sur une GTC, qui, en complément des autres enregistrements de monitoring permettra de prendre toutes les actions nécessaires
- Des revues annuelles d'équipements, ainsi que l'étalonnage de sondes ayant un impact important sur la consommation d'énergie permettront de corriger régulièrement les dérives progressives des performances.



Conclusion

Une analyse des impacts énergétiques des paramètres critiques des processus et de leurs critères d'acceptation permet d'orienter directement les études des projets vers des solutions énergétiquement plus performantes.

L'industrie s'est dotée d'outils d'analyse de risques permettant de d'évaluer chaque alternative technique proposée, et notamment sur les risques liés à un accroissement éventuel de complexité.

Il subsiste en fait un grand nombre de points d'attention pour l'ingénieur, aux différents stades du projet, qui, point par point, permettront d'assurer l'efficacité énergétique tout au long de la vie des installations.



COLLOQUE
PERFORMANCE ENERGETIQUE
DES SALLES
PROPRES

En partenariat avec
edf ADEME

Best Of

Consommation énergétique annuelle (kWh/an)



	BEST OF	BASELINE
■ Déshumidification	29.279	77.878
■ Refroidissement	22.006	2.122
■ Chauffage	13.819	90.717
■ Humidification	1.389	54.690
■ Ventilateur	53.097	114.939

kWh/an

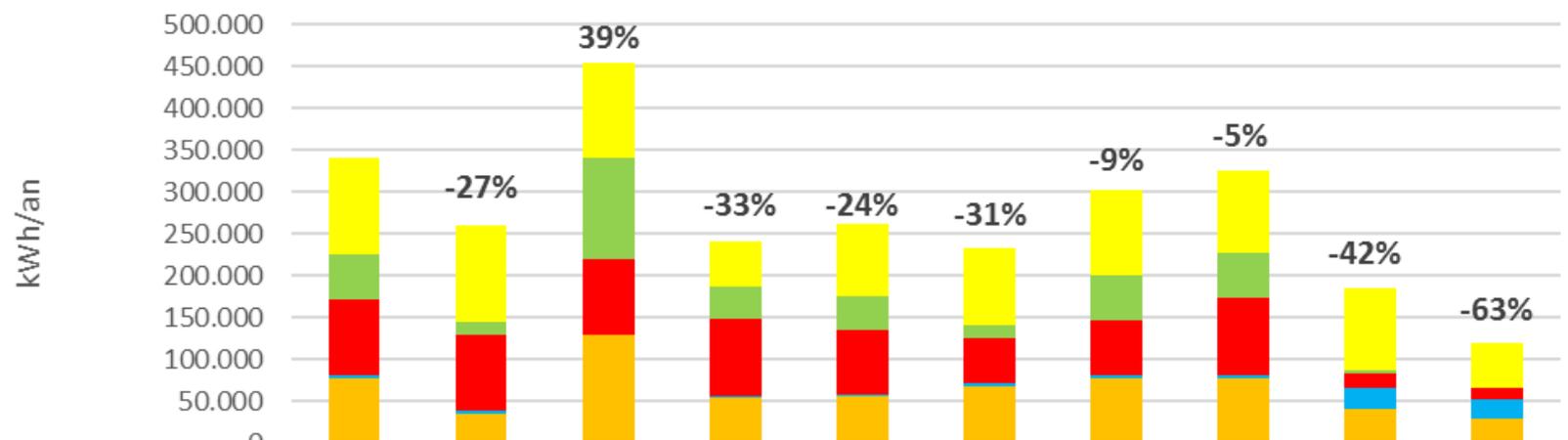
	CTA Baseline	CTA Best Of	
Consommation énergétique	340.346	119.589	kWh/an
	32	11	kWh/(m³/h).an
PRIX de consommation annuel	30.806	11.416	€/an
	2,85	1,06	€/((m³/h).an)
	308	114	€/((m²).an)



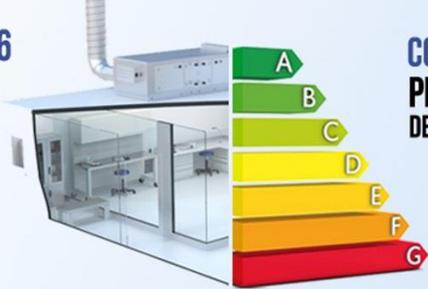
COLLOQUE
PERFORMANCE ENERGETIQUE
DES SALLES
PROPRES

En partenariat avec
edf

Consommation énergétique annuelle (kWh/an)



	BASELIN E	HR 30-70%	HR 50%	STAND-BY	30 vol/h	30% d'air neuf	Ech. Plaques	Vit. 1,7 m/s	Make-Up	BEST OF
Ventilateur	114.939	114.939	114.939	53.321	86.205	91.506	102.038	97.337	98.345	53.097
Humidification	54.690	15.476	119.888	37.607	41.017	16.293	54.690	54.690	5.516	1.389
Chauffage	90.717	90.717	90.717	93.273	76.940	53.371	66.131	92.756	16.826	13.819
Refroidissement	2.122	3.248	786	2.443	2.229	4.921	2.122	2.122	24.983	22.006
Déshumidification	77.878	35.353	128.941	53.256	55.301	66.746	77.878	77.878	40.130	29.279



● Choix du système HVAC a un impact majeur sur les coûts énergétiques:

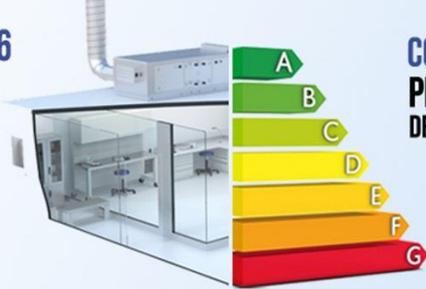
- Système tout Air Neuf
- Système avec Make-up alimentant des groupes en recyclage
- Système free-cooling
- Système avec By-pass
- Fan Filter Unit

● Choix d'une configuration optimale sur base d'une évaluation des consommations annuelles en terme de :

- Eau chaude préchauffe / Eau chaude post chauffe
- Humidification
- Eau glacée refroidissement / Eau glacée déshumidification
- Electricité : ventilateur, groupe de production de froid et éventuellement humidification



- **Examen de toutes les possibilités de récupération de l'énergie excédentaire des salles blanches vers d'autres utilisateurs :**
 - **Différents niveaux de température en froid : eau glacée, eau glycolée, eau de tour de refroidissement**
 - **Optimisation de ces régimes de température d'eau de chauffage et d'eau glacée en fonction des possibilités de récupération de chaleur**
 - **Recours à l'eau de tour de refroidissement**
 - **Production de vapeur électriquement ou par chaudière centrale ou locale**
 - **Production d'eau glycolée pour la déshumidification avec condenseur sur eau glacée**



● **L'impact le plus important au stade de l'étude détaillée est lié à la spécification des différents composants**

- **Sélection des filtres**
- **Sélection des ventilateurs, des moteurs**
- **Sélection des groupes de ventilation : vitesse faciale batteries, application des Fan Filter Unit...**
- **Critères de design du gainage**
- **Application de variateurs de vitesse variable sur pompes, ventilateurs, chillers**
- **Chiller à haut rendement**
- **Récupération de chaleur sur condenseur des groupes frigorifiques**
- **Séparation des régimes d'eau glacée pour le refroidissement sensible et pour le refroidissement latent**
- **Approches modulaires en vue d'une modulation de puissance efficiente**
- **Récupération d'énergie centralisée**