

PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE EN AMBIANCES PROPRES

**SALLES PROPRES,
ENVIRONNEMENTS MAÎTRISÉS
& ZONES DE CONFINEMENT**

" Toute reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite ; il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction par un art ou un procédé quelconque" (loi du 11 mars 1957 – article 40 – alinéas 1 et 2)

" Est également un délit de contre-façon toute reproduction ou diffusion, par quelque moyen que ce soit, d'une œuvre de l'esprit en violation des droits de l'auteur, tels qu'ils sont définis et réglementés par la loi" (loi du 11 mars 1957 – article 71 / article 426 du Code Pénal).

" Seules les copies ou reproductions réservées à l'usage privé et non destinées à une utilisation collective sont autorisées ainsi que les courtes citations à caractères d'informations; sous réserve que soient indiqués clairement le nom de l'auteur et la source" (extraits de loi du 11 mars 1957 – article 41 – alinéas 2 et 3).

REMERCIEMENTS

Ce guide est issu des travaux d'une équipe d'experts multidisciplinaires.

COORDINATION

Hélène Rivière, *ADEME*

Jean-Paul Rignac, *EDF R&D*

Sylvie Vandriessche, *ASPEC*

COMITÉ DE RÉDACTION

Le comité de rédaction a été piloté par :
Sylvie Vandriessche, *ASPEC*

Badrig Baghdikian, *AIR CONSULT ENGINEERING*

Vincent Barbier, *NNE PHARMAPLAN*

Olivier Carnaby, *SANOFI, Site de Compiègne*

Patrice Castel, *AP-HP Hôpitaux*

Universitaires Est Parisien, *Hôpital Tenon*

Jean-Jacques Cathelineaud, *DENCO HAPPEL*

Pierre Di Credico, *ENGIE*

Romain Fournier, *PIERRE FABRE*

Dermo-cosmétique – Avène

Alix Goossens, *AIR CONSULT ENGINEERING*

Jean-Marc Hanna, *LUCISBIO*

Philippe Hoest, *CIPHE Marseille*

Denis Lopez, *CHU Bordeaux –*

Hôpital du Haut Lévéque

Denis Osbert, *BECTON DICKINSON*

Jean-Noël Philippe, *HYDRONIC-CARRIER*

Laurent Poirier, *PHOENIX CONTROL*

Frédéric Salanson, *EDF*

Guy Tajouri, *ERTEC*

Richard Vallin, *ENGIE*

Jean-Michel Vanhée, *CAMFIL*

Jean-Luc Vegas, *AP-HP Hôpitaux*

Universitaires Est Parisien, Hôpital TENON

Bénédicte Ballot-Miguet,

EDF R&D (relecture sur les groupes froids)

Nicolas Bau, *TRANE (relecture sur les groupes froids)*

Simon Bedouelle, *SIA*

Emmanuel Dupas, Serge Letallieur, Eric

Stievenart, Az-Eddine Khalfi, *DALKIA*

Delphine Faye, *CNES (secteur spatial)*

Abraham Guez, *BABCOCK WANSON*

(relecture sur les chaudières)

Michel Havet, *ONIRIS (relecture secteur IAA)*

José Hernandez Blancarte, *EDF R&D*

(relecture sur le suivi des performances)

Jean-Christophe Honart, *AP-HP Hôpitaux*

Universitaires Est Parisien

David Huffs Schmidt, *CLAUGER (secteur IAA)*

Marianne Le-Boulch, *EDF R&D*

(relecture sur les chaudières)

Sandrine Lacombe, *ADEME*

Edith Patissier, *CLAUGER (secteur IAA)*

André Reines, *THALES PALAISEAU*

Younna Romitti, *CETIAT*

Marie-France Tayeb, *PHARMADEC (secteurs pharmaceutique et cosmétique)*

Alain Valorge, *NEOBIOWAY*

(secteur des dispositifs médicaux)

CRÉDIT PHOTO

L'ASPEC remercie vivement les organismes et sociétés suivants pour le prêt des photos et des illustrations de ce guide :

CAMFIL, CHU Bordeaux, CLAUGER,

DENCO HAPPEL, EDF, Groupement des

Hôpitaux de l'Est Parisien (Hôpital TENON),

MUNTERS, PHOENIX CONTROL,

SANOFI Compiègne, STMicroelectronics.

COMITÉ DE RELECTURE :

Nathalie Armand, Philippe Carencio,

Hélène Boulestreau, Laurence Badrikian,

SF2H, Société Française d'Hygiène

Hospitalière (domaine sur les

établissements de santé)

Marc Bachmann, *EDF R&D (relecture*

sur les éclairages)



L'ADEME en bref

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer et du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

www.ademe.fr

PRÉFACE

L'industrie est le troisième secteur consommateur d'énergie en France avec environ 20 % de l'énergie finale consommée sur le territoire. Dans le cadre de ses missions, l'ADEME apporte un soutien au développement et à la diffusion de technologies ou de bonnes pratiques permettant de réduire les consommations énergétiques dans l'industrie.

Les secteurs économiques qui utilisent des salles propres, des environnements maîtrisés ou des zones de confinement sont multiples et hétérogènes : microélectronique, spatial, automobile, pharmaceutique, dispositifs médicaux, cosmétiques, industrie agro-alimentaire, établissements de santé.

Tous ces secteurs ont en commun **une problématique transverse de maîtrise de leur conditionnement d'ambiance** avec des spécifications à respecter liées à des réglementations et à des normes permettant de garantir la sécurité, l'hygiène, la qualité des produits, des activités et des services. Par ailleurs, le profil énergétique des organisations ayant recours à des ambiances propres a la particularité de présenter un talon énergétique important, c'est-à-dire une consommation énergétique ne dépendant pas d'un indicateur d'activité.

Cependant même si les ambiances propres sont exploitées dans ce contexte contraint, il existe de nombreuses pistes d'économie d'énergie accessibles en agissant sur la conception, l'exploitation et la maintenance des systèmes.

Pour l'ADEME il était donc tout à fait pertinent de soutenir la réalisation de ce guide par les experts de l'ASPEC, en partenariat avec EDF R&D.

Le référent énergie y trouvera un rappel des contraintes sur les paramètres de fonctionnement liés à son secteur, une méthode pour évaluer la performance de son système, un catalogue de pistes d'actions d'économie d'énergie et des études de cas qui constituent des exemples à suivre. **Dans ce catalogue, de nombreuses pistes sont à coût d'investissement réduit.**

Cette première édition sera également un outil de dialogue entre différents secteurs sur une problématique transverse.

Sylvie Padilla

Responsable du Service Entreprises et Éco-Technologies

ADEME- Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie



Pour la prévention et l'étude
de la contamination

ASPEC © novembre 2016

64 rue nationale

75013 PARIS

ISBN 978-2-910218-20-1

INDEX ANNONCEURS

ALTERGIS INGÉNIERIE.....	180
BM-ENGINEERING.....	180
DENCO HAPPEL.....	3 ^e de couverture
ERMAFLUX.....	3 ^e de couverture
ERTEC.....	2 ^e de couverture
PYC ÉDITION/PROCESS PROPRE.....	11

Mise en garde

L'insertion d'encarts publicitaires dans le présent guide et le contenu des messages qui y figurent demeurent sous la responsabilité de son annonceur et ne sauraient être interprétés comme un soutien et une caution accordés par l'ADEME.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	13
CHAPITRE 1 PRÉSENTATION DES TROIS DOMAINES : SALLES PROPRES, ENVIRONNEMENTS MAÎTRISÉS, ZONES DE CONFINEMENT	16
1 Introduction aux trois domaines	17
2 Salles propres en industrie	22
2.1 Secteur microélectronique	22
2.1.1 Enjeux	22
2.1.2 Contaminants pris en compte	22
2.1.3 Classes de propreté de l'air typiques en microélectronique	25
2.1.4 Solutions techniques et spécificités du secteur	25
2.2 Secteur de l'industrie spatiale	27
2.2.1 Enjeux	27
2.2.2 Contaminants pris en compte	28
2.2.3 Classes de propreté particulaire typiques en spatial	28
2.2.4 Solutions techniques et spécificités du domaine spatial	28
2.3 Secteur automobile (cabines de peinture)	29
2.3.1 Enjeux	29
2.3.2 Contaminants pris en compte	30
2.3.3 Classes de propreté particulaire de l'air typiques en automobile	30
2.3.4 Solutions techniques et spécificités de la filière automobile	30
2.4 Secteur de l'industrie pharmaceutique	31
2.4.1 Enjeux	31
2.4.2 Contaminants pris en compte	31
2.4.3 Classes de propreté typiques en industrie pharmaceutique	32
2.4.4 Solutions techniques et spécificités en industrie pharmaceutique	32
2.5 Secteur industriel des Dispositifs Médicaux (DM)	33
2.5.1 Enjeux	33
2.5.2 Contaminants pris en compte	35
2.5.3 Classes de propreté particulaire typiques en dispositifs médicaux	35
2.5.4 Solutions techniques et spécificités de la filière Dispositifs Médicaux	36
2.6 Secteur de l'industrie cosmétique	37
2.6.1 Enjeux	37
2.6.2 Contaminants pris en compte	37
2.6.3 Applications en environnement maîtrisé	37
2.6.4 Solutions techniques et spécificités de la filière cosmétique	37
2.7 Secteur de l'industrie agroalimentaire (IAA)	38
2.7.1 Enjeux	38
2.7.2 Contaminants pris en compte	39
2.7.3 Applications en industrie agroalimentaire	41
2.7.4 Solutions techniques et spécificités de la filière IAA	42
3 Environnements maîtrisés en établissements de santé	45
3.1 Enjeux	45
3.2 Contaminants pris en compte	46
3.3 Classes de risques et classes de propreté particulaire en établissements de santé	47
3.4 Solutions techniques et spécificités des établissements de santé	47
4 Zones de confinement (soumises à dépression)	50
4.1 Zones de confinement à risques biologiques versus zones de bioexclusion	51
4.1.1 Zones de bioexclusion	51
4.1.2 Zones de bioconfinement	54
4.2 Zones de confinement à risques chimiques	56
4.2.1 Enjeux	56
4.2.2 Contaminant pris en compte	57
4.2.3 Classe de propreté particulaire	57
4.2.4 Solutions techniques et spécificités	58

CHAPITRE 2 REGLEMENTATION

ET TEXTES DE RÉFÉRENCE 60

1 Performances particulières, microbiologiques et aérauliques attendues	61
1.1 Classe de propreté particulière de l'air selon la norme NF EN ISO 14644	61
1.2 BPF applicables aux salles propres en industrie pharmaceutique	62
1.3 Norme NF EN ISO 14644-4 applicable aux salles propres	62
1.4 Norme NF S 90351 applicable aux environnements maîtrisés en établissements de santé	64
2 Éléments généraux sur la consommation d'énergie	65
2.1 Un audit énergétique obligatoire en industrie	65
2.2 BREF	65
2.3 Mesures incitatives	65
2.3.1 Les aides de l'ADEME	65
2.3.2 Les certificats d'économie d'énergie (CEE)	65
2.3.3 Autres mesures incitatives	66
2.4 Référent Energie	66
2.5 Management et gestion de l'énergie selon ISO 50001	66
2.6 Audits énergétiques selon la norme EN 16247	67
3 L'état actuel réglementaire et normatif concernant les économies d'énergie dans les trois domaines	68
3.1 Règlement européen n°1253/2014 (Unités de Ventilation Double Flux ou UVDF)	68
3.2 Économies d'énergie, selon NF EN ISO 14644-4, applicable à toute salle propre	69
3.3 Économies d'énergie, selon NF S 90351, pour les établissements de santé	69
3.4 Autres références internationales	71

CHAPITRE 3 L'ENERGIE EN AMBIANCES

PROPRES 72

1 Tendances et enjeux en ambiances propres	73
1.1 Leviers principaux pour réaliser des économies d'énergie dans les trois domaines	73
1.2 Points de vigilance/ freins	73
1.3 Importance de la spécification des besoins en ambiances propres	74
1.4 Axes d'amélioration de la performance énergétique	75
2 Les consommations d'énergie dans les trois domaines	76
2.1 Méthodologie pour estimer les consommations énergétiques	76
2.2 Exemple de fiche de collecte des données	78
2.3 Résultats des enquêtes site : cas pratiques	79
2.3.1 Industrie micro-électronique	79
2.3.2 Industrie spatiale et aéronautique	80
2.3.3 Industrie automobile et plasturgie	81
2.3.4 Industrie pharmaceutique	82
2.3.5 Dispositifs Médicaux (DM)	84
2.3.6 Industrie cosmétique (dermo-cosmétique)	85
2.3.7 Industrie agroalimentaire (IAA)	85
2.3.8 Sous-traitance pour l'ensemble des filières « Salles propres »	86
2.3.9 Établissements de santé	86
2.3.10 Synthèse des cas pratiques	88
3 Estimations portant sur la consommation énergétique des salles propres et des environnements maîtrisés	89

CHAPITRE 4 PRÉCONISATIONS

POUR UNE MEILLEURE PERFORMANCE

ENERGETIQUE

1	Schémas de principe d'une installation	91
2	Production centralisée	92
2.1	Groupes froids (GF)	93
2.1.1	Composition des GF	93
2.1.2	Coefficients d'efficacité énergétique EER et ESEER	93
2.1.3	Définition des besoins pour les études de dimensionnement	93
2.1.4	Différents types de groupes froids	94
2.1.5	Synthèse sur les choix de compresseur	97
2.1.6	Préconisations d'efficacité énergétique sur les GF	97
2.1.7	Synthèse des préconisations de l'ADEME sur les groupes froids	98
2.2	Chaudières et chaufferie	98
2.2.1	Chaudière à tubes d'eau ou de fumée (à gaz ou au fuel)	100
2.2.2	Chaudière à condensation (à gaz ou au fuel)	100
2.2.3	Chaudière vapeur utilisée pour le process	101
2.2.4	Préconisations sur les chaudières	101
2.2.5	Synthèse des préconisations de l'ADEME sur le chauffage	102
2.3	Pompe à chaleur pour production de chaud ou de froid	102
2.4	Thermofrigopompes (production simultanée de chaud et de froid)	102
3	Réseaux hydrauliques	104
3.1.1	Pompes	105
3.1.2	Isolation	105
3.1.3	Tuyaux (matériaux, forme, etc.)	105
3.1.4	Synthèse des préconisations ADEME sur le pompage	106
4	Centrales de traitement d'air (CTA)	106
4.1	Descriptif des différents systèmes	106
4.2	Air neuf entrant dans la CTA	108
4.3	Ventilateurs	109
4.3.1	Centrifuge double ouïe	110

4.3.2	À roue libre (simple ouïe)	110
4.4	Humidificateur	110
4.5	Déshumidificateur	112
4.6	Filtration	113
4.6.1	Impact des filtres sur la performance énergétique de l'installation	114
4.6.2	Classement énergétique des filtres à air	116
4.6.3	Optimisation énergétique de la filtration préparatoire (CTA)	116
4.6.4	Optimisation énergétique de la filtration EPA, HEPA, ULPA	118
4.6.5	Caissons-filtres	119
4.7	Récupération d'énergie	120
4.7.1	Échangeurs à plaques	120
4.7.2	Échangeurs batterie à eau glycolée	122
4.7.3	Échangeur à roue thermique (non utilisé en salles propres)	124
4.8	Régulation	124
4.8.1	Analyse fonctionnelle	124
4.8.2	Capteurs	125
4.8.3	Actionneurs	125
4.8.4	Régulateur	126
4.9	Simulation de performances énergétiques pour une CTA	127
5	Réseaux aérauliques	130
5.1	Conduits	131
5.2	Étanchéité des réseaux aérauliques	131
5.3	Isolation	131
5.4	Filtration	131
5.5	Diffuseurs de soufflage	131
5.6	Locaux techniques	131
6	Enceinte de la salle propre (enveloppe)	132
6.1	Plafond, cloisons, sol	132
6.2	Portes	132
6.3	Isolation	132
6.4	Étanchéité	132
6.5	Ouvertures spécifiques	132
6.6	Eclairage	133
7	Zone process de la salle propre	134
7.1	Mini-environnements (zone protégée autour du process)	134
7.2	Extractions thermiques du process	135
7.3	Extractions des polluants (cas des sorbonnes)	135

8	Exploitation, maintenance et maintien des performances en salle propre vis-à-vis de l'engagement énergétique	136
8.1	Outils de mesure de la performance énergétique (logiciels de gestion énergétique)	136
8.2	Mise en service	137
8.3	Gestion/Exploitation	138
8.4	Suivi des performances	138
8.5	Maintenance	139

CHAPITRE 5 RETOURS D'EXPÉRIENCE D'ACTIONS MDE

1	MDE en établissements de santé	143
2	MDE en industrie pharmaceutique	148
3	MDE en industrie dermo-cosmétique	149
4	MDE en spatial	149
5	Pistes MDE en simulation	149
5.1	Simulation numérique CFD	149
5.2	Simulation numérique des consommations énergétiques	150

CHAPITRE 6 SYNTHÈSE

1	Préconisations en production chaud/froid et distribution hydraulique	153
2	Préconisations pour la CTA	154
2.1	Préconisations génériques à toute CTA	154
2.2	Préconisations spécifiques aux CTA des salles propres	155
3	Préconisations en distribution aéraulique	156
3.1	Préconisations génériques à tout réseau aéraulique	156
3.2	Préconisations spécifiques aux réseaux aérauliques de salles propres	156

4	Préconisations en conception/ utilisation/contrôle et maintenance	156
4.1	Préconisations génériques à toute installation	156
4.2	Préconisations spécifiques aux salles propres	157
5	Conclusion	159

CHAPITRE 7 ANNEXES

1	Performances mécaniques des caissons de traitement d'air (selon NF EN 1886)	161
2	Puissance spécifique du ventilateur (selon NF EN 13779)	161
3	Classes de récupération de chaleur	163
4	Classification des filtres	163
5	Étanchéité des conduits aérauliques	164
6	Étanchéité des registres	165
7	Contrat de performance énergétique	165

CHAPITRE 8 ABREVIATIONS ET ORGANISMES INSTITUTIONNELS

1	Abréviations	167
2	Organismes institutionnels	169

CHAPITRE 9 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1	Textes réglementaires	171
2	Normes	173
3	Ouvrages, guides et recommandations	175
4	Revues et publications scientifiques	177

ProcessPropre.fr

Le site des professionnels de l'ultrapropreté

Des dossiers thématiques
sur les grands enjeux du métier

Tous les produits
classés par catégorie



Toute l'actualité
de la profession

Les archives
de la revue
Salles Propres

Les événements
à ne pas manquer

www.processpropre.fr

Le site de la revue Salles Propres

L'accès aux archives, à certains articles ou ressources métiers nécessite la souscription d'un abonnement à la revue Salles Propres. Contactez-nous au 01 53 26 48 00 pour en savoir plus ou rendez-vous sur www.processpropre.fr

**PAS ENCORE ABONNÉ
À SALLES PROPRES ?
ABONNEZ-VOUS EN LIGNE**