

BRISE

GUIDE DES BRASSEURS D'AIR

TABLE DES MATIÈRES

CONTEXTES

INTRODUCTION

LE PROGRAMME OMBREE 4

PARTIE 1.

UNE ÉQUIPE ENGAGÉE 5

PARTIE 2.

HISTOIRE DES BRASSEURS
D'AIR PLAFONNIERS 10

PARTIE 3.

QUELS CHAMPS D'APPLICATION ? 14

PARTIE 4.

LES ENJEUX DE SOBRIÉTÉ
ET D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE
DANS LES TERRITOIRES
ULTRA-MARINS 22

SOLUTIONS POUR LES CONCEPTEURS

PARTIE 5.

QU'EST-CE QUE LE CONFORT
THERMIQUE D'UN BÂTIMENT ? 33

PARTIE 6.

COMMENT LE BRASSEUR D'AIR
PLAFONNIER APORTE
DU CONFORT ? 38

PARTIE 7.

CHOIX DE CONCEPTION 45

PARTIE 8.

PERFORMANCES DES BAP 53

PARTIE 9.

IMPLANTATION ET
POSITIONNEMENT DANS L'ESPACE 60

PARTIE 10.

PRESCRIPTIONS POUR
LES MAÎTRES D'OUVRAGES
ET MAÎTRES D'ŒUVRE 66

plus d'infos et téléchargement du guide sur :
www.guide-brise.org

RÈGLES DE L'ART POUR LES INSTALLATEURS

| | |
|------------------------------------|-----|
| PARTIE 11. | |
| SÉCURITÉ, RISQUES SANITAIRES | 70 |
| PARTIE 12. | |
| HAUTEURS SOUS PLAFOND | 87 |
| PARTIE 13. | |
| ANCRAGE ET FIXATIONS | 88 |
| PARTIE 14. | |
| PRESCRIPTIONS ACOUSTIQUES | 93 |
| PARTIE 15. | |
| NOTICE D'INSTALLATION GÉNÉRIQUE | 101 |

CLÉS POUR LES UTILISATEURS

| | |
|--|-----|
| PARTIE 16. | |
| TRAITEMENTS CLIMATIQUES DES ESPACES | 106 |
| PARTIE 17. | |
| NOTIONS DE COÛTS, AIDES PUBLIQUES ET PRIMES EDF | 118 |
| PARTIE 18. | |
| COMMENT PROFITER LONGTEMPS DE SON INSTALLATION ? | 123 |
| PARTIE 19. | |
| GUIDE DE DÉPANNAGE | 127 |
| PARTIE 20. | |
| QUESTIONS FRÉQUENTES | 127 |
| PARTIE 21. | |
| LIENS | 135 |

LE PROGRAMME OMBREE

Lancé en 2020, le programme OMBREE est dédié aux professionnels ultramarins de la construction.

L'AQC (Agence Qualité Construction) assure le portage et le pilotage en s'appuyant sur 4 partenaires locaux pour sa mise en œuvre: KEBATI en Martinique, AQUAA en Guyane, la SPL Horizon à La Réunion et le CAUE pour la Guadeloupe.

L'objectif du programme OMBREE est de participer à la réduction des consommations d'énergie, via des actions de sensibilisation, d'information et de formation.

Le programme vise également à favoriser les échanges et les collaborations inter-outramer, en s'appuyant sur des initiatives déployées en Guadeloupe, Guyane, Martinique, à La Réunion et à Mayotte.



OMBREE

Programme inter Outre Mer
pour des Bâtiments Résilients
et Économes en Énergie

Retrouvez plus d'informations sur <https://batiments-outremer.fr/>

AU CŒUR DU PROGRAMME

- La valorisation des ressources et des savoir-faire locaux disponibles;
- Le développement de nouveaux outils et d'actions de sensibilisation des professionnels;
- La mise en place d'un incubateur de projets pour permettre aux acteurs locaux de déployer leur propre projet, en lien avec la maîtrise de l'énergie dans les bâtiments.



Un des atouts du programme est la mise en commun des expertises ultramarines.

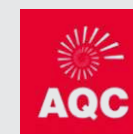
Le projet B-AIR fait partie des 10 projets lauréats du programme OMBREE 1. Il a pour objectif la conception et la diffusion d'un guide pour

l'utilisation des brasseurs d'air, le guide BRISE, comme solutions efficaces de confort en climat tropical ou, en saison chaude, en climat tempéré.



Typologie A

Actions d'information,
sensibilisation et formation



Agence qualité
construction

Pilote le programme



Cofinancent le projet
avec les partenaires associés:
Région Guadeloupe, Deal

UNE ÉQUIPE ENGAGÉE

La réalisation de ce guide a été rendue possible par le travail d'équipe de quatre professionnels du bâtiment: Robert CELAIRE (ingénieur bioclimaticien, Maître de Conférences à l'ENSAM et membre du LIFAM), Laurent SÉAUVE (ingénieur), Vincent PRIORI (ingénieur) et Marjorie SINCZAK (architecteHMONP). Depuis de nombreuses années, ils prescrivent la mise en œuvre de **brasseurs d'air plafonniers** comme une solution efficace pour apporter du confort thermique à moindre coût environnemental et financier en climat tropical, équatorial ainsi qu'en saison chaude pour les pays tempérés.



GENÈSE DU PROJET

L'histoire pourrait commencer dans les années 1980, avec l'édition française d'un ouvrage de référence en matière de confort thermique, « L'homme, l'architecture et le climat » de Baruch GIVONI. Publié aux éditions du Moniteur en 1978, qui met en évidence et valide expérimentalement l'influence du déplacement de l'air sur le confort ressenti en période chaude.

Certains membres de l'équipe valorisent ces recherches dans leur travail en zone tropicale dès le milieu des années 1980. Il écrivent puis contribuent à la diffusion des prescriptions du label ECODOM, le premier référentiel de conception bioclimatique prescrivant des brasseurs d'air en France. Ce label préfigurera la RTAA DOM (la première réglementation thermique ultramarine) mise en application en 2009 (35 ans après la première réglementation de l'Hexagone : la RT 1974). Au même titre qu'ECODOM, d'autres guides de prescriptions ont été réalisés dans les DOM notamment en Guyane et à la Réunion sur le confort, l'efficacité énergétique des bâtiments et la qualité environnementale

En Nouvelle-Calédonie et en Polynésie, Pays d'Outre-Mer (POM), les guides Ecocal et Ecopol ont grandement contribué aux chantiers réglementaires dans le domaine du confort et de l'efficacité énergétiques des bâtiments.

Pendant plusieurs décennies, nous avons regretté la dévalorisation de l'image des brasseurs d'air par des produits d'entrée de gamme aux caractéristiques techniques et aux qualités de mise en œuvre souvent insuffisantes. Dans les Outre-mer, au sein de nombreux espaces, la climatisation a désormais supplanté les solutions bioclimatiques. La majorité des bâtiments tertiaires en sont désormais équipés et, depuis les années 2010, la majorité des chambres des logements également (aux Antilles notamment).

Le guide BRISE souhaite modestement contribuer à redonner une place plus légitime au brasseur d'air plafonnier, un équipement qui, dans des bâtiments construits en prenant en compte le contexte climatique, environnemental et social, apporte du confort thermique à moindre coût écologique, financier et sociétal.

Ces brasseurs d'air ont pour vocation d'être installés dans tous les espaces bâtis recevant des occupants, en alternative à la climatisation ou de manière complémentaire à celle-ci (saisonnaire ou journalière), dans le but de parvenir à une utilisation plus sobre de cette dernière et à son moindre dimensionnement.

Cet ouvrage propose une lecture scientifique, technique mais aussi pratique et expérimentale des apports du brasseur d'air plafonnier.

Cet équipement se veut frugal, apporteur de confort thermique dans tous types de bâtiments. Idéalement il sera conçu et installé en complémentarité avec une conception architecturale bioclimatique globale qui donne alors tout son sens à cet équipement.

Ce guide est réalisé en toute indépendance des fournisseurs d'énergie et ne comporte pas de considérations commerciales visant à promouvoir un fabricant ou une marque de brasseurs d'air en particulier.



LE GROUPEMENT LAURÉAT DU PROJET B-AIR



EQUINOXE, qui est le mandataire du projet, est un bureau d'études spécialisé en énergie-environnement, basé en Guadeloupe depuis 28 ans.

Laurent Séauve, ingénieur, en est le directeur ; il a notamment largement contribué à la diffusion d'ECODOM aux Antilles.



Robert Celaire est ingénieur-conseil, spécialiste, depuis le début des années 1980, de la conception bioclimatique dans tous les climats notamment en zone tropicale. Il est également Maître de Conférences à l'ENSAM et membre du LIFAM. Il fait partie, entre autres, des initiateurs, concepteurs et auteurs du label ECODOM.



Marjorie Sinczak est architecte HMONP. Elle a, depuis le début de sa carrière, travaillé dans un contexte tropical, d'abord en Guadeloupe, puis en Polynésie où elle participe à la diffusion et à la mise en place de solutions bioclimatiques tropicales dans des bâtiments qui se veulent situés et sobres.



Depuis 1986, INDDIGO est une entreprise de conviction, innovante et indépendante. Elle accompagne les acteurs publics et privés dans le cadre de démarches environnementales, de la stratégie à la mise en œuvre, à toutes les échelles, des grands territoires aux équipements. **Vincent Priori** est un collaborateur de l'agence Inddigo à Marseille

Cette équipe pluridisciplinaire a rassemblé ses compétences et convictions pendant plusieurs mois pour produire ce guide.

Elle s'est néanmoins entourée d'autres professionnels pour répondre plus précisément à quelques thématiques.

D'AUTRES PARTICIPANTS AU GUIDE

- **Benoit Ramos** (architecte-acousticien) et **Solal Bouchet** (ingénieur acousticien) ont apporté leur expertise en matière d'acoustique.
- **Alpes Controles** (bureau de contrôle technique du bâtiment) a permis de clarifier les exigences réglementaires sur le sujet.
- **ETOM LDdom** a réalisé l'enquête grand public qui a confirmé les besoins de connaissances des utilisateurs sur les brasseurs d'air.
- **Le collectif Les Poulets Bicyclettes** a réalisé le graphisme et la mise en page de ce guide ainsi que le site internet.

COLLABORATION AVEC LE PROJET BRASSE



Notre équipe a collaboré avec le projet BRASSE relatif à la caractérisation scientifique des performances des brasseurs d'air plafonniers. Cette collaboration a notamment

porté sur l'enquête réalisée auprès des professionnels qui s'avère riche d'enseignements.

Toutefois le contenu du présent guide n'engage aucunement la responsabilité de l'équipe du projet BRASSE.

LES CONTRIBUTEURS ET CO-FINANCEURS

B Brasseurs
R Recommandations
I Information
S Sensibilisation
E Expérience

Le groupement remercie l'ensemble des contributeurs qui ont bien voulu gracieusement témoigner de leur expérience de mise en œuvre des brasseurs d'air. Ils sont représentatifs de la diversité des acteurs du bâtiment et nous ont chacun apporté un point de vue nous permettant d'éclairer le bon usage des brasseurs d'air.

Le Groupement remercie également vivement :

- **Léo George** (ingénieur INDDIGO) pour sa contribution efficace.
- **Violette Vandercoille** (ingénieure EQUINOXE) et **Aurélie Delorme** pour leur soutien et relectures attentives.
- **Les équipes d'EDF Archipel Guadeloupe**, et notamment **Thoïne Nebot**, pour son impulsion décisive.
- **Les cofinanceurs du programme OMBREE**, EDF « partenaire obligé », l'AQC et enfin l'ADEME et sa Direction Régionale en Guadeloupe.
- **Jacques Gandemer**, expert des solutions aérauliques, pour ses apports scientifiques sur l'efficacité des équipements ainsi que pour la mise à disposition d'illustrations.



Voir les témoignages
et les entretiens en vidéo
sur le site.

HISTOIRE DES BRASSEURS D'AIR PLAFONNIERS

PARTIE 2

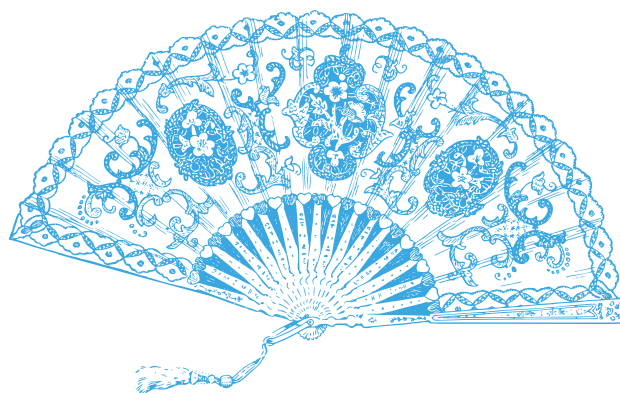


LE BRASSEUR D'AIR: UNE TECHNIQUE ANCESTRALE OUBLIÉE

Utiliser une feuille, un éventail ou un outil quelconque, afin de générer un flux d'air permettant d'apporter de la fraîcheur est une pratique séculaire.



Pour les brasseurs d'air plafonniers en particulier, les premiers systèmes sont probablement les ventilateurs de plafond de type Punkah, très souvent manuels. Mis au point vers 1500 en Inde et au Moyen-Orient, ces canevas rectangulaires recouvraient des cadres suspendus, mus d'avant en arrière par une corde à laquelle était suspendue un contrepoids.



De gauche à droite, de haut en bas:

La Dame en bleu—Camille Corot—1874—Musée du Louvre.

Situle apule a figures rouges, femme a l'éventail. Ganymede (330-320 avant JC. Milan, Civico Museo Archeologico, Collezione Lagioia © Mondadori Portfolio/Electa/ Paolo e Federico Manusardi/ Bridgeman Images.

Salle d'audience Vietnamiennne env. 1885. © Alinari Archives.

Éventail © DR.

Une femme lisant sous un punkah, 1863. Wikimedia Commons.



© Source Diehl Manufacturing Co.

Les premiers ventilateurs de plafond rotatifs sont apparus au début des années 1860 et 1870 aux États-Unis. À cette époque, ils n'étaient pas alimentés par un courant électrique mais par des courroies, un réseau d'eau ou encore de la vapeur d'eau.

Le premier ventilateur de plafond électrique date de 1882 et du détournement par Philippe Diehl du moteur qu'il avait inventé à l'origine pour les machines à coudre Singer.

Il a ensuite continué à apporter des améliorations à son invention et a créé un kit d'éclairage adapté au ventilateur de plafond pour combiner les deux fonctions en une seule unité. A partir de 1914, des modèles 4 pales, contre 2 à l'origine, sont apparus.

Les premières entreprises du début du 20^e siècle qui ont commercialisé avec succès la vente de ventilateurs de plafond aux États-Unis étaient Hunter Fan Company, Robbins & Myers, Century Electric, Westinghouse Corporation et Emerson Electric.

Dans les années 1920, les ventilateurs de plafond sont devenus monnaie courante aux États-Unis et ont commencé à s'imposer à l'échelle internationale. De la Grande Dépression des années 1930, jusqu'à l'introduction de la climatisation électrique dans les années 1950, l'usage des ventilateurs de plafond s'est lentement infléchi aux États-Unis, tombant presque en désuétude totale dans les années 1960; ceux qui restaient étaient considérés comme des objets symboles d'une nostalgie passéiste.

Durant la même période, les ventilateurs de plafond sont devenus très populaires dans d'autres régions, comme l'Inde ou le Moyen-Orient.

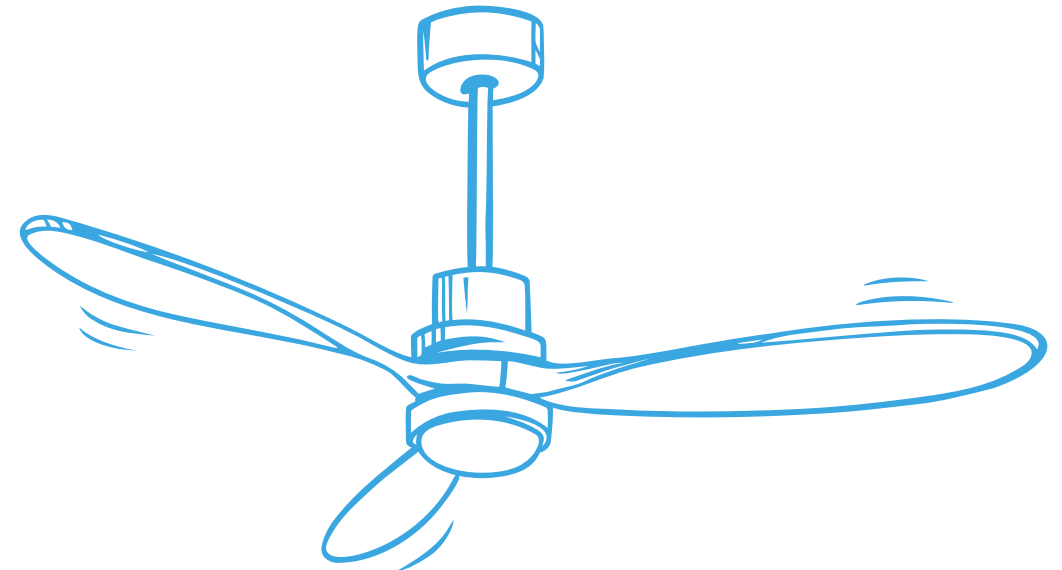
De nos jours, de nombreux nouveaux fabricants, grâce à un design revisité et à l'apparition des moteurs à courant continu apportent « un vent nouveau » sur ces équipements et ce depuis une quinzaine d'années.



En Guadeloupe, la grande salle de la résidence départementale du Gosier est équipée d'un système de ventilation mécanique original par éventails oscillants.



Résidence
Départementale
du Gosier
(Guadeloupe)



QUELS CHAMPS D'APPLICATION ?

TERRITOIRES ET CLIMATS

PARTIE 3

Vue aérienne de la partie sud de Mayotte.

Notre domaine d'étude, le rafraîchissement par ventilation artificielle, intéresse principalement la zone intertropicale et particulièrement les territoires ultramarins, délimitée au Nord par le tropique du Cancer et au Sud par le tropique du Capricorne. Ces deux parallèles du globe terrestre délimitent une bande à l'intérieur de laquelle le soleil apparaît au zénith à midi solaire deux fois dans l'année.

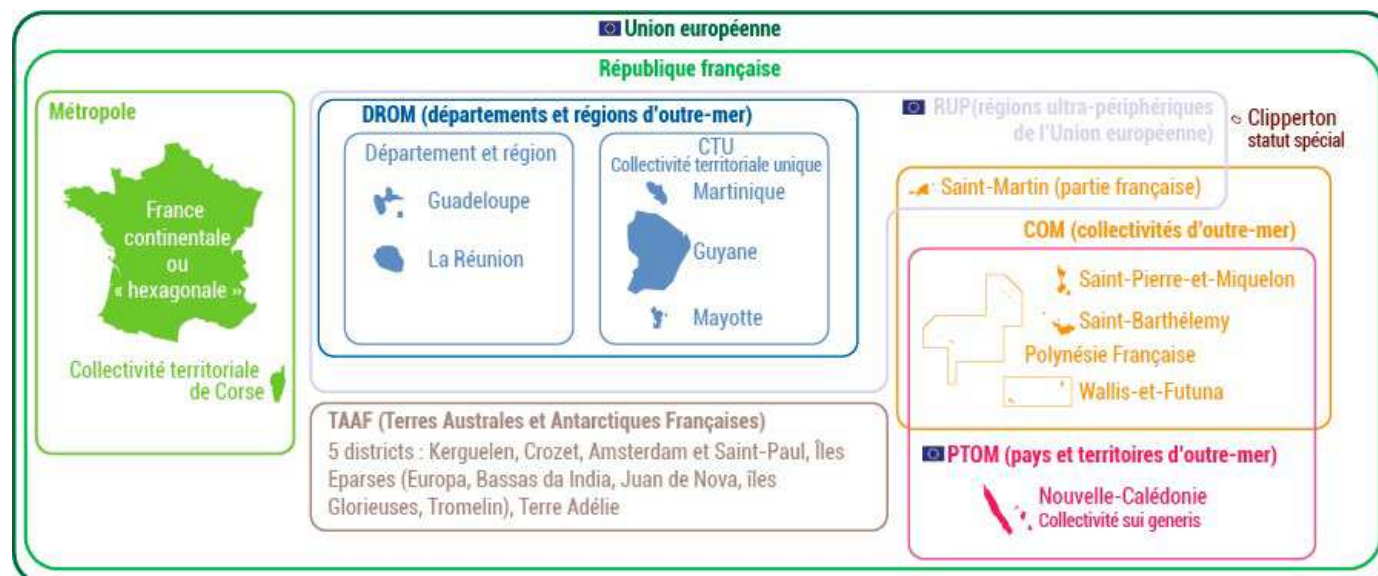
Tous ces territoires sont directement concernés par les phénomènes liés au changement climatique. Pour autant, l'ensemble des phénomènes physiques et des solutions techniques entrevues dans ce guide sont totalement utilisables/valables également en France métropolitaine lors des périodes chaudes.

LES TERRITOIRES ULTRAMARINS

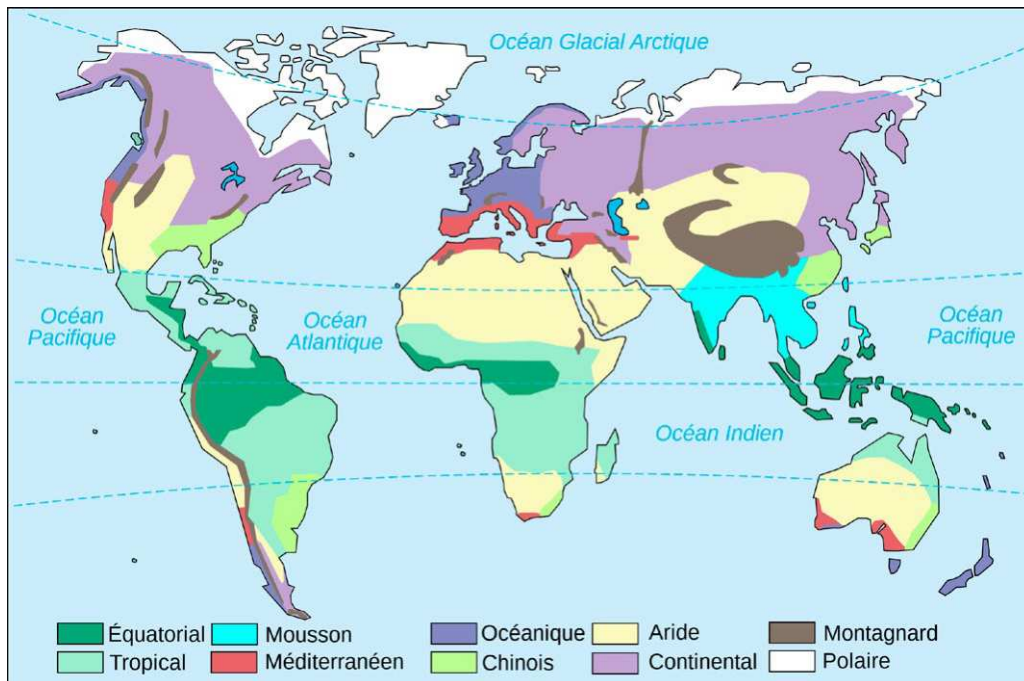
On les appelle les DROM-COM, pour Départements ou Régions français d'Outre-Mer et Collectivités d'Outre-Mer. Ils regroupent 2,2 millions d'habitants et sont au nombre de dix : 5 DROM (Guadeloupe, Martinique, Guyane, La Réunion et Mayotte) et 5 COM (la Polynésie française, Saint-Barthélemy, Saint-Martin, Saint-Pierre-et-Miquelon et Wallis-et-Futuna).

Deux territoires ne sont ni COM ni DROM et sont régis par un statut particulier : la Nouvelle-Calédonie et les Terres australes et antarctiques françaises (TAAF).

Ces territoires (la Guadeloupe, Saint-Martin, Saint-Barthélemy, la Martinique, la Guyane française, la Réunion, Mayotte, la Nouvelle-Calédonie, la Polynésie française et Wallis-et-Futuna) sont tous des îles, à l'exception de la Guyane. Au sens des réseaux électriques, ils sont des zones non interconnectées aux réseaux continentaux.



CLIMATS DE LA ZONE INTERTROPICALE



Classification simplifiée des climats de Köppen

Source : [Wikipedia](#)

La latitude d'un lieu détermine (en grande partie) son climat.

Dans les zones géographiquement proches de l'équateur, on rencontre le plus souvent un climat avec des températures toujours élevées et des précipitations abondantes toute l'année: c'est le climat équatorial.

Plus on s'éloigne de l'équateur pour se rapprocher des deux tropiques et bien que la température y reste relativement élevée toute l'année, le climat de ces zones est souvent marqué par une saison sèche plus fraîche et une saison humide plus chaude, avec des précipitations variables: c'est le climat tropical.

CLIMAT TROPICAL

Les îles de la Guadeloupe, de la Martinique, de Saint-Martin, de Saint-Barthélemy, de la Réunion, de Mayotte, de la Polynésie française, de Wallis-et-Futuna et de la Nouvelle-Calédonie bénéficient toutes d'un climat tropical de type maritime humide.

Bien que des différences spécifiques et des facteurs locaux existent pour chaque territoire (géographie, régime de vents, influences maritimes, etc.), le climat de ces îles comporte des caractéristiques communes :

Quand les alizés sculptent le paysage (Pointe Allègre, Guadeloupe).



- Les températures moyennes sont douces toute l'année, se rapprochant des plages du confort thermique (24 à 26°C).
- Le taux d'humidité moyen est relativement haut (entre 70 et 80 %).
- Les précipitations sous forme d'averses sont importantes, notamment près des reliefs.
- Ces îles sont soumises au régime des alizés, les vents d'Est, dont la circulation générale détermine les saisons pluviométriques.
- Le climat est marqué par deux saisons qui dépendent de l'hémisphère où se situe le territoire considéré :
 - Une saison sèche (hiver) au cours de laquelle les alizés sont moins chargés en humidité. Les températures sont plus fraîches et les précipitations sont moindres, bien que des averses puissent toujours être présentes, mais de courte durée.
 - Une saison humide (été) au cours de laquelle les averses sont plus nombreuses et plus intenses. L'atmosphère est chaude et humide. C'est durant cette période que le risque de cyclones et de tempêtes tropicales y est le plus élevé
- Les intersaisons possèdent des caractéristiques climatiques intermédiaires, bien qu'elles puissent être marquées par des épisodes exceptionnels.

CLIMAT ÉQUATORIAL

Pour bien distinguer les climats tropicaux des climats équatoriaux, il faut se rappeler que ces derniers n'ont pas de véritable saison sèche, mais des conditions presque constamment humides. En outre, il n'y a pratiquement aucune amplitude thermique affectant leurs températures moyennes annuelles, ni d'écarts dans la durée du jour. Comme indiqué précédemment, les régions les plus proches de l'équateur relèvent du climat équatorial.

Géographiquement proche de l'équateur, la Guyane dispose d'une certaine stabilité climatique. Son climat est de type équatorial et humide avec des variations liées aux oscillations de la ZCIT (Zone de Convergence Intertropicale).

En Guyane, la température annuelle moyenne est d'environ 26°C, avec une amplitude de 2°C entre la moyenne du mois le plus chaud et du mois le plus « frais » de l'année. Ces amplitudes sont faibles sur les zones côtières et légèrement plus marquées dans les terres.

On y distingue 4 saisons :

- La grande saison des pluies, des mois d'avril/mai au mois d'août ;
- La grande saison sèche, de mi-août au mois de novembre ;
- La petite saison des pluies, du mois de novembre/décembre au mois de janvier/février ;
- La petite saison sèche, également appelée « petit été de mars », au mois de février/mars.

La Guyane est l'une des régions les plus humides au monde. Les mois les plus pluvieux sont les mois de mai et de juin. Les précipitations varient de 2 000 mm à 4 000 mm par an. A Cayenne, les précipitations annuelles sont en moyenne de 2 816 mm.

N.B.

CLIMAT SUBTROPICAL

Le climat subtropical renvoie à des latitudes plus élevées que le climat tropical, avec des climats chauds en été mais connaissant une vraie saison froide en hiver, même si les températures restent relativement douces. C'est le cas du climat méditerranéen ou du climat subtropical humide (Sud-Est des États-Unis, Brisbane en Australie, Durban en Afrique du Sud, etc.). Ces régions sont aussi concernées par ce guide pendant la saison chaude de l'été.

IMPACT DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE SUR LES ZONES TROPICALES

À l'exception de la Guyane, toutes les régions entrant dans le champ principal de notre zone d'étude sont des îles : les effets du changement climatique qu'elles subissent comportent donc de nombreuses similitudes, avec toutefois des contextes politiques, sociaux et économiques différents.

Par leur aménagement, concentré sur les littoraux, ainsi que la fragilité de leurs écosystèmes – qui concentrent 80 % de la biodiversité française sur seulement 22 % du territoire national – les DROM-COM sont les territoires français les plus exposés aux impacts du changement climatique :

- blanchissement des coraux influençant directement l'accès à la nourriture et mettant les activités économiques de ces territoires en péril ;
- multiplication des cyclones causant une véritable paralysie des territoires touchés et entraînant de graves répercussions environnementales, économiques et sociales ;
- hausse du niveau des mers conduisant à terme à des migrations forcées des populations avec le risque de perdre leur culture et leur identité, mais aussi

au déplacement de zones d'activités économiques situées sur les bandes côtières (Jarry en Guadeloupe : 3^e plus grande zone d'activités de France possède de vastes espaces construits à moins de 80 cm au-dessus du niveau de la mer et connaît déjà des épisodes de submersion à marée haute).

Ces conséquences du changement climatique ne sont pas indépendantes mais liées les unes aux autres et menacent sous tous les fronts ces territoires d'exception.

Bien que la Guyane ne soit pas une île, la majorité de la population guyanaise vit sur la bande littorale et est donc exposée à des risques similaires aux autres régions.

Sa forêt, qui représente à elle seule un tiers des forêts françaises, est très vulnérable aux épisodes de sécheresse amplifiés par le changement climatique. La faune et la flore exceptionnelles, ainsi que la population de la forêt amazonienne, sont directement exposées.

LA THÉORIE DU MANGUIER

Indépendamment des bâtiments, les conditions du climat tropical procurent naturellement des conditions de confort thermique satisfaisantes. C'est ce qu'on appelle la « théorie du manguier » qui signifie :

- être à l'abri du soleil, à l'ombre du manguier (ou d'un arbre à larges feuilles) ;
- bénéficier d'une ventilation procurant une sensation de rafraîchissement (cet effet physiologique sera détaillé dans les parties suivantes) ;
- pouvoir se vêtir davantage lorsque la température passe en dessous du seuil des 20-22°C, notamment avec les effets de l'altitude.

À l'ombre d'un manguier, un individu est donc en permanence en situation de confort, sous réserve de bénéficier d'une légère brise.

Cette théorie a été vérifiée par le travail expérimental de Baruch GIVONI qui a mis en forme ses résultats sous forme de diagrammes de confort. En Guadeloupe, par exemple, les points météo sur une année entière se situent pour l'essentiel à l'intérieur de la zone dite du « polygone de confort élargi » avec une vitesse d'air de 1/ms.

La théorie du manguier montre que chaque individu trouve le confort naturellement, jusqu'à des températures ambiantes de l'ordre de 30-32°C.



Ces conditions de confort, résumées par la théorie du manguier, sont communément admises, mais paradoxalement oubliées de nombre de concepteurs et d'occupants des bâtiments ultramarins. Elles ont récemment été à nouveau confirmées à la Réunion et en Martinique par les travaux du projet COCO, également lauréat du programme OMBREE (BET Imageen et Watt Smart).

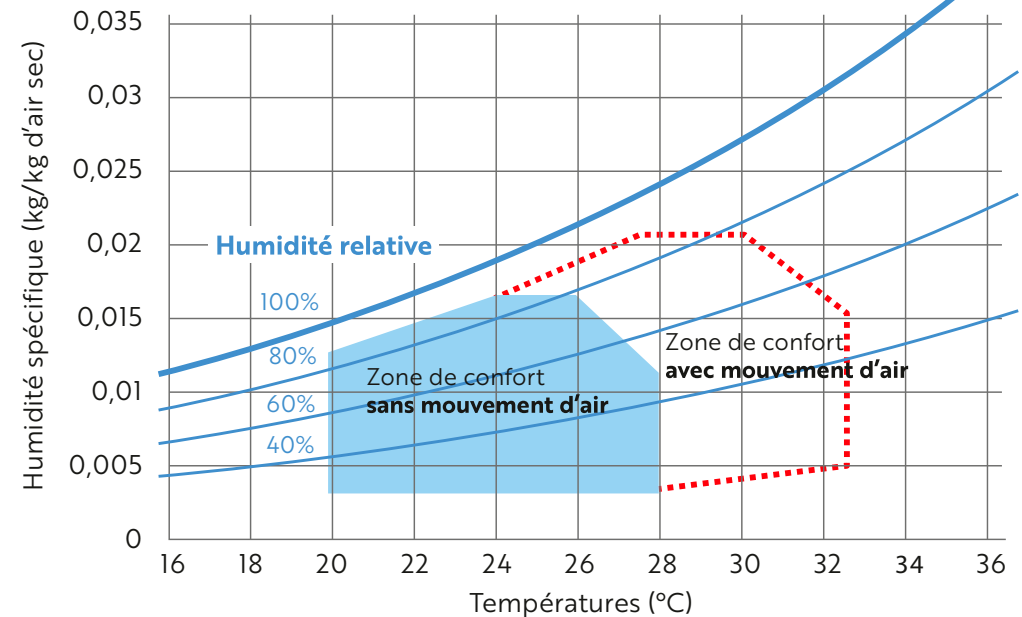


Dans un bâtiment bien protégé de l'ensoleillement, dans certaines limites d'hygrométrie en portant la vitesse d'air intérieur de 0 à 1 m/s, la zone de confort acceptable peut être étendue de 3 à 4° C environ.

De nombreuses autres méthodes permettent de caractériser le confort des occupants. Elles ont des domaines d'application parfois différents et donnent des résultats sensiblement différents eux aussi quant à l'impact des brasseurs d'air sur le confort des occupants :

- l'article B.2.2 de la norme NF EN 16798-1 (qui remplace l'annexe A.2 de la norme NF EN 15251) ;
- le DH inconfort de la RE2020 pour les bâtiments de l'hexagone ;
- les études de Brager et Dean (2000) ;
- ASHRAE Standard 55-2020 ;
- etc.

Diagramme de l'air humide



Vous avez dit BRISE ?

L'échelle des vents de BEAUFORT

| FORCE | Terme « BEAUFORT » | Etat de la mer | Vitesse | conversion en m/s | |
|-------|--------------------|-----------------------------------|--------------|-------------------|---|
| 0 | Calme | comme un miroir | < 1 km/h | < 0.3 m/s | régime des vitesses d'un BAP |
| 1 | Très légère brise | quelques rides sur l'eau | 1 à 5 km/h | 0.3 à 1.4 m/s | |
| 2 | Légère brise | vaguelettes | 6 à 11 km/h | 1.7 à 3.1 m/s | régimes des vitesses d'un ventilateur sur pied ou mural |
| 3 | Petite brise | les moutons apparaissent | 12 à 19 km/h | 3.3 à 5.3 m/s | |
| 4 | Jolie brise | petites vagues, nombreux moutons | 20 à 28 km/h | 5.6 à 7.8 m/s | |
| 5 | Bonne brise | vagues modérées, moutons, embruns | 29 à 38 km/h | 8.1 à 10.6 m/s | |

LES ENJEUX DE SOBRIÉTÉ ET D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

PARTIE 4

Île de la Désirade, archipel
Guadeloupe (© B-AIR)

DANS LES TERRITOIRES ULTRA-MARINS



Les enjeux de l'efficacité énergétique en Outre-mer sont indissociables de ceux liés au développement des brasseurs d'air :

1. Le premier enjeu est l'**apport de confort** des espaces traités. Les brasseurs d'air améliorent la qualité des espaces et de ses occupants en les libérant des contraintes consistant à fermer et à rendre hermétiques les espaces à rafraîchir ou bien de fermer des espaces qui bénéficiaient de ventilation naturelle.
 2. Le deuxième concerne les **impacts environnementaux** avec la nécessaire réduction des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre. Avec des consommations d'énergie très faibles, les brasseurs d'air constituent une solution décarbonée par excellence.
 3. L'**enjeu financier** est également important. Les brasseurs génèrent des économies qui profitent directement aux utilisateurs, mais également à l'ensemble de la collectivité qui cofinance les surcoûts de production de l'énergie dans les ZNI.
 4. Enfin, l'enjeu de l'**équilibre des réseaux électriques** en zone non interconnectée, qui est une problématique bien présente dans les territoires ultramarins. En alternative à la climatisation, les brasseurs d'air permettent un écrêtage de la demande en période de pointe.
- Le développement de l'usage du brasseur d'air répond à ces 4 problématiques intimement liées.

LES ZONES NON INTERCONNECTÉES

Les territoires éloignés de la France hexagonale ne sont pas connectés au réseau d'électricité continental. Ils font partie des zones non interconnectées (ZNI) en assurant leur production d'électricité de manière autonome.

Ces zones regroupent notamment :

- la Corse;
- les départements et régions d'outre-mer (Guadeloupe, La Réunion, Mayotte);
- les collectivités territoriales (Martinique, Guyane, Saint-Martin, Saint-Barthélemy);
- certaines collectivités d'outre-mer (Saint-Pierre-et-Miquelon, Wallis et Futuna notamment);
- les îles du Ponant en Bretagne.

La Nouvelle Calédonie et la Polynésie française ont des statuts particuliers; elles peuvent être considérées comme des ZNI, mais ne bénéficient pas des mêmes dispositions liées à la péréquation des tarifs de l'électricité.

L'APPORT DE CONFORT ET LES GAINS INDUITS

SE RAFRAÎCHIR DANS LES OUTRE-MER

Les territoires ultramarins, dans leur grande majorité, sont soumis à un climat tropical ou équatorial. À l'instar du chauffage en Hexagone, la climatisation est l'un des équipements les plus répandus et représente le premier poste des consommations d'électricité de ces territoires. Les enjeux économiques, environnementaux et sociétaux sont de taille.

Malgré les prescriptions de la RTAA DOM (2010), l'usage des brasseurs d'air reste encore peu développé dans les constructions ultramarines. En Guadeloupe, par exemple, le taux d'équipement en brasseurs d'air dans le secteur résidentiel est inférieur à 20 % alors que le taux d'équipement des chambres en climatiseurs est supérieur à 70 %. À l'origine, seules les chambres étaient climatisées, mais la tendance à l'installation de la climatisation comme solution de rafraîchissement par défaut tend à se généraliser et à se développer pour parvenir jusque dans des séjours toujours plus clos et hermétiques.

À température équivalente, un logement ventilé sera bien plus confortable car les mouvements d'air entraînent une sensation de fraîcheur. Équipement peu onéreux, le brasseur d'air crée des conditions de confort à moindre coût global (investissement/

exploitation/environnement/société) en climat tropical sachant qu'il consomme a minima 10 fois moins (et possiblement jusqu'à 40 fois) d'énergie qu'un climatiseur pour un même service rendu en terme de confort.

Par ailleurs, le brasseur d'air permet aussi de s'affranchir en partie des limites du confort en ventilation naturelle, qui nécessite de garder les fenêtres ouvertes et d'être soumis aux nuisances sonores, de pollution atmosphérique. Ces freins sont les principales raisons expliquant la très forte évolution des espaces fermés et climatisés durant les dernières décennies. En saison intermédiaire, le brasseur d'air créera une ventilation mécanique qui peut apporter du confort fenêtres fermées en préservant l'intimité acoustique de l'utilisateur, notamment dans une chambre.

Le brasseur d'air apporte indéniablement du confort, dans les espaces climatisés ou non climatisés.

Nous n'aborderons pas ici les mécanismes thermiques et aérodynamiques qui sont détaillés dans la [partie 6](#) traitant des échanges thermiques et des aspects physiologiques sur le corps humain.

1. Protection contre les moustiques

Les moustiques ne volent pas dans le cône de ventilation des brasseurs d'air! Les occupants sont ainsi protégés. Le retour d'expérience des utilisateurs montre que cet avantage est réel en toute saison et dans tous les espaces traités.

2. Amélioration de la ventilation d'hygiène (taux de CO₂ intérieur)

En alternative totale ou partielle à la climatisation: le fonctionnement fenêtres ouvertes permet de ne pas avoir à aérer ponctuellement les pièces. Les espaces climatisés fermés doivent en revanche traiter la ventilation d'hygiène avec un renouvellement d'air (apport d'air neuf de 18 m³/h/personne).

À défaut, il s'agit d'une non-conformité réglementaire. Elle s'avère généralisée en outre-mer, tant en résidentiel que dans les bâtiments tertiaires. Les conséquences sont importantes pour la santé publique: on mesure dans les pièces climatisées sans ventilation d'hygiène, une augmentation des taux de CO₂ pouvant dépasser les seuils de 1000 ppm.

3. Augmentation de la durée de vie des climatiseurs

Contrairement au chauffage dans les zones tempérées, l'usage de la climatisation est intermittent et lié aux fonctions des bâtiments: la journée dans les bâtiments tertiaires, la nuit dans les constructions résidentielles avec, dans chacun des cas, des durées d'utilisation qui peuvent atteindre jusqu'à 3000 heures par an.

Arrêter la climatisation en saison fraîche et intermédiaire permet de réduire les durées d'utilisation de la climatisation de plusieurs centaines d'heures par an et donc de limiter l'usure de ces équipements tout en augmentant leur durée de vie.

AUTRES AVANTAGES POUR LE CONFORT GLOBAL

Le brasseur d'air est une solution durable sur tous les fronts qui pourrait devenir une alternative totale à la climatisation dans certains espaces (séjours, chambres, salles de classe, etc.) ou seulement partielle dans d'autres (bureaux, ERP, etc.).

Outre les gains de confort thermique, les brasseurs contribuent à améliorer d'autres points liés au confort global de l'utilisateur. Par exemple, le flux d'air créé permet de lutter efficacement contre les moustiques. En outre, à la différence des climatiseurs ils ne contiennent pas de fluides frigorigènes (composant de la climatisation) dont les fuites contribuent significativement au réchauffement climatique.

4. Optimisation du dimensionnement des climatiseurs

Les brasseurs d'air peuvent aussi être utilisés en fonctionnement couplé à la climatisation. Ce mode d'utilisation permet d'augmenter les températures de consigne de climatisation de plusieurs degrés. Cette pratique rend inutile tout surdimensionnement des équipements de climatisation, qui, s'il était besoin de le rappeler, pénalise l'efficacité énergétique. On peut dans ce cas considérer que le climatiseur intervient en appoint pour obtenir le confort thermique de l'utilisateur aux conditions limites et déshumidifier en saison chaude et humide, dans des plages de fonctionnement de 26 à 28°C.

5. Réduction des risques sanitaires par limitation des chocs thermiques (ambiances extérieures / intérieures)

Ce mode de fonctionnement sobre et efficace permet en outre de créer des ambiances douces où les interfaces entre l'intérieur et l'extérieur sont gérées sans choc thermique.

Pour l'essentiel, les conditions du climat tropical permettent de limiter les écarts de températures entre l'extérieur et l'intérieur à environ 5 degrés: soit une ambiance intérieure à 25°C pour 30°C à l'extérieur. En remontant la consigne à 27°C lorsqu'il fait 32°C dehors, le brasseur d'air permet de rester dans la limite des 5 degrés d'écart. C'est particulièrement intéressant dans tous les halls d'accueil des espaces tertiaires climatisés.

6. Réduction des problématiques de moisissures et condensation des espaces climatisés

En fonctionnement couplé, l'augmentation de la température de consigne de la climatisation assure que cette dernière ne génère plus de problèmes de moisissures ou de condensation dans les pièces! Pour rappel, ces problèmes sont générés par des espaces climatisés en dessous de la température de rosée, soit autour des 20-22°C pour les Antilles par exemple.

7. Pas de fluides frigorigènes nocif pour l'environnement

Les réfrigérateurs et les climatiseurs utilisent des fluides frigorigènes nocifs qui finissent fréquemment dans l'atmosphère, suite à des fuites ou lors du démontage d'anciennes installations. Les brasseurs d'air n'utilisent aucun fluide frigorigène.

LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

L'usage d'un brasseur d'air induit de nombreux bénéfices pour l'environnement. Ces impacts positifs sont directs et indirects.

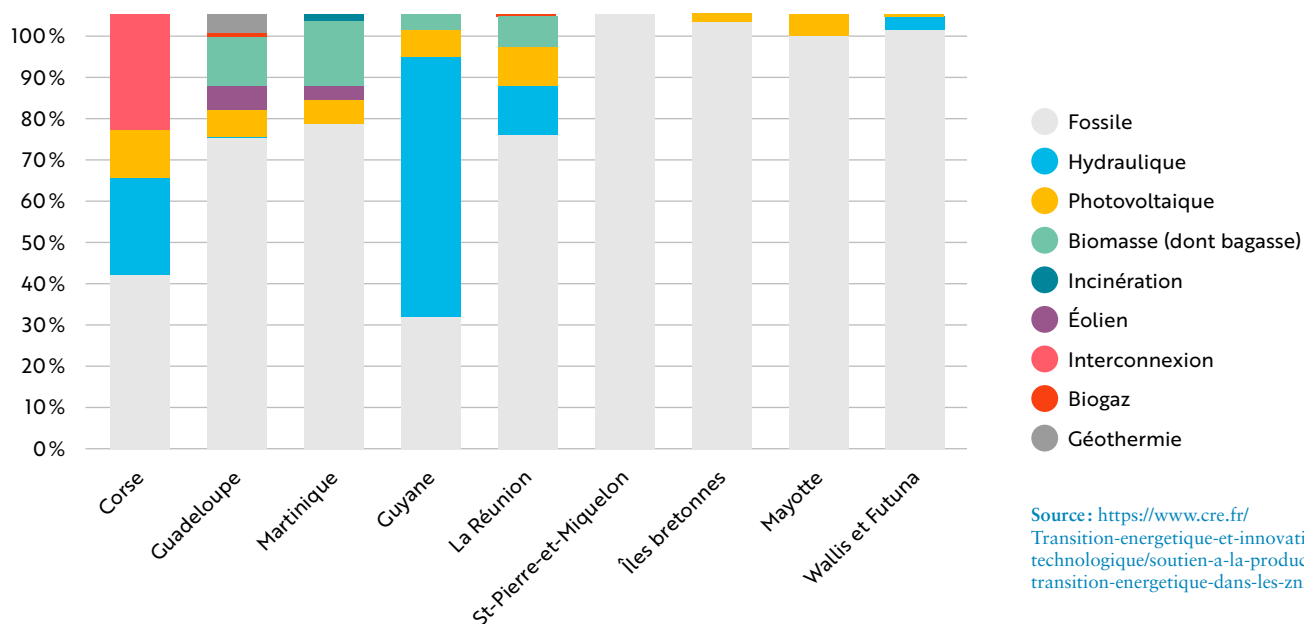
Le premier d'entre eux a été cité précédemment : les brasseurs d'air n'utilisent aucun fluide frigorigène. Ils permettent de limiter la contribution au changement climatique créée par ces gaz dont l'usage est d'ailleurs réglementé.

Les bénéfices indirects sont liés aux économies d'énergie, pour les ménages, les entreprises et les collectivités, engendrées par l'utilisation d'un brasseur d'air pour se rafraîchir et aux incidences écologiques et économiques liées aux modes de production de cette électricité dans les territoires ultramarins.

UN MIX ÉNERGÉTIQUE ENCORE TROP DOMINÉ PAR LES ÉNERGIES FOSSILES

En 2021, les ZNI assurent la majorité de leur fourniture électrique avec des énergies fossiles importées (fioul, charbon), complétées par des énergies renouvelables locales ou importées.

Mix électrique des ZNI (2021):



Source: <https://www.cre.fr/Transition-energetique-et-innovation-technologique/soutien-a-la-production/transition-energetique-dans-les-zni>

En raison de la combustion du foin lourd dans les centrales électriques, ces mix énergétiques très carbonés coûtent cher à l'environnement et à la communauté. Ils posent également un problème social vis-à-vis de la dépendance économique, et donc politique, de ces territoires à l'importation de ces énergies fossiles polluantes et dont les prix sont très volatils. Ces enjeux financiers sont d'ailleurs développés par la suite.

Les ratios d'émission de CO₂ des mix électriques restent très élevés en outre-mer. Ils sont compris en 2023 entre 600 et 800 g CO₂ par kWh d'électricité consommé, soit de l'ordre de 10 fois la moyenne nationale, l'hexagone bénéficiant de productions majoritairement décarbonnées (nucléaires¹ et EnR).

Néanmoins, l'évolution vers des mix électriques décarbonnés à l'horizon 2030 devrait permettre une réduction massive des émissions de CO₂ des productions électriques insulaires dans les territoires ultramarins français. Par exemple, en Guadeloupe, le ratio devrait descendre en 2025 à 450~500 g CO₂/kWh à la faveur de la croissance de l'apport des énergies renouvelables.

¹ Productions décarbonnées, mais pour autant avec d'innombrables problématiques environnementales liées au risque nucléaire et aux déchets notamment.



Parc éolien de Sainte-Rose
en Guadeloupe

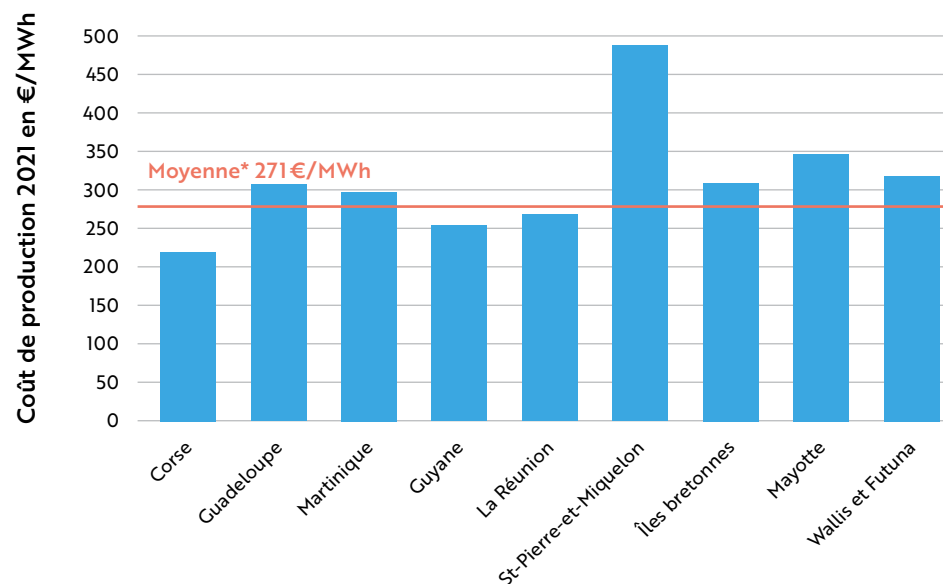
LES ENJEUX FINANCIERS DANS LES ZNI

DES COÛTS DE PRODUCTION ÉLEVÉS

Les caractéristiques climatiques et géographiques des ZNI ainsi que la taille réduite de leurs systèmes électriques créent de fortes contraintes pour le mix énergétique, la gestion du réseau électrique et l'approvisionnement.

Les moyens de production historiques, à base de groupes diesel, entraînent des coûts de production structurellement plus élevés qu'en France hexagonale : selon la Commission de Régulation de l'Énergie, ils atteignent 271 €/MWh en moyenne en 2021 d'après le graphique ci-dessous (contre entre 70 et 100 €/MWh en hexagone).

Ces coûts varient fortement d'un territoire à l'autre selon les caractéristiques du parc de production et du réseau.



* Moyenne pondérée par la quantité d'électricité injectée

Source : <https://www.cre.fr/Transition-energetique-et-innovation-technologique/soutien-a-la-production/transition-energetique-dans-les-zni>

LA PÉRÉQUATION TARIFAIRE AU SERVICE DE LA SOLIDARITÉ NATIONALE

Bien que les coûts de production soient plus élevés que dans l'hexagone, les consommateurs des ZNI paient le même prix que les consommateurs de la France continentale. Cette péréquation tarifaire permet l'existence de tarifs dans les territoires insulaires similaires aux tarifs pratiqués en France hexagonale alors même que les coûts de production y sont plus élevés. Les surcoûts entre les coûts de production et les recettes des fournisseurs d'énergie sont compensés au titre des charges de service public de l'énergie (SPE).

Outre ces surcoûts de production dans les zones non interconnectées (ZNI), les charges du service public de l'énergie comprennent également :

- les surcoûts associés aux politiques de soutien aux énergies renouvelables (photovoltaïque, biomasse, éolien), à l'injection de biométhane et à la cogénération ;
- les frais engendrés par les dispositifs sociaux à destination des foyers les plus précaires ;

Ce dispositif bénéficie donc largement aux consommateurs ultramarins.

Il est financé par l'ensemble des consommateurs au niveau national au titre de la CSPE (Contribution au Service Public de l'Electricité).

Ce mécanisme de mutualisation des coûts assure une solidarité nationale primordiale et incontestable au prix de flux financiers très importants : les charges de CSPE sont de l'ordre de 2 milliards d'Euros chaque année, soit l'équivalent de plus de 1 000 €/an par habitant ultra-marin.

Chaque kWh économisé, notamment grâce aux brasseurs d'air, est bienvenu pour limiter ces charges. Il fait partie des politiques ambitieuses de maîtrise de la demande électrique développées dans ces territoires.

LES PROBLÉMATIQUES D'ÉQUILIBRE OFFRE-DEMANDE

LA MAÎTRISE DE LA DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ

Un programme de Maîtrise de la Demande d'Électricité (MDE) désigne le regroupement d'actions d'économies d'électricité et de puissances appelées mis en place pour le bénéfice simultané du consommateur final et du producteur d'énergie. Introduites dans les années 1990 dans les territoires ultra-marins, les politiques de MDE visent une diminution de la consommation en agissant sur la demande. Elles répondent ainsi à plusieurs enjeux : diminution du gaspillage énergétique, des émissions de GES, des impacts des unités de production et des réseaux électriques sur l'environnement, de la dépendance énergétique, ou encore de la précarité énergétique.

Elle est intimement liée à la notion de transition énergétique, car elle vise notamment l'optimisation des dépenses énergétiques des consommateurs et la diminution des impacts sur l'environnement de production et d'acheminement de l'énergie.

SOBRIÉTÉ ÉNERGÉTIQUE

EN OUTRE-MER

La Loi transition énergétique pour une croissance verte ambitieuse, pour les outre-mer, d'atteindre l'autonomie énergétique avec 100 % d'énergies renouvelables à l'horizon 2030.

Pour y parvenir, au-delà d'une production d'ENR locale, des économies d'énergie sont indispensables, notamment dans les logements, plus gros poste de consommation électrique dans les territoires ultramarins (environ 50 %) avant le tertiaire (environ 40 %) et, nettement devant l'industrie (environ 10 %).

Croissance non contrôlée de notre consommation d'énergie, épuisement des ressources naturelles, inégalités d'accès à l'énergie, dérèglement climatique, risque nucléaire, dépendance énergétique : force est de constater que nous devons revoir en profondeur notre façon de produire et de consommer l'énergie.

L'énergie la moins impactante est celle que l'on ne consomme pas. L'idée sur laquelle nous fondons ce guide est de réduire à la source la quantité d'énergie nécessaire pour un même service et un même confort. Limiter notre consommation reste une des meilleures solutions pour un futur viable. La sobriété énergétique n'est pas un retour en arrière, elle est une utilisation plus pérenne, plus ingénieuse, plus éclairée de l'énergie : il s'agit d'apporter la bonne solution énergétique, dans la bonne quantité, au bon endroit et au bon moment.

LES PROBLÉMATIQUES D'ÉQUILIBRE OFFRE-DEMANDE

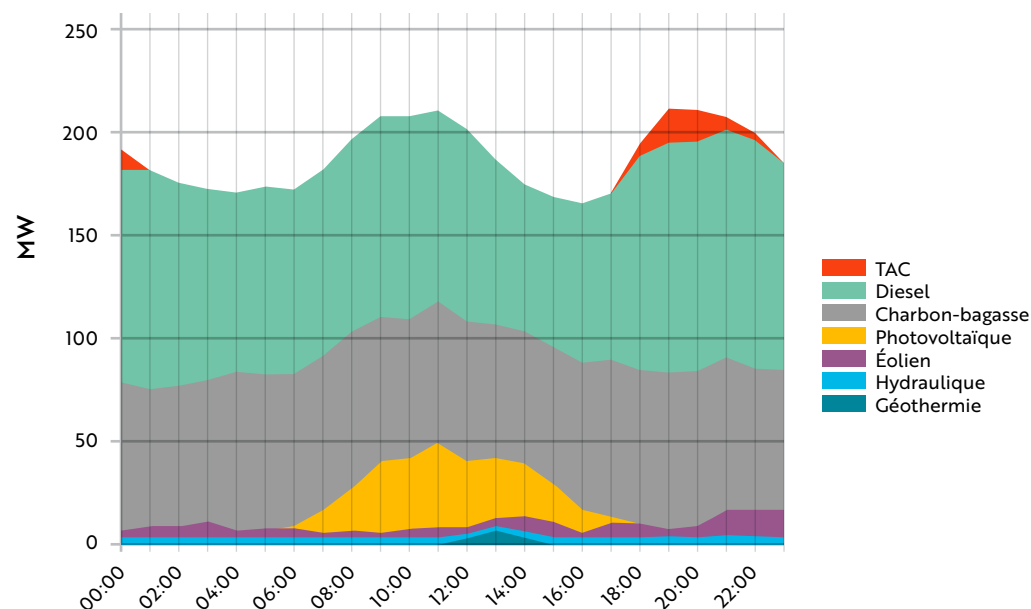
LISSAGE DE LA COURBE DE CHARGE

Les politiques de maîtrise de la demande d'électricité visent aussi un objectif plus technique, très important pour les gestionnaires des réseaux électriques des ZNI: le lissage quotidien des besoins électriques. Cet écrêtage des puissances aux heures de pointe est primordial pour éviter d'avoir recours à des moyens de production générateurs de pollution et de problématiques de coûts, tels que la turbine à combustion à gaz.

Les brasseurs d'air contribuent au lissage des besoins électriques de manière significative et massive. Ils permettent d'éviter et de réduire les consommations de climatisation à la pointe en journée dans les bâtiments tertiaires et également à la pointe le soir dans les logements.

Ces gains sont considérables. D'une part, parce que l'ensemble des constructions est concerné et, d'autre part, parce que les gains unitaires sont très importants. Il sont en moyenne d'un facteur allant de 10 à 40 sur les puissances électriques absorbées, soit 20 à 80 W pour un brasseur d'air, contre 500 à 800 W pour un climatiseur traitant le même espace.

Courbe de charge quotidienne en réseau insulaire: l'exemple en Guadeloupe, lorsque les TAC (Turbines à Combustion) fonctionnent à la pointe du soir, les coûts dépassent les 300 €/MWh.



LE BRASSEUR D'AIR COMME SOLUTION

Le brasseur d'air comme solution à moindre coût environnemental et financier pour plus de sobriété énergétique



Le rafraîchissement par compresseur, plus connu sous le terme de climatisation, sollicite considérablement les réseaux électriques dans le monde entier. Cette climatisation représentait en 2018 plus de 10 % de la demande mondiale d'électricité et ce chiffre pourrait atteindre, selon certaines études, avec le réchauffement climatique plus de 45 % en 2050.

C'est un cercle sans fin qui se crée : plus la planète se réchauffe, plus on climatise et plus on climatise, plus la planète se réchauffe.

La majeure partie de l'électricité consommée dans les territoires ultramarins étant produite à partir de ressources fossiles, la production d'électricité pour la climatisation engendre une contribution significative au réchauffement climatique global. La climatisation représente ainsi aujourd'hui à l'échelle mondiale plus de 12 % des émissions de gaz à effet de serre totales du secteur du bâtiment et la croissance de cette contribution est proche de 10 % par an.

Le second impact sur le réchauffement climatique induit par les climatiseurs est lié aux fluides frigorigènes qu'ils contiennent. En effet, ces fluides s'ils ont aujourd'hui, pour la plupart des équipements mis sur le marché, un impact nul sur la couche d'ozone (ODP =0) conservent un impact important sur le réchauffement climatique. Ainsi, même avec les gaz les moins impactants (comme le R32, couramment utilisé dans les climatiseurs

actuels), la répercussion sur le réchauffement climatique GWP100 correspond à 675 d'équivalent CO₂. C'est-à-dire qu'un climatiseur qui contient un kg de R32 et qui perd annuellement 30 % (c'est assez courant) de sa charge en gaz frigorigène génère un impact sur le réchauffement climatique de plus de 200 kg ($0,3 \times 675 = 203$) d'équivalent CO₂ en plus des effets directs liés à la part fossile de sa consommation d'énergie.

La consommation d'énergie pour se rafraîchir en été est un phénomène relativement récent. Avant l'avènement de l'air conditionné pendant la première moitié du vingtième siècle, les bâtiments construits sous les climats chauds étaient conçus pour être ventilés naturellement, protégés des rayons du soleil et les habitants s'adaptaient à la chaleur en changeant leurs habitudes.

Se rafraîchir avec la climatisation implique de réfrigérer tout l'air d'un espace fermé. Plus cet espace est vaste et moins il y a d'occupants, plus il faudra d'énergie pour rafraîchir chacune de ces personnes.

Les brasseurs d'air, à l'instar de la ventilation naturelle, nous procurent une sensation de fraîcheur en stimulant le fonctionnement naturel d'évacuation de chaleur au niveau de la peau grâce à la vitesse de l'air sur cette dernière.

Or, faire circuler de l'air nécessite beaucoup moins d'énergie que de le réfrigérer.

dans la suite le brasseur d'air
plafonnier est dénommé BAP.

QU'EST-CE QUE LE CONFORT THERMIQUE D'UN BÂTIMENT ?

PARTIE 5

**THERMIQUE DU BÂTIMENT
ET VENTILATION: FONDAMENTAUX**



TROIS PRINCIPES DE TRANSFERT DE CHALEUR

Comprendre l'impact des brasseurs d'air sur le confort thermique humain et sur la performance énergétique des bâtiments qui en sont équipés, nécessite de connaître les notions fondamentales sur les transferts thermiques dans l'architecture.

En effet, si les dispositifs de brassage d'air sont efficaces et performants, ils ne peuvent être pertinents que s'ils sont mis en œuvre dans des enveloppes architecturales ayant maîtrisé en amont (et en général) d'autres phénomènes physiques de transfert de chaleur.

Les trois principes de transfert de chaleur dans le bâtiment sont les suivants :

- **la conduction** : transfert de chaleur avec **support matériel sans transfert de matière** (transport au niveau moléculaire) qui a lieu dans un solide ;
- **le rayonnement** : transfert de chaleur par des phénomènes électromagnétiques, même en l'absence de matière (transport au niveau particulaire) c'est à dire dans le **vide** (ou dans un gaz qui se rapproche du vide comme par exemple l'air) ;
- enfin **la convection** : transfert de chaleur avec **support matériel et avec transfert de matière** (transport concernant un ensemble de molécules) qui a lieu dans un **fluide (liquide ou gaz)**.

Manifestement les brasseurs d'air, qui agissent sur la vitesse d'un fluide (l'air) dans un espace, génèrent un phénomène de convection. En l'occurrence,

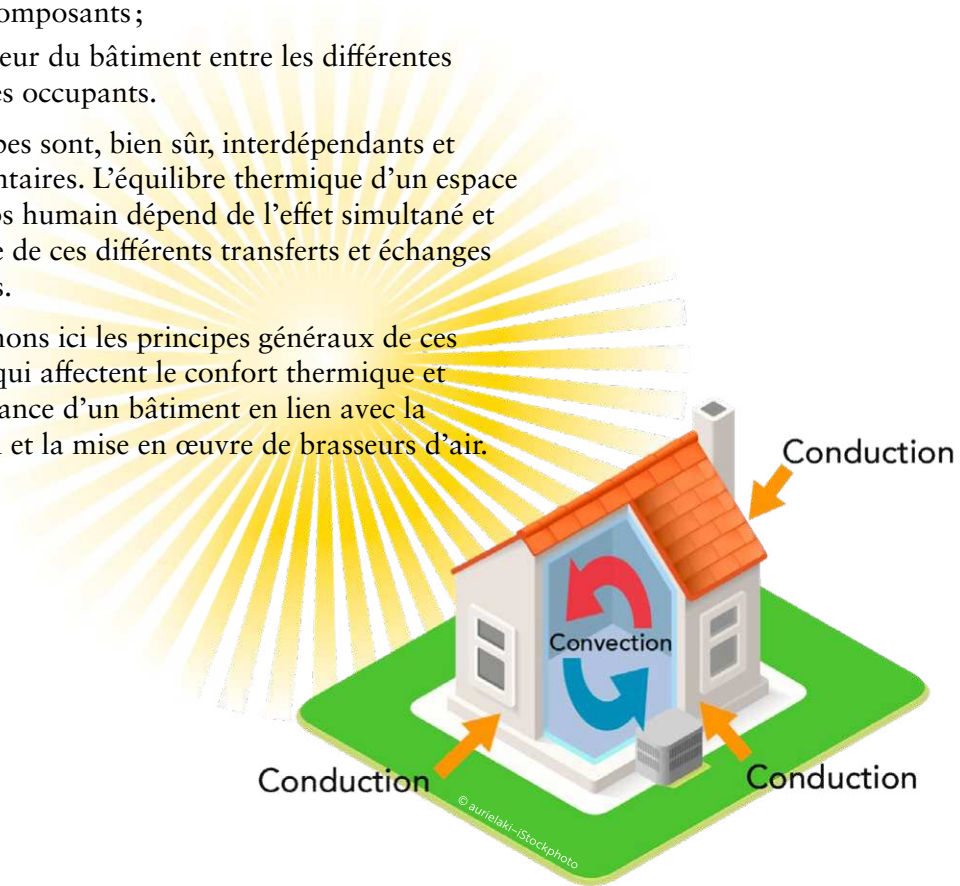
cette convection, dans la mesure où elle est activée mécaniquement par un moteur, est qualifiée de « convection forcée ».

Ces divers principes de transfert de chaleur ont lieu :

- entre le bâtiment et son environnement extérieur ;
- à l'intérieur du bâtiment entre ses différentes parois et composants ;
- à l'intérieur du bâtiment entre les différentes parois et les occupants.

Ces principes sont, bien sûr, interdépendants et complémentaires. L'équilibre thermique d'un espace ou du corps humain dépend de l'effet simultané et dynamique de ces différents transferts et échanges thermiques.

Nous donnons ici les principes généraux de ces transferts qui affectent le confort thermique et la performance d'un bâtiment en lien avec la conception et la mise en œuvre de brasseurs d'air.



SYNTHÈSE D'UNE APPROCHE FAVORABLE À L'INSTALLATION DE BRASSEURS D'AIR

La présentation des phénomènes thermiques en jeu dans la conception d'une enveloppe architecturale développés ci-avant et rassemblés dans le schéma ci-dessous illustrent comment, en amont de la conception d'une installation de brasseurs d'air, on devra traiter bioclimatiquement cette enveloppe pour permettre à ces équipements de contribuer au mieux au confort thermique de ces espaces.

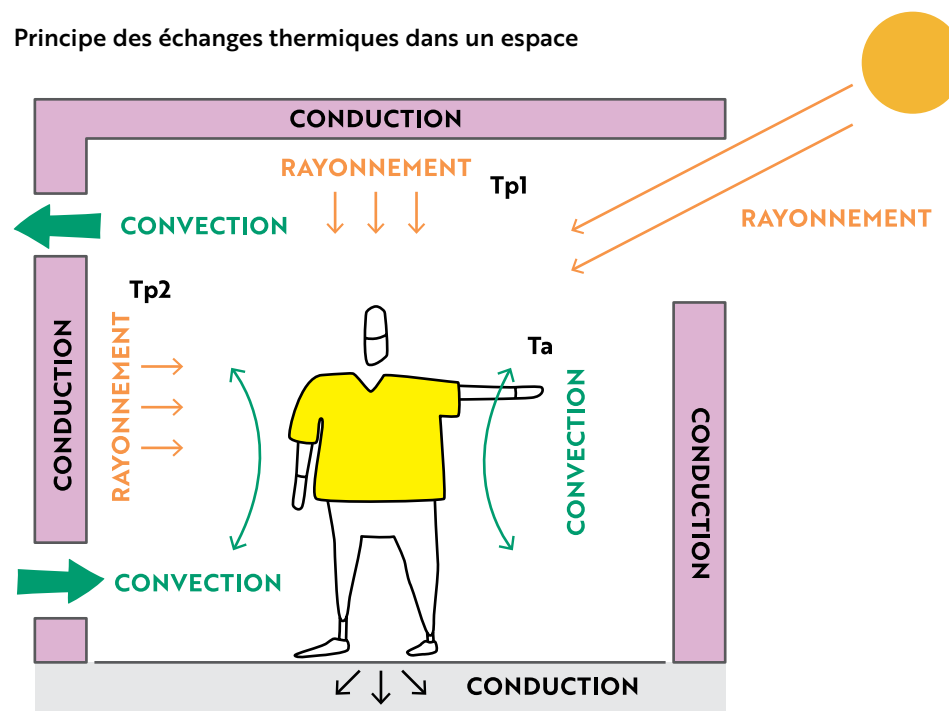
Pour résumer, il s'agira :

- de protéger les parois opaques de l'enveloppe, c'est à dire les toitures et les murs, du rayonnement solaire direct et / ou de les isoler thermiquement de manière à minimiser le phénomène absorption-conduction-rayonnement vers l'espace intérieur et l'occupant (pour tous les bâtiments, qu'ils fonctionnent en ventilation naturelle ou avec une climatisation). Cette protection solaire peut être végétale ou architecturale ;
- de protéger les parois vitrées de l'enveloppe du rayonnement solaire direct par de la végétalisation ou des dispositifs architecturaux fixes et/ou mobiles ;
- d'évacuer les apports résiduels de chaleur dans les ambiances par de la ventilation naturelle ou mécanique (pour les bâtiments totalement bioclimatiques, c'est à dire sans climatisation). Dans les bâtiments qui le permettent, c'est à dire les bâtiments traversants, cette ventilation d'extraction

de la surchauffe pourra aussi, quand les conditions aérauliques le permettent, créer une vitesse d'air naturelle sur l'occupant. Les brasseurs d'air ne seront mis en route qu'en l'absence de vent ;

- de minimiser les apports de chaleur internes dans tous les bâtiments.

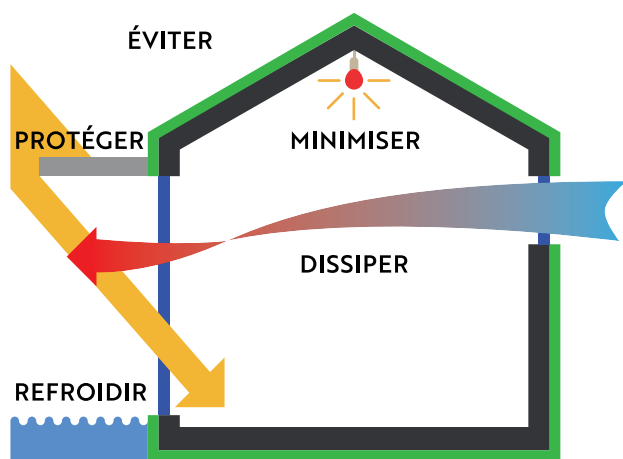
Principe des échanges thermiques dans un espace



En climat tropical, on cherche à limiter les échanges :

- en captant le moins de rayonnement possible (protection solaire),
- pour qu'elle ne soit pas stockée par les parois (faible inertie),
- et qu'elle ne soit ni distribuée, ni conservée dans le bâtiment mais évacuée (ventilation).

Schéma de stratégie thermique
en climat chaud ou période chaude



© Guide de l'architecture bioclimatique
(A. Liebard, A. de Herde, programme Learnet)

En synthèse, en climat tropical, les approches bioclimatiques et d'efficacité énergétique se résument aux principes thermiques suivants :

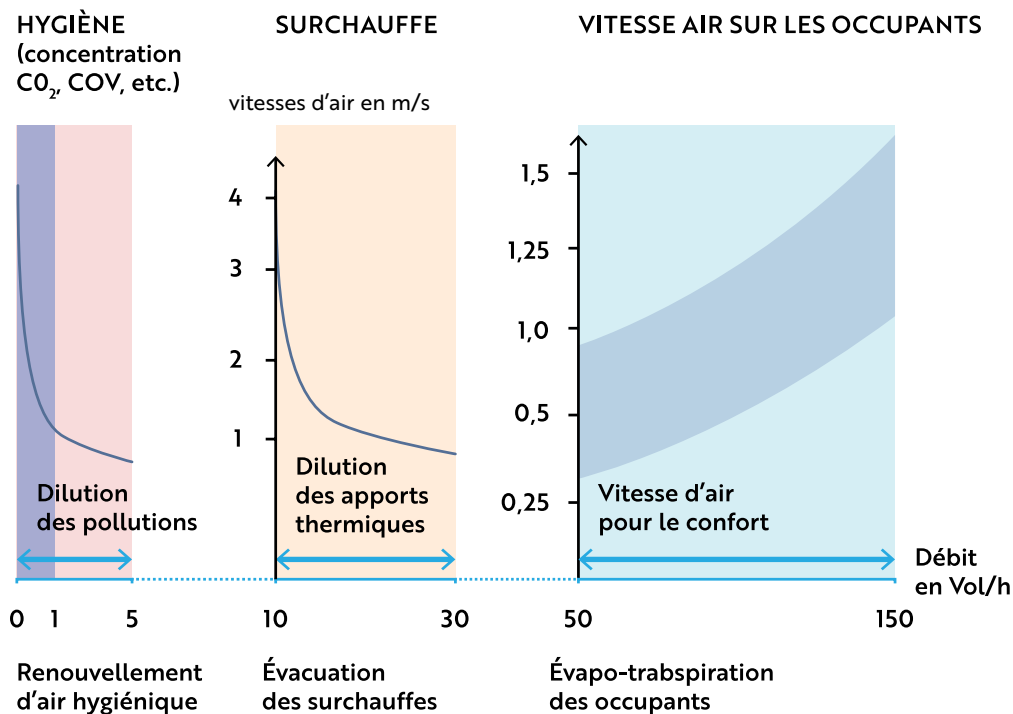
| PRINCIPES DE BASE | POURQUOI ? | INDICATEURS |
|--|---|--|
| 1. Protection solaire renforcée du bâtiment | Rayonnement solaire: charge thermique prépondérante | Facteurs solaires de la protection végétale et architecturale des toitures, murs et ouvertures |
| 2. Ventilation naturelle Non climatisé | Évacuer les surchauffes | Principe traversant Taux d'ouvertures (porosité) |
| 3. Ventilation artificielle Mode occupé | Stimuler l'évapotranspiration des occupants | vitesse d'air sur l'occupant de 1 m/s (polygone de confort élargi) |
| 4. Étanchéité des espaces climatisés | Limiter les apports d'air humide et les transferts de chaleur | Classement AEV des menuiseries + commandes des ouvrants |

LES TROIS FINALITÉS DE LA VENTILATION EN CLIMAT TROPICAL OU EN SAISON ESTIVALE DES CLIMATS TEMPERES

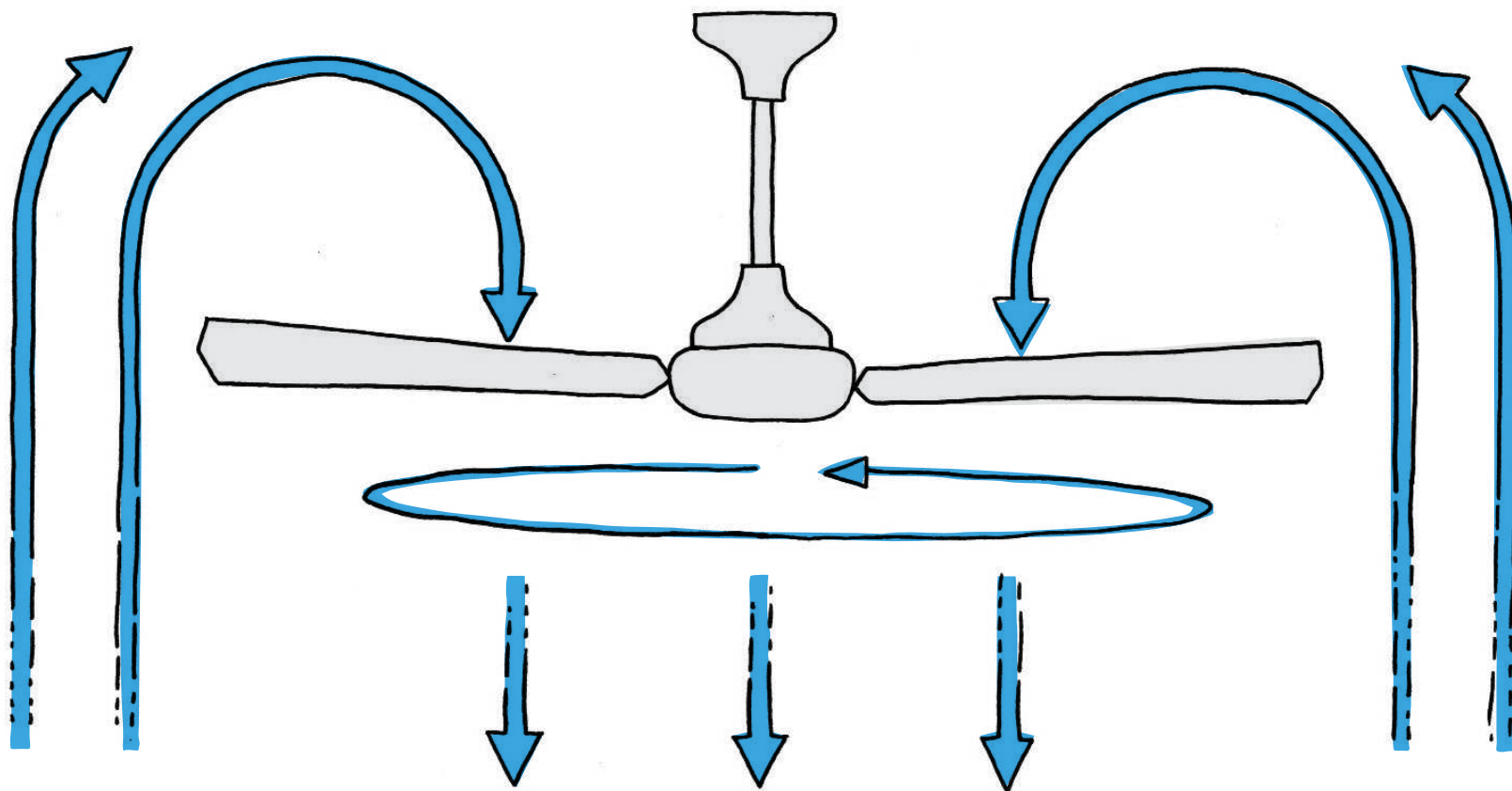
La mise en œuvre d'une ventilation est nécessaire à tous les bâtiments. On distingue 3 finalités distinctes à cette ventilation, dont les taux de renouvellement d'air horaire du volume de la pièce concernée varient de 0,5 à plus de 150 volume par heure (appelé souvent dans la littérature technique ACH comme « air change per hour ») : la ventilation hygiénique pour conserver une bonne qualité d'air, la ventilation d'évacuation des apports de chaleur internes et climatiques et la ventilation pour créer une vitesse d'air sur les occupants. Ces trois finalités peuvent être traitées de manière naturelle ou artificielle.

Dans le cas d'un espace traversant en zone tropicale conçu en ventilation naturelle, ces trois finalités se trouvent souvent confondues sur le plan fonctionnel ce qui n'est pas le cas en climat tempéré.

Les 3 régimes de ventilation des bâtiments



COMMENT LE BRASSEUR D'AIR PLAFONNIER APPORTE DU CONFORT ?



UN PEU DE PHYSIOLOGIE

Comprendre l'impact des brasseurs d'air sur le confort thermique humain nécessite d'avoir quelques notions de base sur le fonctionnement de cette machine thermique extraordinairement sophistiquée et performante, qui s'appelle le « corps humain ».

Tout d'abord, et afin d'assurer dans des conditions idéales ses fonctions vitales, celui-ci doit être maintenu à une température proche de 37°C par un ensemble de principes de rétention ou d'évacuation de la chaleur qui sont sollicités, en fonction des conditions extérieures de température et d'hygrométrie, afin de maintenir en permanence la « machine humaine » en équilibre thermique à cette température interne constante. Nous ne rentrerons pas dans toutes les fonctionnalités complexes de cette évacuation ou de cette rétention de chaleur au niveau de l'appareil circulatoire (notamment la vaso-dilatation, la vaso-constriction, etc.) pour limiter notre observation à l'échange thermique qui se produit à la surface de la peau.

En période froide, l'échange thermique est « simple » : le corps perd de la chaleur. Pour maîtriser cette perte thermique, il faut ramener l'échange à un niveau de neutralité en diminuant donc cette déperdition. Tout d'abord au niveau de la peau (grâce à des vêtements) et/ou au niveau de l'espace habité (grâce au « chauffage » qui peut être passif par l'architecture ou encore actif par des équipements de chauffage), soit encore en augmentant la chaleur produite par le

corps lui-même en « bougeant ». Cette augmentation volontaire de l'activité métabolique peut faire que la machine humaine passe de 100 W à plus de 1 000 W de puissance thermique dissipée.

En période chaude, l'échange est plus complexe, car il s'agit de faire en sorte que l'organisme évacue, essentiellement par sa peau, la chaleur qu'il produit pour rester à cette température interne proche de 37°C.

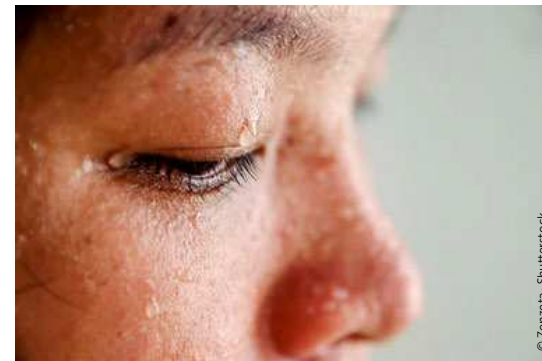
« L'intelligence » des brasseurs d'air (et autres dispositifs de ventilation naturels ou mécaniques) est de stimuler le fonctionnement naturel d'évacuation de chaleur au niveau de la peau, c'est à dire la zone principale d'échange thermique intérieur-extérieur du corps en tant que machine thermique. A contrario, les systèmes de refroidissement, au lieu de stimuler cet échange thermique épidermique et dermique (atouchoum), refroidissent « bêtement » (c'est à dire très inefficacement sur le plan énergétique) l'ensemble de la pièce pour que celle-ci refroidisse à son tour le corps.

Cette stimulation d'évacuation de chaleur est basée sur deux phénomènes d'échange thermique :

- un échange de type « convectif » à la surface de la peau qui peut avoir lieu tant que la température de l'air est inférieure à celle de la peau (qui est autour de 33°C). L'évacuation de chaleur est proportionnelle à l'écart de température peau-ambiance.
- un échange de type « évaporatif » qui peut avoir lieu tant que l'air ambiant n'est pas saturé (c'est à dire à 100 % d'humidité relative) et qui permet, par l'intermédiaire de la mobilisation, répartie à la surface de la peau, de l'eau contenue dans le corps grâce à ses pores, de « créer du froid » en permettant la valorisation de la chaleur latente de vaporisation de l'eau (c'est à dire la propriété d'un liquide d'absorber de la chaleur – et donc de produire de la fraîcheur – lors qu'il passe de l'état liquide à l'état gazeux).



© Panther Media GmbH - Alamy

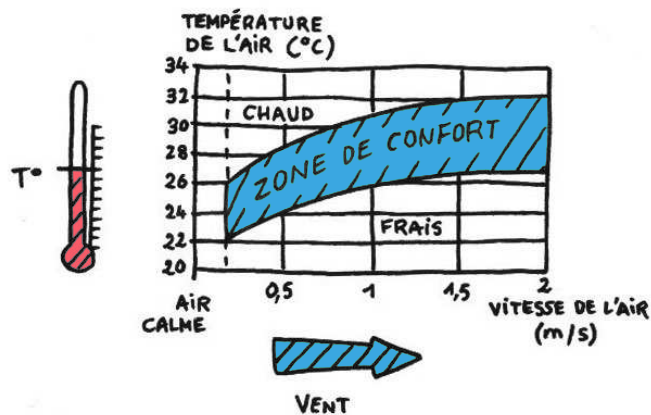


© Zenzeta - Shutterstock

Dans la plupart des cas, l'échange thermique stimulé par les brasseurs d'air résulte de la combinaison de ces deux phénomènes de convection et d'évapo-transpiration.

Ces deux modes de transfert ont lieu sans vitesse d'air mais ils augmentent tous avec l'accroissement de la vitesse d'air à la surface de la peau.

Vitesse d'air et adaptation à une température de confort plus élevée



Cette vitesse devra toutefois être maintenue à un niveau inférieur à une valeur limite (de l'ordre de 2 m/s) pour ne pas créer un inconfort physiologique ou fonctionnel par excès de ventilation :

- soit parce que cette ventilation créera un refroidissement excessif ;
- soit parce que cette ventilation en stimulant fortement une partie du corps et non pas son ensemble, créera un malaise physiologique. Le corps humain « ne sait pas » se défendre en partie contre le « trop chaud » et en partie contre le « trop frais » ;
- soit parce que cette ventilation créera des désordres dans l'espace : papiers qui volent, portes et fenêtres qui claquent, stores qui bougent...

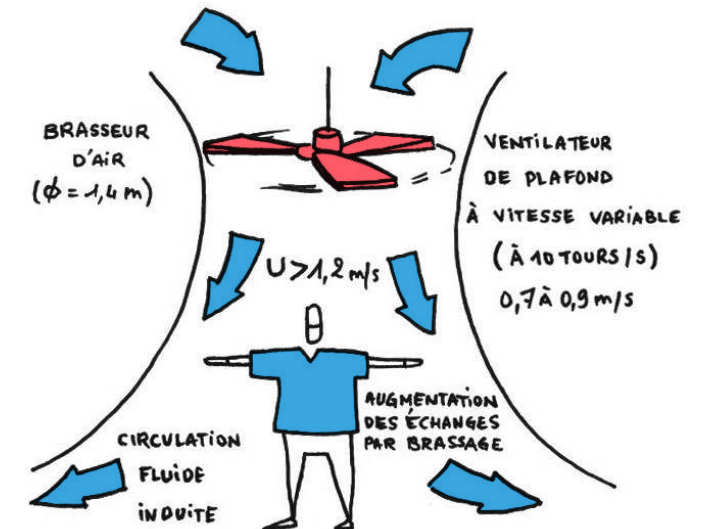
Le rôle d'un brasseur d'air plafonnier est d'augmenter cette vitesse d'air pour généraliser cette accélération d'évacuation thermique permettant au corps humain de rester à 37°C. Cette vitesse sera répartie de manière assez uniforme sur le corps, car le souffle de haut en bas enveloppera la quasi-totalité de la surface du corps d'un flux assez uniforme.

L'occupant devra alors avoir la possibilité de régler la vitesse de son brasseur d'air pour littéralement

« ajuster » cet échange en fonction des conditions de température et d'hygrométrie de la pièce et de ses paramètres « personnels » : vêtue et métabolisme.

C'est ce qu'on observe dans la réalité opérationnelle des retours d'expérience de projets réalisés.

Principe de ventilation par un brasseur d'air plafonnier



PHÉNOMÈNES DE DÉSTRATIFICATION

Les échanges convectifs dans une masse d'air impliquent un phénomène bien connu : l'air chaud monte. Ce principe pourrait aller à l'encontre du fonctionnement des brasseurs d'air en climat chaud. En réalité, ce phénomène est faible en climat tropical sur des hauteurs sous plafond limitées à 3 m, soit dans la plupart des espaces résidentiels et tertiaires. En effet, les écarts de température ambiante (hors rayonnement des parois) entre les planchers et les plafonds restent limités à quelques dixièmes de degrés.

En climat tropical ou en saison chaude d'un climat tempéré, l'apport de confort par accélération de l'air l'emporte toujours sur la déstratification.

Par ailleurs, en climat tempéré et en saison froide, le brasseur d'air va pouvoir être utilisé en mode déstratification pour faire redescendre l'air chaud et homogénéiser ainsi les températures dans un espace chauffé, toujours dans le même sens de rotation, le flux d'air étant descendant.

Enfin, en climat tropical, pour éviter de dé-stratifier lorsqu'on a des hauteurs supérieures à 3 m, il est préférable de réaliser des montages abaissant les pales à environ 3 m du sol.

Beaucoup de brasseurs dans de grands espaces sont montés trop hauts, entraînant une baisse de leur efficacité. Dans le secteur tertiaire, c'est souvent le cas dans des halls où parfois d'autres contraintes de hauteur viennent interférer (rampes d'éclairage notamment). Plus fréquemment, cela arrive aussi dans le secteur résidentiel dans les vides sur séjours donnant sur une mezzanine.



Aérogare de Punta Cana (Rép. Dominicaine) : BAP montés trop hauts.

ERGONOMIE FONCTIONNELLE DES BRASSEURS D'AIR PLAFONNIERS

Les brasseurs d'air apportent donc du confort thermique dans une pièce en créant, grâce aux phénomènes évoqués ci-avant, des vitesses d'air verticales, de haut en bas, relativement homogènes dans la pièce où ils sont installés. Les règles d'implantation, de dimensionnement et de calepinage de ces brasseurs d'air seront abordées plus loin dans le guide.

Ces règles sont très rigoureuses et doivent tenir compte exhaustivement :

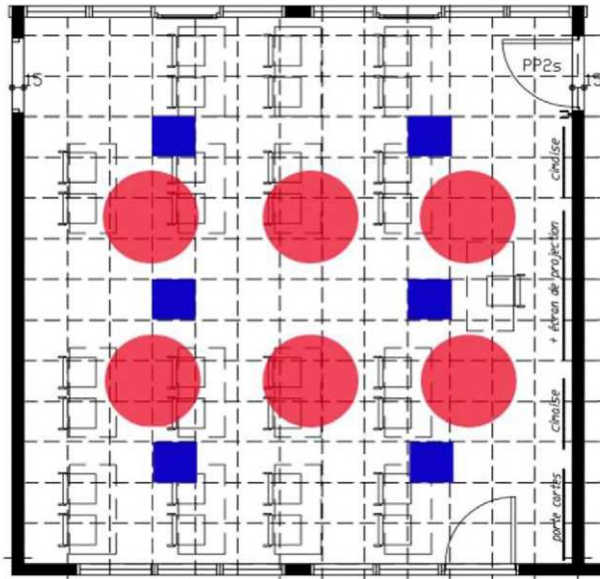
- des paramètres géométriques de la pièce : largeur, longueur et hauteur ;
- du positionnement des occupants: sédentaires ou itinérants, debout, assis ou couchés...
- de leur physiologie (enfants, adultes, personnes âgées) et de leur(s) activité(s) métabolique(s) ;
- de la conception d'autres paramètres constructifs et d'aménagement de la pièce concernée : structure (poutres, poteaux...), positionnement des éclairages, des panneaux acoustiques, etc.

Les personnes situées dans cette pièce seront donc « enveloppées » dans un flux d'air bénéfique au confort et, encore une fois, donner la possibilité aux occupants de contrôler de cette vitesse est essentiel.

Retour d'expérience de l'école
Laborde à Lyon: « je règle la vitesse
en fonction de la chaleur qu'il fait »



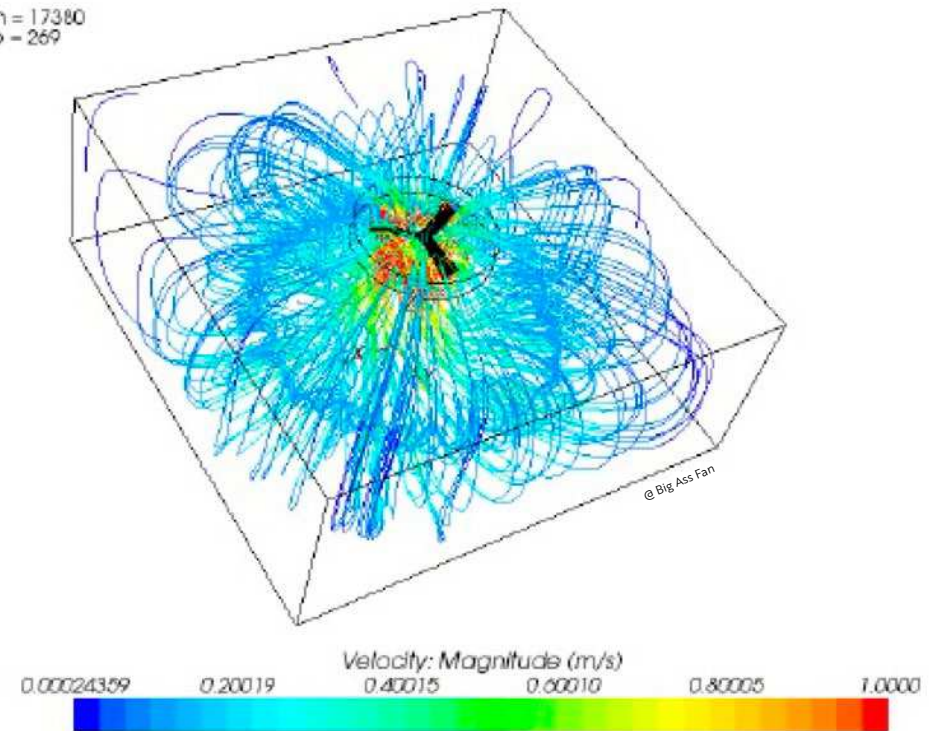
Grâce à la création d'un flux d'air, cet équipement technique complète la possibilité de créer du confort par ventilation naturelle architecturale en ayant, par exemple, des ouvrants sur des façades opposées (ventilation dite « traversante ») : les brasseurs d'air prendront alors le relai lorsqu'on n'aura pas de potentiel de ventilation naturelle ou bien lorsqu'il faudra obturer les ouvrants dans des zones trop bruyantes.



Exemple de calepinage de
brasseurs d'air plafonniers
dans une classe



Iteration = 17380
Timestep = 269



Répartition des vitesses d'air avec un brasseur d'air plafonnier

BRASSEURS D'AIR PLAFONNIERS VERSUS VENTILATEURS SUR PIED

Parmi les équipements les plus couramment utilisés dans le bâtiment pour créer du rafraîchissement, on rencontre généralement des ventilateurs, généralement sur pied et parfois fixés au mur, à flux monodirectionnel ou mobile.

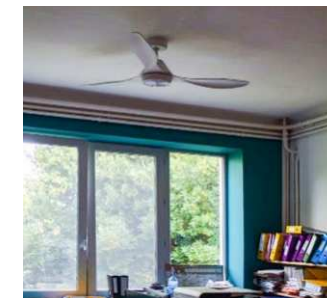
Si ces équipements, non attachés à l'enveloppe du bâtiment, comme autant d'autres « branchables » rendent incontestablement des services en termes de confort d'été avec des coûts d'investissement et de fonctionnement maîtrisés, ils ont également de nombreux inconvénients liés au soufflage horizontal. On peut citer la vitesse assez élevée du flux d'air et la création soit de zones « déventées » (flux monodirectionnel), soit de moments alternativement ventées puis déventés (flux oscillant).

En outre, ces ventilateurs ont parfois un niveau acoustique médiocre et peuvent être perçus comme dangereux en raison de la vitesse de rotation élevée des pales, dûe à leur faible diamètre. Ces équipements, globalement moins performants dans une optique de pérennité architecturale, ne seront pas abordés dans ce guide.

De même, les dispositifs de brumisation associés à un ventilateur ne sont pas abordés. Ils sont sans grande efficacité en climat tropical (où l'humidité est déjà élevée).



© Mouse in the House - Alamy



Retour d'expérience dans les bureaux de la Tour du Valat près d'Arles : « Plus silencieux et moins encombrant qu'un ventilateur portable... »

| | BAP : brasseur d'air plafonnier | Ventilateur sur pied ou mural |
|------------------|--|--|
| Caractéristiques | Flux large (vertical) Plage de vitesse : 0,50 à 1,5 m/s | Flux étroit (horizontal), vitesse d'air élevées |
| Problématiques | Image marketing à revaloriser | Inconfort Nuisances acoustiques |

CHOIX DE CONCEPTION

PARTIE 7



Bâtiment TPRI Aix Marseille Université : BBSE, SCAU
© Inddigo

CONTEXTE ET ENJEUX

La conception d'un projet architectural avec des brasseurs d'air plafonniers, généralement et idéalement au terme d'une approche de conception éco-responsable, doit faire l'objet d'une démarche rigoureuse et cohérente en lien aussi bien avec l'architecture du projet, ses atouts et contraintes diverses, qu'avec des occupants, qui sont les bénéficiaires de ces équipements mais qui en sont aussi les utilisateurs / pilotes.

Trop de projets, parfois pourtant bien conçus sur le plan de la cohérence écologique de leur architecture, notamment des projets très bioclimatiques, ont pêché par une sous-estimation de l'importance du nombre de détails conceptuels et constructifs qui sont à maîtriser pour que l'installation de brasseurs d'air, dispositifs frugaux par excellence de création de « brises artificielles basse énergie », apporte l'amélioration de bien-être qu'on est en droit d'en attendre. En effet, les brasseurs d'air tolèrent encore moins que d'autres équipements techniques liés au bâti une approximation conceptuelle qui consiste à les plaquer dans un espace bâti, sans réflexion amont et multi-disciplinaire sur l'interaction de cette technique simple mais exigeante avec d'autres composants de l'enveloppe.

Ce texte introduit le sujet des choix conceptuels et constructifs à effectuer pour l'installation de BAP qui garantissent qu'ils seront, dans une architecture bioclimatique et/ou énergétiquement efficace, des vecteurs performants et « basse-technologie » du bien-être thermique à très faible impact écologique, y compris dans les climats les plus thermiquement contraignants en raison de la forte hygrométrie comme, par exemple, la Guyane.

Cette partie est complémentaire des thématiques abordées plus en détail dans les autres parties, notamment à propos des performances des installations, des règles de l'art de mise en œuvre, de calepinage de ces équipements ou encore des questions d'ancrage.

DÉMARCHE CONCEPTUELLE BRASSEURS D'AIR (BÂTIMENTS NEUFS)

La conception d'une architecture performante avec des brasseurs d'air doit être anticipée dès l'avant-projet, notamment parce qu'elle interfère avec la conception structurelle du bâtiment et avec les questions de traitement des ambiances thermiques, lumineuses et acoustiques. Elle doit donc mobiliser transversalement de nombreuses compétences complémentaires de la co-conception. Très tôt, on devra se poser la question de l'ampleur de l'utilisation de brasseurs d'air dans un projet pour toutes les typologies architecturales, neuves ou à réhabiliter, tellement le potentiel d'alternative totale ou partielle des brasseurs d'air à la climatisation est énorme.

Dans tous les cas, il est important d'avoir à l'esprit les préoccupations suivantes :

- les brasseurs d'air n'ont de sens qu'en appui à une architecture bioclimatique (protégée et ventilée) et/ou efficace (protégée et équipée de climatisation performante) ;
- ils concernent aussi bien les bâtiments neufs que les enveloppes à réhabiliter ;
- ils concernent toutes les typologies y compris les plus difficiles à traiter (bureaux, autres bâtiments tertiaires) dès lors que les problèmes environnementaux du site (bruit, nuisances olfactives diverses,...) sont maîtrisés ;
- ils peuvent être installés aussi dans les espaces qui seront climatisés, avec un potentiel de

réduction significatif à la fois du nombre d'heures de fonctionnement de la climatisation et de ses consignes de fonctionnement. Ainsi, on pourra régler le thermostat d'une climatisation à 27°C ou 28°C ce qui sollicitera moins le compresseur, tandis que le brasseur d'air ramènera la température ressentie à 25°C ou 26°C. Même dans les bâtiments où la climatisation est demandée explicitement dans le programme, il peut être envisagé de déroger partiellement à cette règle dans diverses zones du bâtiment dès lors qu'on est capable d'apporter une argumentation solide sur la garantie du confort apporté aux occupants.

Très tôt dans le projet, il faudra également se poser la question du « lot technique » auquel ces équipements doivent être affectés dans le PRO/DCE du projet : nous proposons qu'ils soient essentiellement prescrits au lot « électricité » plutôt qu'au lot « CVC » lorsqu'il existe, notamment pour des raisons de continuité et d'interface avec l'éclairage du local.

Résidence Maldives
(architecte L. DARVIOT)
Guadeloupe



CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT

La conception d'un projet de brasseurs d'air, avant la sélection du matériel, de ses caractéristiques techniques et performanciels ainsi que de mise en œuvre et de calepinage est avant tout spatiale et liée à l'usage de la pièce.

Il s'agira de définir, d'abord en plan, les zones qui sont à ventiler notamment les zones de sédentarité dans l'espace, qu'elles soient fixes ou variables :

- les zones de circulation ou purement logistiques (dessus d'armoires, placards, rangements,..) pourront avantageusement être sorties de la zone de brassage afin de réduire le nombre de brasseurs d'air et /ou de concentrer leur impact au plus près des occupants ;
- les brasseurs d'air seront positionnés idéalement au dessus des zones « sédentaires » si ces zones sont figées dans l'espace en raison de ses contraintes dimensionnelles ou d'usage (cas d'une petite chambre où une seule zone est possible pour le positionnement du lit ou d'une salle de réunion où la position de la table de réunion est centrée,..)
- ces brasseurs d'air seront, au contraire, centrés dans un petit espace nécessitant un seul brasseur d'air et qui n'a pas d'usage zoné ou encore répartis équitablement selon les règles de dimensionnement dont quelques recommandations sont données ci-après, dans des espaces à usage diffus (salles de classe, salle de spectacle, salle de sport, etc.)

Le choix des modèles de brasseurs d'air, en termes de matérialité et de couleur, se fera souvent sur la base de considérations esthétiques en lien avec l'aménagement global de l'espace car manifestement les brasseurs d'air sont des objets techniques particulièrement voyants. Ils doivent donc absolument être co-sélectionnés à la fois par l'architecte et le maître d'ouvrage et/ou le maître d'usage en même temps qu'ils devront être pré-sélectionnés par le référent énergie/environnement de l'équipe de maîtrise d'œuvre aussi bien sur le plan performantiel qu'en termes de cohérence écologique globale.



École Jean Moulin, Miramas

© Indigo

Ainsi, les points suivants doivent être notamment regardés :

- l'efficacité énergétique spécifique du brasseur qui mesure le « service rendu » (son débit) par unité de puissance absorbée et payée (le W) : cette valeur exprimée donc en $m^3/h/W$ ou encore en $m^3/(Wh)$ doit être la plus élevée possible en fonction de la technologie (BAP à courant alternatif ou BAP à courant continu) et des valeurs seuils qui sont données dans la [partie 8](#) ;
- le matériau de fabrication doit être le plus durable possible : on privilégiera des brasseurs d'air en bois éco-certifié et traçable ou encore en métal inoxydable (éviter absolument l'acier laqué dans les DOM) plutôt que des modèles en matériau plastique bien que ceux-ci aient également l'avantage de la légèreté ;
- éventuellement l'origine géographique de fabrication ;
- la durée de garantie, qui devra excéder 10 ans et qui est parfois illimitée pour le moteur, ainsi que le marquage CE qui est obligatoire ;
- la tropicalisation des moteurs est essentielle (outdoor version damp ou également IP44), d'autant plus pour des usages en extérieur et protégé des intempéries (terrasse, loggia, varangue...) ;
- divers détails techniques et performanciels essentiels dont notamment la puissance à l'arrêt qui devrait être inférieure ou égale à 0,2 W.

RATIOS DE DIMENSIONNEMENT

En termes de pré-dimensionnement, on pourra utiliser les règles suivantes :

- Sélectionner des brasseurs d'air de diamètre de 132 cm (52 pouces) minimum mais privilégier les grands modèles (plus de 150 cm).

Le ratio de base de dimensionnement est 1 BAP pour 10 à 20 m² de surface utile de plancher: un brasseur d'air de diamètre 132 suffira pour une pièce de 10 m² tandis qu'on emploiera un modèle de diamètre 180 pour une pièce de 20 m²

On entend ici par surface utile, les zones effectivement utilisées et recevant des occupants (salariés, collaborateurs, élèves, habitants visiteurs, utilisateurs...).

On exclura les espaces sans occupants permanents (les zones de circulation, les sanitaires, ou encore les dépôts et entrepôts par exemple), qui ne recevront des brasseurs d'air que s'ils ont occupés en permanence par des employés de logistique ou de vente.

Pour les pièces de grande dimension, nous proposons un outil de type tableur de pré-dimensionnement qui devra être utilisé en tenant aussi compte des règles de calepinage présentées dans [la partie 9](#) par rapport aux contraintes de structure et d'usage.

Enfin, pour des projets ou des géométries plus complexes, les outils fournis par l'université de Berkeley (<https://cbe.berkeley.edu/research/advanced-ceiling-fan-design-tool/>) ou des CFD peuvent être utiles.

Les règles suivantes de pré-dimensionnement pourront donc être utilisées:

| Pièce | Diamètre modèle (cm) à privilégier | Diamètre en pouces | Nombre | Remarques |
|--|------------------------------------|--------------------|--------|----------------------|
| Chambre ou bureau < 10 m ² | 132 | 52 | 1 | centre de la pièce |
| Chambre ou bureau < 25m ² | 150-160 | ~ 60 | 1 | centre de la pièce |
| Salle de classe < 50 m ² | 150 | ~ 60 | 4 mini | calepinage essentiel |
| Salle de classe < 70 m ² | 150-160 | ~ 60 | 6 | calepinage essentiel |
| Salle polyvalente < 100 m ² | 150-160 | ~ 60 | 8 | calepinage essentiel |

HAUTEURS DE FONCTIONNEMENT

Les implantations en hauteur font l'objet d'une rubrique spécifique, détaillant les conditions de sécurité et le fonctionnement aéraulique des brasseurs d'air.

ASPECTS TECHNIQUES ET RÉGLEMENTAIRES

Les prescriptions performanciennes sont explicitées en détail dans la [partie 8](#).
Les points ci-après sont essentiels :

ALIMENTATION ÉLECTRIQUE

La mise en œuvre des brasseurs d'air devra respecter les spécifications techniques suivantes complétant les règles techniques générales EUROCODES et dans les DOM, les règles Antilles :

- Conformité électrique selon NF C15-100 : les brasseurs d'air seront câblés sur une alimentation spécifique distincte de l'éclairage.
- DTU ventilation 68.3

Une note de calcul électrique spécifique devra détailler le dimensionnement de ce dispositif en phase PRO.

Il s'agira de prévoir des attentes électriques, protégées et repérées au tableau électrique, aux points d'alimentation définis ci-avant (à défaut de zonage d'usage ces alimentations seront centrées ou équi-réparties) avec au minimum une attente tous les 15 à 20 m² ;

Pour les bâtiments existants, des dérogations sont justifiables sur l'absence d'une alimentation électrique dédiée, dans la mesure où les puissances mises en jeu sont comparables à celles des points lumineux.

COMMANDES

Il s'agit de prévoir des commandes soit individualisées, pour chaque brasseur d'air, soit groupées pour des trames d'usage homogène, permettant un fonctionnement discrétisé et donc plus économe de chaque brasseur d'air ou de chaque trame. Il paraît pertinent, dans tous les cas, de ne pas grouper plus de deux brasseurs d'air sur une seule commande.

Le choix de commandes se fera en privilégiant des modèles robustes à commande filaire et murale (interrupteur mural dûment repéré avec réglage de vitesse explicite).

Lorsque des télécommandes sont employées, elles peuvent constituer un maillon fragile (notamment dans la gestion des piles pour les bâtiments tertiaires).

Ces commandes devraient théoriquement, notamment dans les espaces publics ou scolaires, être protégées mécaniquement par un capotage, éventuellement sous clé. Ainsi, dans les salles de classe les commandes pourront être regroupées dans un coffret IP 20, manipulable par l'enseignant à proximité du tableau. et commandé par un interrupteur simple en entrée de salle.

Voir également les extraits de CCTP inclus dans le guide pour la description des commandes.

En termes de régulation, on pourra aussi asservir le fonctionnement des brasseurs d'air à la présence des occupants : soit par une horloge programmée, soit par un détecteur de présence, mais ces fonctionnalités déresponsabilisent l'utilisateur.

ESSAIS

Il est important de prévoir que les brasseurs d'air fassent l'objet d'essais de validations de performance (commande-régulation, débits à diverses vitesses, etc.) à la livraison du chantier en conditions réelles d'utilisation. Ces essais devront démontrer la capacité des BAP installés à créer une vitesse d'air de plus 0,5 m/s sur l'occupant situé dans la zone de confort (cf [partie 8](#)).

Les essais devront faire apparaître :

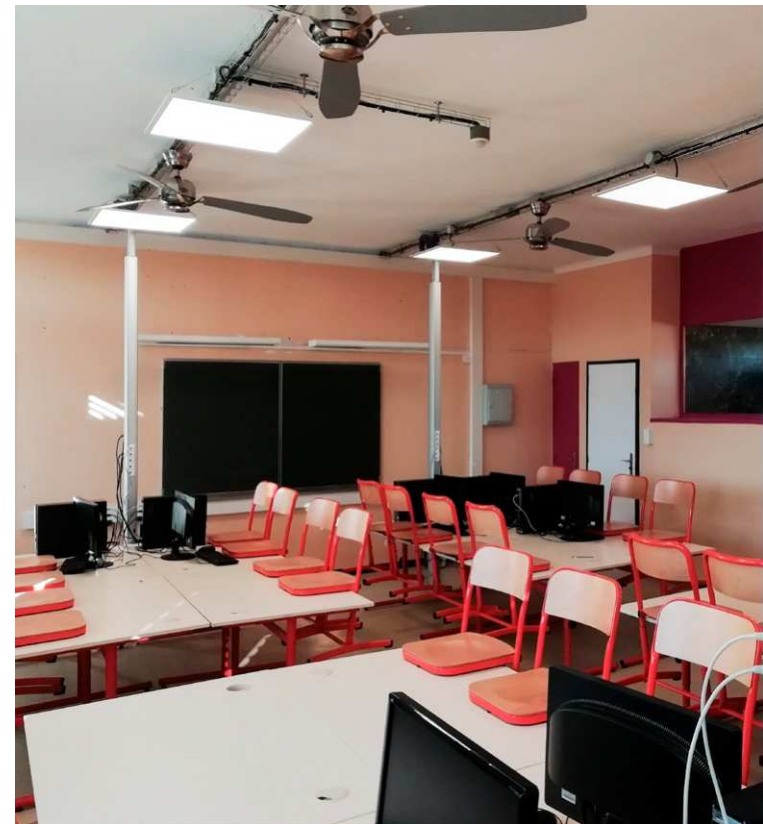
- la distribution des vitesses d'air sur chaque palier de réglage de vitesse depuis l'axe de l'appareil, jusqu'à un rayon de 3 m (mesure tous les 50 cm) ;
- les puissances électriques absorbées sur chaque réglage de vitesse ;
- l'absence d'oscillation trop importante ou de bruit parasite.

L'objectif des essais est également d'effectuer un réglage des vitesses lors de la livraison de l'équipement, en présence de l'installateur, du maître d'ouvrage ou de l'exploitant des locaux, et du BET fluides et de l'architecte.

Ceci est particulièrement important dans le cas des bâtiments tertiaires où les commandes ne sont pas accessibles aux usagers (élèves d'une salle de classe par exemple).

École Jean Moulin, Miramas

© Inddigo



IMPACTS ÉNERGÉTIQUES ET FINANCIERS

Un concepteur, même non énergéticien, est en mesure de calculer l'impact énergétique et financier d'un brasseur d'air.

Par exemple pour un bureau de 15 m² situé aux Antilles ou en Guyane équipé d'un brasseur d'air de qualité, à courant continu de 28 W de puissance nominale, qui est en fonctionnement en grande vitesse pendant 7 heures par jour et 200 jours par an, la consommation électrique sera de 42 kWh/an.

La consommation spécifique sera de 2,8 kWh/an/m²

Cette valeur est à comparer à la consommation d'un climatiseur qui sera, aux Antilles, supérieure à 40 kWh/ m²/an dans un bâtiment thermiquement bien conçu.

On remarque que ces valeurs sont pessimistes pour les raisons suivantes :

- le brasseur d'air ne sera pas sollicité tous les jours en permanence ;
- il ne tournera pas toujours à pleine vitesse.

S'il fonctionne en vitesse lente les consommations respectives pourront être aussi basses que

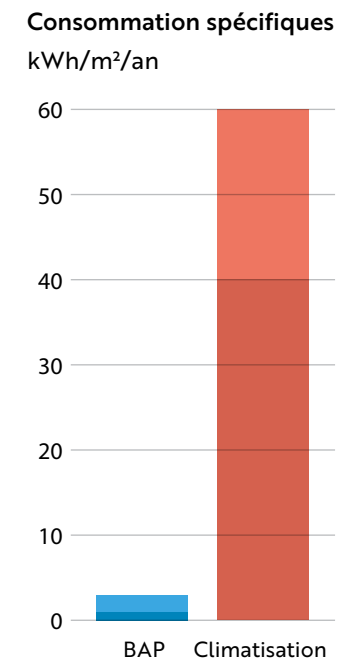
10 kWh/an et représenter 0,7 kWh/m²/an.

On retiendra comme ordre de grandeur une consommation spécifique de moins de 1 kWh/m²/an

Les dépenses correspondantes pour un kWh électrique à 0,15 €/kWh seront donc dérisoires et comprises entre 0,1 et 0,4 €/m²/an. Ces dépenses prévisionnelles, ramenées à l'échelle du bâtiment, devraient pouvoir être fournies au maître d'ouvrage en phase conception, y compris en valeur comparée avec des solutions de confort avec climatisation.

Il faudrait bien évidemment rajouter à ce bilan financier les dépenses de fonctionnement et de gros entretien, mais sur cet aspect aussi la technologie frugale et robuste des brasseurs d'air les rend particulièrement économes.

En conclusion, si ces prescriptions sont respectées dans une architecture sensée, l'usage des brasseurs d'air constitue clairement une alternative à la fois qualitative, crédible, durable et éco-responsable à la climatisation, apportant du confort à bien moindre coût global.



PERFORMANCES DES BAP

PARTIE 8



CONTEXTE ET ENJEUX

Pourtant encouragés et prescrits par la Réglementation Thermique depuis 2010 dans les DOM, l'usage des Brasseurs d'Air Plafonniers (BAP) reste peu développé dans les bâtiments d'Outre-mer, avec, par exemple, un taux d'équipement résidentiel inférieur à 20 % en Guadeloupe.

Le brasseur d'air est supplanté par la climatisation, notamment aux Antilles, avec des taux d'équipement dans le secteur résidentiel estimés en 2020 à environ 70 % pour les chambres des logements.

Ces taux de pénétration sont également très élevés en Guyane et à la Réunion.

En France hexagonale, notamment en zone méditerranéenne mais pas uniquement, la problématique est la même : le taux de pénétration des brasseurs d'air est faible tandis que la climatisation se développe très rapidement dans le secteur résidentiel après une forte pénétration dans le secteur tertiaire. Les brasseurs d'air y demeurent une technologie très peu développée alors qu'elle est encore plus pertinente que dans les DOM car elle permet le remplacement total de la climatisation toujours en complément d'une approche bioclimatique. Une avancée notable en France métropolitaine est le fait que la

réglementation environnementale (RE2020) pour les bâtiments neufs prend en compte les brasseurs d'air. Ce développement rapide de la climatisation est largement dû au taux de pénétration en très forte croissance des pompes à chaleur (PAC) pour le chauffage qui permettent de climatiser les espaces en mode réversible. Il est également dû au développement des VMC double flux qui se développent rapidement avec les évolutions réglementaires et permettent de souffler le chaud ou le froid par le réseau de gaines, grâce à une PAC.

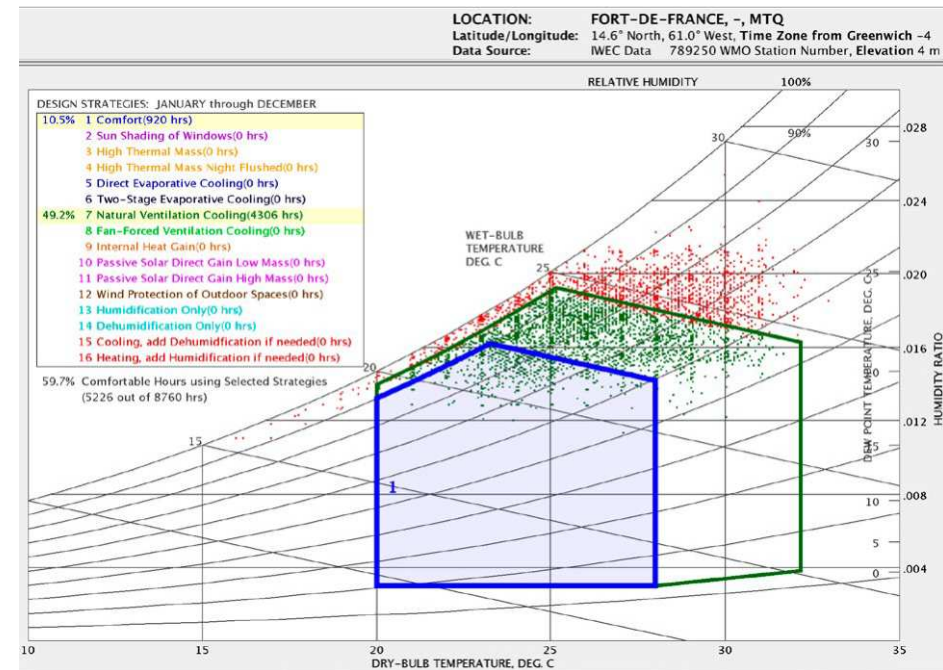
Pourtant, le brasseur d'air apporte du confort à moindre coût environnemental et économique, en climat tropical et équatorial, ainsi qu'en saison chaude pour les climats tempérés.

Depuis 2020, l'installation des Brasseurs d'Air Plafonniers est fortement aidée en Outre-Mer par les primes mises en œuvre par EDF et les partenaires des Comités MDE (ADEME, État, Collectivités Régionales). La raison essentielle est leur efficacité énergétique très élevée : nous comparons ici les valeurs de leurs coefficients d'efficacité énergétiques (les EER) avec les climatiseurs.

BRASSEURS VERSUS CLIMATISATION: LE MATCH

Les performances d'une ventilation adaptée par brasseurs d'air se révèlent être très élevées comparées à la climatisation. La consommation d'énergie est bien moindre, point non négligeable dans des régions insulaires et équatoriales où la production électrique est encore largement dominée par les énergies fossiles. Cette électricité pour la climatisation représente un usage et une dépense énergétique dominants et en croissance, aussi bien dans les secteurs résidentiels que tertiaires.

Si le brasseur ne rafraîchit pas stricto sensu en termes d'abaissement de la température mesurée, il procure une amélioration du confort thermique par l'impact physiologique du mouvement de l'air sur les occupants ([voir partie 5](#)). Cette vitesse d'air favorise les échanges thermiques superficiels sur la peau : refroidissement par différence de température et surtout par augmentation de l'évaporation de la sueur qui absorbe de la chaleur et génère donc un rafraîchissement ressenti de plusieurs degrés, comme l'ont démontré les travaux des scientifiques référents sur la théorisation du confort, B. Givoni et P.O. Fanger.



extrait d'une sortie du diagramme de confort avec le logiciel Climate Consultant pour la ville de Fort de France qui représente les périodes de l'année où un occupant atteint un confort thermique acceptable dans un bâtiment protégé du soleil sans (zone bleue) ou avec (zone verte) une vitesse d'air.

EFFICACITÉS ÉNERGÉTIQUES COMPARÉES: COMMENT LE BRASSEUR D'AIR DEVANCE LA CLIM !

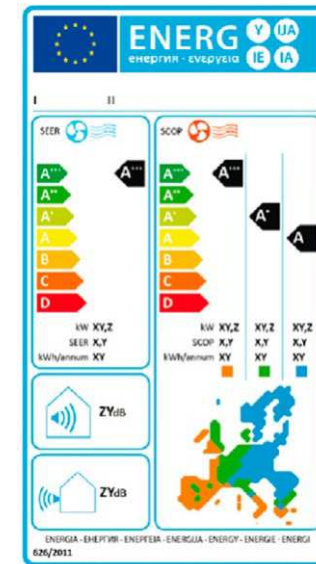
C'est un fait scientifiquement incontestable : mettre une masse d'air en mouvement (brasseur d'air) demande beaucoup moins d'énergie que de la rafraichir (climatisation).

L'Energy Efficiency Ratio (EER) ou rapport d'efficacité énergétique caractérise la performance d'une installation de rafraîchissement. C'est le rapport entre la chaleur soustraite à la pièce et l'énergie électrique absorbée par le compresseur du climatiseur pour faire fonctionner ce cycle thermodynamique. Il dépend des conditions intérieures et extérieures qui sont normalisées par les organismes de certification.

Sur les climatiseurs de dernière génération, de classe A+++, l'étiquette énergie européenne mentionne également un SEER (ou EER saisonnier) qui indique donc le rendement énergétique moyen d'une installation sur l'ensemble d'une saison standardisée. Les machines frigorifiques fournissent, même pour les plus performantes (classe A+++), rarement plus de 4 kWh maximum d'énergie frigorifique utile à partir d'un 1 kWh d'énergie électrique absorbée.

Ce SEER nominal reste une valeur théorique et les campagnes de suivi d'installations montrent qu'il faudrait, si on veut caractériser le service énergétique rendu par unité d'énergie absorbée, prendre aussi en considération dans un « SEER réel » :

- non seulement l'énergie absorbée par le compresseur mais aussi par les autres organes consommant de l'électricité : ventilateurs, régulation, etc.
- la baisse d'efficacité liée à l'encrassement du compresseur, des filtres et d'autres composants qui peuvent significativement impacter l'énergie frigorifique produite.
- les pertes énergétiques liées aux imperfections de réalisation (calorifuge, etc.)
- les baisses d'efficacité énergétique liées à des températures de consigne dans les locaux à rafraichir qui sont plus basses que les valeurs utilisées pour les mesures standard et qui peuvent également engendrer des dysfonctionnements liés aux phénomènes de condensation, en même temps que des désordres sur les parois des locaux.



EFFICACITÉS ÉNERGÉTIQUES COMPARÉES: COMMENT LE BRASSEUR D'AIR DEVANCE LA CLIM !

Nous avons évalué que ces SEER globaux peuvent varier, pour des installations récentes de bonne qualité de valeurs allant de 3,0 pour des climatiseurs A+, à 3,5 pour les climatiseurs A++ et à 4,5 pour les climatiseurs A+++ .

Les données disponibles montrent que des consommations type pour ces climatiseurs conduisent, aux Antilles, à des consommations électriques correspondantes annuelles allant de 47 kWh/(m²-an) pour les A+++, à 60 kWh/(m². an) pour les A++ et à 70 kWh/(m²-an) pour les A+, dans diverses typologies climatisées des secteurs résidentiels (chambres des logements) et tertiaires (bureaux) pour des durées de fonctionnement de 7 h par jour dans des espaces correctement protégés de l'ensoleillement et à apports de chaleur internes relativement modérés.

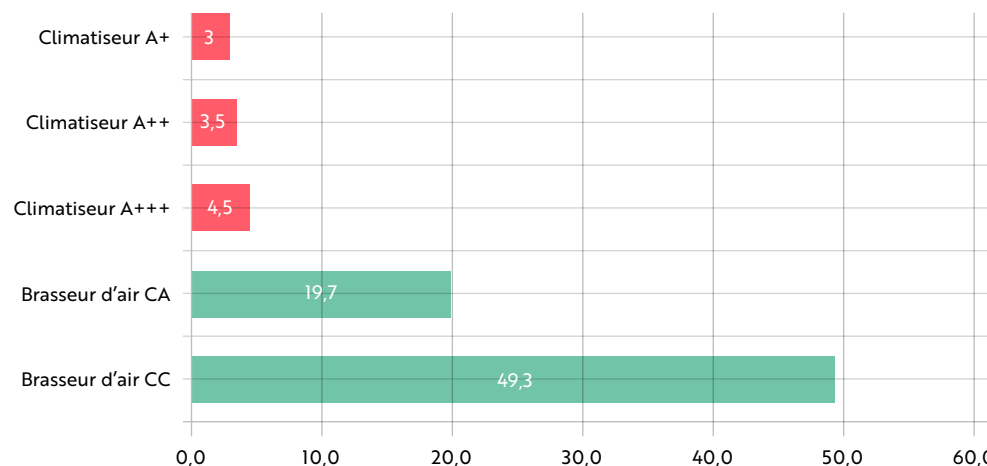
Dans une chambre, pour une surface type de 12 m² à rafraichir, un brasseur d'air performant soigneusement sélectionné, correctement dimensionné (1,50 m de diamètre) et mis en œuvre, peut rendre un service énergétique équivalent en abaissant jusqu'à 4° C la température ressentie

par l'occupant avec une consommation maximale correspondante de :

- 10 kWh/(m².an) pour un brasseur d'air à courant alternatif (puissance absorbée de 50 W)
- 4 kWh/(m².an) pour un brasseur d'air à courant continu (puissance absorbée de 20 W)

Les valeurs des SEER globaux comparatifs sont alors données par le tableau suivant qui montrent que les brasseurs (respectivement à courant alternatif (AC) et continu (CC)) sont entre 7 et 16 fois plus efficaces que les climatiseurs de classe A+.

SEER (Efficacité énergétique saisonnière) globaux de divers dispositifs de rafraîchissement



AVANTAGES DES MOTORISATIONS À COURANT CONTINU

Les nouvelles générations de brasseurs d'air plafonniers utilisent des moteurs à courant continu.

Leurs avantages sont de 3 ordres :

- ils ont des efficacités énergétiques élevées, environ 3 fois meilleures que les motorisations à courant alternatif (moteurs asynchrones) pour des impacts comparables ;
- leur fiabilité et durée de vie est importante : contrairement aux moteurs à courant alternatif, ils n'ont pas de condensateur de démarrage, qui peut être source de panne ;
- les commandes de variation de vitesse sont facilitées par des dispositifs électroniques de variation de tension.

Ces motorisations à courant continu (moteur DC) sont amenées à se généraliser pour l'application des Brasseurs d'Air Plafonniers, avec des commandes généralement à 6 vitesses pour les appareils domestiques.

| | Motorisation AC (moteur asynchrone) | Motorisation DC (courant continu) |
|--|--|---|
| Puissances absorbées | 20 à 80 W | 10 à 40 W |
| Efficacité énergétique à basse vitesse | < 500 m ³ /Wh | > 1000 m ³ /Wh |
| Fiabilité et durée de vie | Condensateur fragile si variation de tension | Pas de condensateur → meilleure fiabilité constatée malgré la présence d'électronique plus importante |
| Variation de vitesse | Variateur électronique 3 vitesses | Moteur à vitesse variable 6 vitesses |
| Nuisances sonores | Quasi inexistantes | |
| Marques de référence (non exhaustif) | Hunter | Fanelite |

EXIGENCES DE PERFORMANCES

Afin de garantir les performances globales des brasseurs d'air plafonniers (BAP) et la durabilité de celles-ci, leur sélection devrait satisfaire simultanément les exigences courantes pour les petits modèles (diamètre inférieur à 1,60 m) :

- Diamètre de 132 cm minimum
- 3 vitesses de fonctionnement minimum (les BAP à DC en ont généralement 5 ou 6)
- Puissance maximale des moteurs $\leq 70\text{ W}$ pour les modèles BAP à AC et $\leq 30\text{ W}$ pour les modèles à DC (il faudra privilégier, bien sûr, les moteurs DC) pour les modèles de diamètre $\leq 160\text{ cm}$. Pour les diamètres supérieurs, seul le critère d'efficacité en Wh/m^3 devra être respecté;
- Puissance appelée à l'arrêt $< 0,2\text{ W}$;
- Calepinage soigné (voir [partie 7 et 9](#)) des BAP tenant compte de contraintes diverses dont nous rappelons ici quelques points essentiels :
 - implantation à une distance du plafond (hauteur libre) correspondant aux recommandations du fabricant. Cette hauteur libre doit permettre aux pales de bénéficier d'un espace permettant une aspiration efficace de l'air au-dessus du plan de rotation, c'est à dire un écoulement avec de faibles pertes de charge et sans turbulences et donc un soufflage descendant important. Cette

hauteur libre est généralement de 30 cm pour les BAP de faible ou moyen diamètre (moins de 1,60 m) et elle est plus importante pour les modèles de grands et, a fortiori, de très grands diamètres. Certains modèles de brasseur d'air permettent un fonctionnement satisfaisant avec une hauteur libre de 20 cm. Ils sont alors particulièrement bien adaptés aux espaces de 2,50 m de hauteur sous plafond;

- les BAP sont implantés verticalement à une hauteur telle qu'ils ne présentent pas de risque pour les occupants, ce qui correspond en général à un plan de rotation à plus de 2,30 m du sol fini;
- dans les locaux à très grande hauteur sous plafond mais de dimensions modestes, notamment dans le secteur résidentiel (par exemple double hauteur ou hauteur sous rampant d'une mezzanine), on aura soin d'adapter les tiges de support des brasseurs d'air pour éviter que le plan de rotation soit à plus de 3,0 m du niveau du sol, dans la mesure où le diamètre des BAP sera de dimension modeste;
- « Surface de confort » (qui représente la surface pour laquelle le BAP garantit une vitesse d'air sur l'occupant de plus 0,5m/seconde) minimale de $2,27 \times (D/132)^2\text{ m}^2$. D étant le diamètre du brasseur d'air (surface directement balayée par celui-ci);

- Puissance acoustique de 45 dB(A) maximum pour la vitesse maximale et puissance acoustique de 35 dB(A) maximum pour la vitesse la plus faible.;
- Efficacité du BAP: $>500\text{ m}^3/\text{Wh}$ à vitesse minimale et $>140\text{ m}^3/\text{Wh}$ à vitesse maximale. Les BAP à courant continu auront des efficacités bien plus élevées;
- Éclairage: compatible LEDs avec température de couleur $< 5400\text{ K}$ ou pas d'éclairage;
- Fixation: rotule (+tube) de fixation obligatoire entre le support plafond et le groupe moteur/pales;
- Système de sécurité (installation en zone sismique 5): 3^e point de fixation dissocié (harnais de sécurité);
- Garantie de 10 ans sur le moteur (certains modèles sont garantis à vie).

IMPLANTATION ET POSITIONNEMENT DANS L'ESPACE

PARTIE 9

COORDINATION AVEC LES DIFFÉRENTS
ÉLÉMENTS DU PLAFOND,
CALEPINAGE DES BRASSEURS D'AIR



ENJEUX

Les parois horizontales des bâtiments, en premier lieu les toitures (dalles hautes, toitures avec charpentes), ont des fonctionnalités architecturales diverses :

- fonctionnalités structurelles ;
- fonctionnalités de clôture de l'espace ;
- fonctionnalité de protection de l'intérieur du bâtiment : étanchéité à l'air, étanchéité à l'eau, protection thermique par rapport au froid, à la chaleur, à l'ensoleillement, au vent, protection acoustique par rapport à l'extérieur, etc.
- éventuellement fonctionnalités productives (récupération d'énergie, d'eau, production végétale) ou d'usage (équipements techniques, usages fonctionnels spécifiques ou récréatifs, etc.

En revanche, les surfaces horizontales hautes des pièces des bâtiments, aussi bien les toitures ainsi que les dalles hautes des niveaux intermédiaires, pour les bâtiments à partir du R+1, doivent également être conçues et dimensionnées pour assurer, en outre, des fonctionnalités autres qui sont principalement relatives au traitement des ambiances sensorielles de ces espaces.

Ainsi, quelles que soient les typologies des bâtiments (logements, bâtiments scolaires, bâtiments de bureaux, etc.) les plafonds devront intégrer, outre des dispositifs structurels (poutres, etc.) :

- des systèmes d'éclairage artificiel des espaces, sauf, bien évidemment, si l'éclairage est inexistant, ce qui peut arriver dans le cas de bâtiments à usage diurne, ou encore si l'éclairage est apporté par des dispositifs en appliques ou par des lampes sur prises ;
- des dispositifs d'absorption acoustique pour traiter la réverbération sonore. Ces dispositifs sont particulièrement contraignants dans le secteur tertiaire lorsque de fortes absorptions sont demandées (temps de réverbération faible à obtenir), par exemple pour des salles de classe, des réfectoires, des salles de réunion, des salles de spectacle (...). Dans ce cas, des surfaces absorbantes importantes sont à mettre en œuvre et elles peuvent représenter la surface totale de la salle. Là encore, la contrainte peut être minimisée par l'utilisation de panneaux absorbant verticaux sur les parois internes, murs et cloisons ;
- parfois aussi, dans les climats tempérés, des émetteurs de chaleur de type panneaux rayonnants plafonniers (voir coupe et photo ci-après) ;
- parfois aussi des systèmes de détection incendie et tout autre équipement plafonnier de type vidéo projecteur, rails de fixation, etc.

Il en résulte que la conception et le dimensionnement des brasseurs d'air plafonniers doit faire l'objet d'un **calepinage rigoureux** qui doit tenir compte en même temps :

- des fonctionnalités multiples susmentionnées ;
- d'un positionnement adapté des brasseurs d'air par rapport aux usagers ;
- d'une répartition a priori homogène dans la pièce ;
- d'exigences esthétiques.

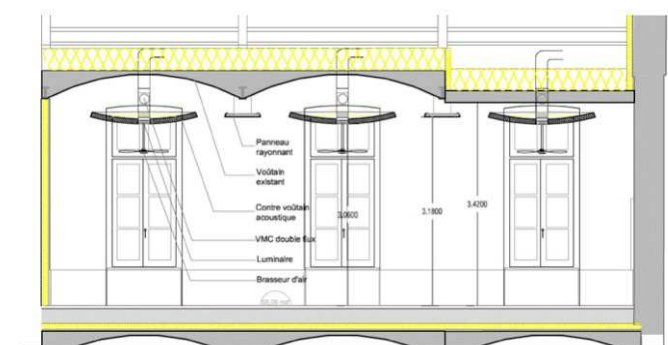
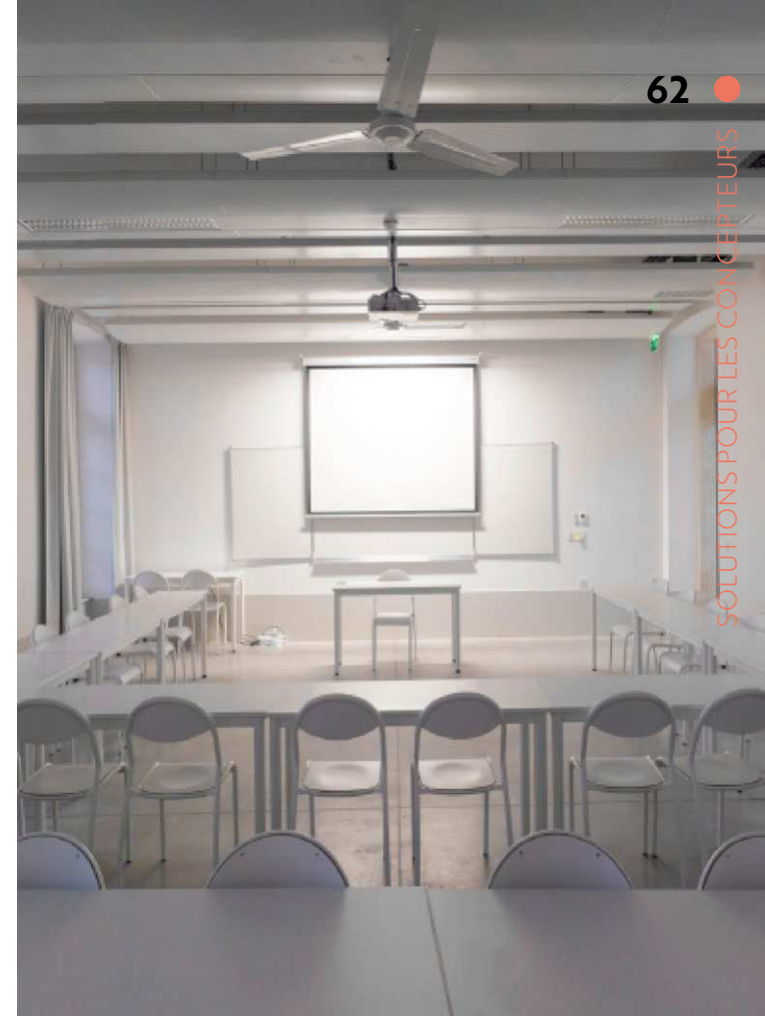
Cela veut donc dire, concrètement, que, sous l'autorité de l'architecte du projet et en lien avec les ingénieurs en charge de la co-conception des ambiances (acousticien, ingénieurs fluides, ingénieur qualité environnementale,...) ainsi que de la structure (ingénieur structure), un travail de co-conception doit être effectué en phase d'études avant d'être amendé puis validé par une synthèse avec les entreprises des corps d'état concernés, en phase chantier.

RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES

La conception générale du calepinage des brasseurs d'air, quelle que soit la typologie de local concernée, obéit aux recommandations générales suivantes dans les trois dimensions :

- les brasseurs d'air plafonniers sont implantés à une distance du plafond (hauteur libre) correspondant aux recommandations du fabricant. Cette hauteur libre doit permettre aux pales de bénéficier d'un espace permettant une aspiration efficace de l'air au-dessus du plan de rotation, c'est-à-dire un écoulement avec de faibles pertes de charge et sans turbulences et donc un soufflage descendant important. Cette hauteur libre est généralement de 30 cm pour les brasseurs d'air de faible ou moyen diamètre (moins de 1,60 m). Elle est plus importante pour les modèles de grands et, a fortiori, de très grands diamètres. Cette hauteur libre est d'autant plus importante que le brasseur tourne à une vitesse élevée. Certains modèles de brasseur d'air permettent un fonctionnement satisfaisant avec une hauteur libre de 20 cm et ils sont alors particulièrement bien adaptés aux espaces ayant 2,50 m de hauteur sous plafond ;
- les BAP sont implantés verticalement à une hauteur telle qu'ils ne présentent pas de risque de blessure pour les occupants qui, par exemple, lèveraient les bras ce qui correspond en général à un plan de rotation à plus de 2,30 m du sol fini. Ces valeurs sont strictement demandées, notamment dans les ERP ;

- il est préférable que cette implantation soit située au dessus de la zone d'implantation des luminaires ou suffisamment loin de ces luminaires (distance de plus de 4 fois la différence de hauteur) afin que le passage des pales devant l'éclairage ne génère pas d'effet stroboscopique pour l'occupant ;
- les BAP sont fixés durablement au plafond ou à la toiture, dalle haute ou charpente (voir fiche spécifique sur le sujet) afin de ne pas représenter de risque de chute ;
- les brasseurs d'air sont équi-répartis dans la zone de séjour ou de passage de l'espace concernée. Il n'y a, bien sûr, pas lieu de mettre de brasseurs d'air au-dessus des placards, zones de stockage et autres zones « mortes ». Cette équi-répartition permet une vitesse d'air homogène sur la zone (règles de dimensionnement abordées dans une autre fiche). On respectera également une équi-distance entre plusieurs brasseurs d'air et entre les brasseurs d'air de la périphérie de la pièce et les parois verticales ;



Université de Nîmes (ancien hôpital Hoche) :
implantation des brasseurs d'air, panneaux
acoustiques, éclairage, panneaux rayonnants.

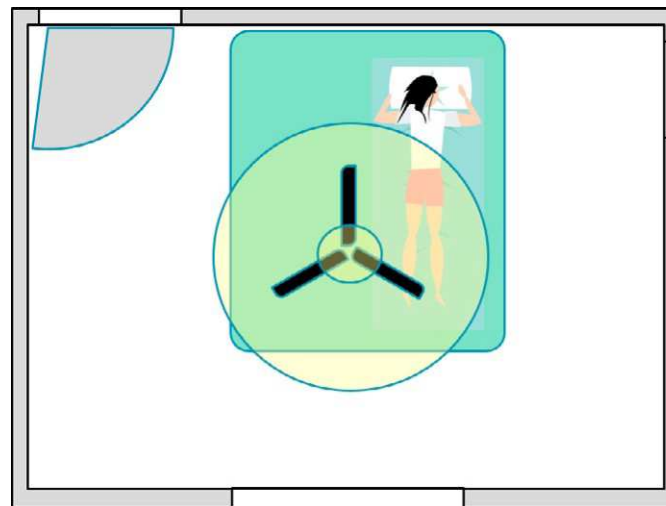
CAS DES PETITS ESPACES NÉCESSITANT UN SEUL BRASSEUR D'AIR

Ce cas concerne les bureaux individuels, les chambres des logements, les petites chambres d'hôtel, les chambres d'hôpital, les petits séjours.

Dans ce cas on pourra choisir de positionner le brasseur d'air soit au centre de la pièce, soit au-dessus de la zone d'installation privilégiée de l'occupant : au-dessus du lit, au-dessus du bureau, au-dessus de la table de la salle à manger. Dans ce dernier cas alors, le changement du positionnement du mobilier impactera le confort de l'occupant.

Bien souvent, dans le cas de ces petits espaces, et en particulier en résidentiel, il sera opportun d'utiliser des brasseurs d'air avec éclairage incorporé, qui sont aujourd'hui proposés par de nombreuses marques, notamment pour les modèles à courant continu.

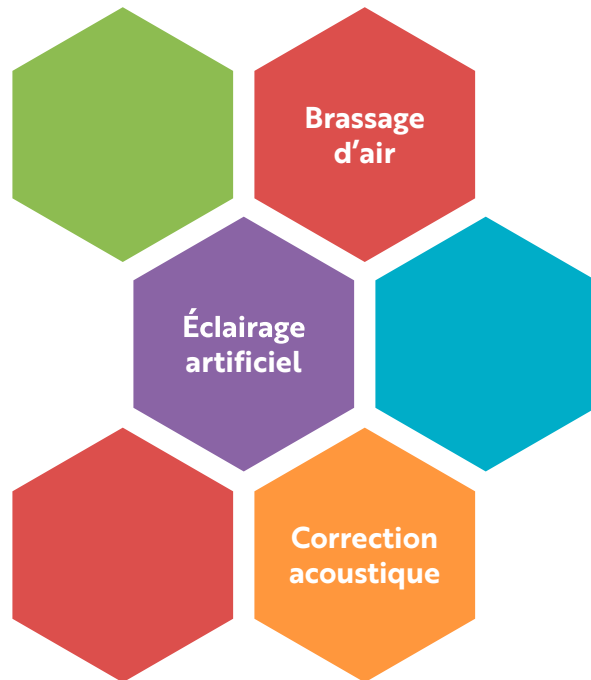
Vue en plan
d'une chambre



ÇAS DES GRANDS ESPACES À OCCUPATION RÉPARTIE NÉCESSITANT UN ENSEMBLE DE BRASSEURS D'AIR

Dans les cas généraux, ces espaces sont à plus forte densité d'occupation avec des plafonds disposant de faux-plafonds suspendus, habituellement en dalles de dimensions standardisées de 60 x 60 cm.

Pour rappel, 3 fonctions de traitement d'ambiance doivent être mises en œuvre; elles sont complémentaires et ont des interférences à traiter.



| Parmi les interférences dominantes, on peut citer... | | Solutions |
|--|--|--------------------------------------|
| L'EFFET STROBOSCOPIQUE | Phénomène stroboscopique inconfortable des pales des brasseurs d'air qui seraient dans le champ d'un éclairage situé au-dessus | À annuler par un calepinage adapté |
| L'ABSORPTION ACOUSTIQUE | L'absorption du bruit des moteurs des brasseurs d'air plafonniers | À favoriser par un calepinage adapté |

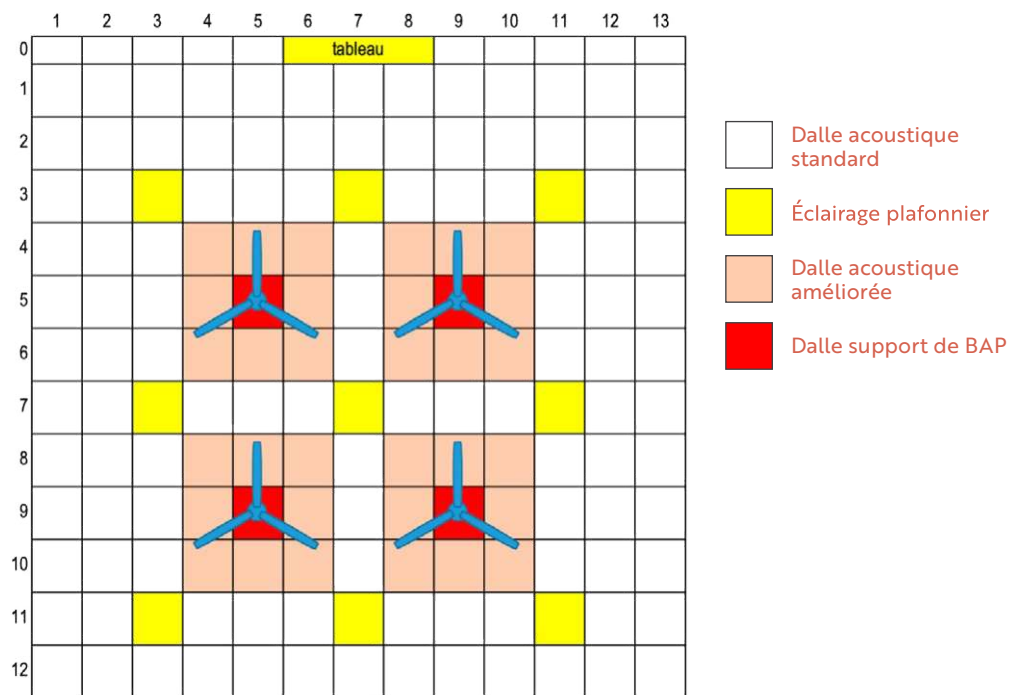
L'EXEMPLE D'UNE SALLE DE CLASSE

On donne ci-contre un exemple d'implantation et de choix différencié de dalles de faux-plafond pour un espace de salle de classe fonctionnant en ventilation naturelle, avec le complément de ventilation artificielle par des BAP.

Exemple d'une salle de classe d'environ 50 m² (environ 7 m x 7 m):

Calepinage des dalles 60 cm x 60 cm

Principe de traitement optimisé d'une salle de classe



PRESCRIPTIONS POUR LES MAÎTRES D'OUVRAGES ET MAÎTRES D'ŒUVRE

PARTIE 10



Ce chapitre a pour vocation de regrouper des extraits de CCTP et des prescriptions techniques.

Ceux-ci seront largement à adapter par les concepteurs en fonction :

- Des locaux à traiter ;
- Des souhaits spécifiques de la MOA ou des utilisateurs, sur la question des commandes ;
- De l'évolution des performances du matériel.

ALLOTISSEMENT

Il sera préférable que l'entreprise en charge du lot courant fort soit en charge des brasseurs d'air plafonniers.

Leur installation demande principalement des compétences électriques et non aérauliques. Les limites de prestations en termes de câblage ou d'interférence avec les luminaires en plafond seront ainsi plus aisément traitées.

Les prescriptions données ici s'adressent à tous les professionnels. Elles synthétisent à la fois les exigences réglementaires, les recommandations techniques et les exigences en vigueur pour les partenaires d'EDF du réseau AGIR Plus portant sur la sélection des appareils.

Prescriptions techniques générales: retenues par EDF pour les partenaires AGIR PLUS (en Guadeloupe)

Critères obligatoires: les 10 points à respecter, pour la sélection des appareils:

1. **Puissance moteur max ≤ 70 W** (privilégier moteur DC) pour les modèles d'un diamètre \leq à 70 pouces (180 cm). Pour les tailles supérieures, seul le critère d'efficacité en $W/m^3.h$ devra être respecté.
2. **Surface de confort de $2,27 \times (D/52)^2$ m² minimum**, garantissant une vitesse d'air de 0,5 m/seconde.
D étant le diamètre du brasseur en pouces.
3. **Puissance acoustique de 45 dB(A) max** à la vitesse assurant la surface de confort de $2,27 \times (D/52)^2$ m².
Puissance acoustique de 35 dB(A) max à la plus faible vitesse.
4. **Efficacité > 500 m³/Wh à vitesse minimale** et > 140 m³/Wh à vitesse maximale.
5. **3 vitesses** de fonctionnement minimum.
6. **Diamètre 132 cm (52 pouces) minimum**.
7. **Eclairage**: compatible LEDs avec température de couleur < 5400 K ou pas d'éclairage.
8. **Fixation: rotule (+tube) de fixation obligatoire** entre le support plafond et le groupe moteur/pales.
9. **Système de sécurité** (installation en zone sismique 5): 3^e point de fixation dissocié (harnais ou câble de sécurité).
10. **Garantie de 10 ans** sur le moteur.

Critères techniques recommandés:

- Puissance de veille à l'arrêt $< 0,2$ W.
- Retour obligatoire à la position éteinte: éclairage et rotation.
- Un sens de rotation unique (sens inverse des aiguilles d'une montre).
- Un indice IP44 pour garantir l'ensemble du matériel contre la corrosion.



Source: Prescriptions brasseurs d'air AGIR+ en vigueur en Guadeloupe en 2023

CRITÈRES COMPLÉMENTAIRES POUR UN PROJET RÉSIDENTIEL OU TERTIAIRE

Ces critères complètent ceux d'EDF. Ils ont pour objectif la réalisation d'installations durables, efficaces et de qualité.



Les pales métalliques sont à éviter en climat tropical en raison de leur sensibilité à la corrosion, y compris sur des pales en aluminium si non anodisées. Par ailleurs, elles renforcent la crainte psychologique d'un risque lié à la sécurité (syndrome des lames).

CRITÈRES DE SÉLECTION DES APPAREILS

Prescriptions complémentaires de sélection des appareils

MOTORISATION

- Puissance absorbée, à vitesse maximale, inférieure à 60 W (hors éclairage), pour les appareils jusqu'à 152 cm (60 pouces).
- Au-delà de 152 cm, se reporter aux prescriptions de performance énergétique.
- Puissance de veille à l'arrêt < 0,2 W.
- Indice de protection électrique IP44 a minima pour le bloc moteur.

PERFORMANCES

- Performances énergétiques > 500 m³/Wh à basse vitesse.
- Performances énergétiques > 140 m³/Wh à vitesse maximale.

ACOUSTIQUE

- Niveau sonore à vitesse max ≤ 45 dB pour les locaux de jour (séjours, bureaux, salles de classe, etc.).
- Niveau sonore à vitesse max ≤ 35 dB pour les locaux de nuit (chambres).

RÉGLAGES

- 3 vitesses de fonctionnement minimum pour les locaux de jour (salons et séjours, pièces de vie en tertiaire : salles de classes, bureaux, salles d'attente, salles de réunion, réfectoires, etc.).
- Au moins 5 vitesses de fonctionnement minimum pour les locaux de nuit (chambres).

ÉCLAIRAGE

- Éclairage LED (ou culots E27 compatible LEDs) ou pas d'éclairage : choix à la discrétion des usagers.

MATÉRIAUX

- Pales métalliques (acier laqué, aluminium) proscrites

CRITÈRES DE MISE EN ŒUVRE

Prescriptions complémentaires de mise en œuvre

DIMENSIONNEMENT

- Diamètre minimal de 132 cm (52 pouces) pour local < 12 à 15 m².
- Diamètre minimal de 152 cm (60 pouces) pour local > 12 à 20 m².
- 1 appareil par local dans la limite de 20 m². Un local de 30 m² (par exemple un séjour) aura 2 appareils installés.
- Pour les locaux de surface supérieure à 50 m², une étude spécifique de dimensionnement, réalisée par un professionnel (BET ou fabricant), est nécessaire.

IMPLANTATION

- En coupe, mini 30cm entre plafond et plan de rotation des pales.
- En plan, mini 30 à 50 cm entre bout des pales et cloison/refend/ autre élément suspendu.

ANCRAGE ET FIXATIONS

Fixation dans le béton ou dans un élément structurel bois ou métal capable de reprendre a minima 10 fois le poids de l'équipement et supportant les vibrations.

En zone sismique 5

Une double fixation est exigée pour l'intégralité des appareils. Elle consiste à doubler le système de fixation de série par un câble antichute dans le cas où la fixation de série serait détériorée sous l'action des accélérations horizontales en **cas de séisme**.

Une note de calcul spécifique devra détailler le dimensionnement de ce dispositif en phase PROJET.

Dans le cas de plenum et de faux-plafond

En présence d'un faux plafond, aucun brasseur d'air ne pourra être fixé directement sur ce faux plafond en dalles ou en plaques de plâtre suspendues, compte-tenu des effets dynamiques générés par l'équipement. L'utilisation de tiges filetées d'un diamètre minimal de 6mm équipées d'un raidisseur et de câble latéraux ou tout autre dispositif correctement dimensionné permettant de traverser le plenum pour se fixer dans les éléments structurels du bâtiment est nécessaire.

Sauf déclaration plus contraignante par le fabricant, un brasseur d'air **doit à minima recevoir 2 points d'ancrages dans des éléments structurels**

RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE ET COMMANDES

Prescriptions spécifiques au logement / projet résidentiel

- Un départ électrique spécifique clairement identifié, muni d'un disjoncteur, alimentera le ou les brasseurs d'air, dans la limite de 8 brasseurs d'air par départ (conformité NF C15-100).

OU

- Le départ électrique alimentant les brasseurs d'air sera celui des points lumineux du logement uniquement. Il devra aussi être clairement identifié (alim éclairage ET brasseurs d'air écrit sur le tableau), dans la limite de 8 points d'éclairage/brasseurs par départ (conformité NF C15-100).
- Pour les appareils équipés d'éclairage: retour à la position éclairage seul après coupure/ remise en tension par l'interrupteur de commande de l'éclairage.

Prescriptions spécifiques pour une salle de classe ou des locaux tertiaires

Pour les salles d'enseignement:

- L'interrupteur simple repéré «ventilateur» (par étiquette en dilophane gravé) à l'entrée de la salle pilotera l'alimentation d'un coffret situé près du tableau blanc de la salle ou du bureau de l'enseignant.
- Ce coffret contiendra l'ensemble des commandes de vitesse individuelles de chaque brasseur d'air étant reporté en façade de la gaine de salle de cours, il sera possible de régler individuellement chaque brasseur d'air si l'enseignant le souhaite.
- Pour les appareils non équipés d'éclairage: retour à la position avant coupure après remise en tension par l'interrupteur de commande éventuel.

**RÉALISER DES
INSTALLATIONS
DE QUALITÉ**

**RÈGLES DE L'ART
DÉTAILLÉES**

SÉCURITÉ, RISQUES SANITAIRES



Ces prescriptions s'ajoutent aux prescriptions générales, elles concernent des points d'attention particuliers.

Les brasseurs d'air plafonniers ne présentent pas de risques particuliers, sous réserve d'une mise en œuvre dans les règles de l'art. Ces prescriptions, rappelées dans cette partie, permettront de lever toutes les réticences liées aux risques sanitaires, ou les craintes infondées de chute des équipements.

La suite présente l'ensemble des prescriptions relatives à l'installation des brasseurs d'air sur les sujets liés à la maîtrise des risques et à la sécurité.

Cette partie s'attache à traiter les sujets des risques sanitaires, électriques, ou sismiques éventuels.

Il convient de distinguer :

d'une part, les obligations d'ordre réglementaire qui concernent notamment les règles parasismiques

et la sécurité électrique et d'autre part, les recommandations qui constituent les règles de l'art.

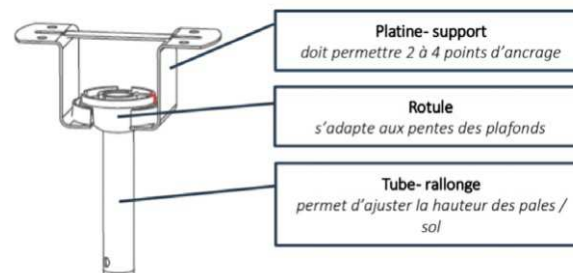
elles concernent directement les fabricants et les installateurs



Recommandations sur la sécurité parasismique

- 3^e point supplémentaire ou câble de sécurité pour les zones sismiques de niveau 5 (Guadeloupe et Martinique);
- Fixation du supportage adaptée (chevilles béton sur plafond béton, platine spécifique sur faux-plafond). Chevilles de type placo interdites;
- Fixation permettant de soutenir a minima 10 fois le poids de l'équipement et supportant les vibrations;
- Pour brasseurs d'un diamètre inférieur à 152 cm : pales métalliques proscrites;
- Système de suspension du groupe moteur/pales par crochets proscrits : rotule obligatoire;
- Systèmes de fixation adaptés au support. Chevilles en aucun cas inférieures à un diamètre de 6 mm;
- Respect des préconisations spécifiques du constructeur;
- La zone d'installation du ventilateur doit être exempte de tout obstacle : luminaires, composants de la structure du bâtiment, mobilier.

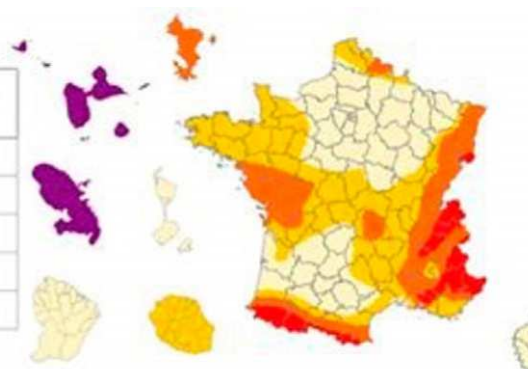
Supportage préconisé, à fixer au plafond



Sous réserve du respect des prescriptions détaillées ci-dessus, les brasseurs d'air n'impactent pas la sécurité des occupants.

Niveaux d'aléa sismiques

| Zone de sismicité | Niveau d'aléa | a_p (m/s ²) |
|-------------------|---------------|---------------------------|
| Zone 1 | Très faible | 0,4 |
| Zone 2 | Faible | 0,7 |
| Zone 3 | Modéré | 1,1 |
| Zone 4 | Moyen | 1,6 |
| Zone 5 | Fort | 3 |



Texte réglementaire générique

« 4.3.5 éléments non structuraux. Ces éléments non structuraux (éléments accessoires) des bâtiments (par exemple : garde-corps, antennes, éléments mécaniques secondaires et équipements, murs rideaux, cloisons, clôtures) sont ceux qui peuvent, en cas de rupture, exposer les personnes à des risques ou affecter la structure principale du bâtiment ou l'exploitation des installations présentant des risques particuliers, et doivent être vérifiés—ainsi que leurs supports—en vue de résister à l'action sismique de calcul. »

Source : Eurocode 8 partie 1 « Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments »

SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE

cette partie regroupe les prescriptions relevant des règles de sécurité électrique

1. DANS LES ÉTABLISSEMENTS RELEVANT DU CODE DU TRAVAIL NEUFS OU EXISTANTS

Les brasseurs d'air doivent être CE (NFC15-100 § 511) et les **préconisations de branchement électriques du fabricant** doivent être respectées.

La norme NFC15-100 est applicable. Les règles de la NFC15-105 seront également respectées y compris le **dimensionnement et la protection** des câbles.

2. DANS LES BÂTIMENTS D'HABITATION NEUFS

Les brasseurs d'air doivent être CE (NFC15-100 § 511) et les **préconisations de branchement électriques du fabricant** doivent être respectées.

La norme NFC 15-100 est applicable et bien qu'elle ne décrive pas de brasseurs d'air, elle impose des circuits spécialisés pour les appareils comme stores, volets roulants, climatiseurs et autres (NFC15-100 § 10.1.3.4). **Ce sont des appareils motorisés à l'instar du brasseur d'air.** Bien que non écrit explicitement, **un brasseur d'air doit être considéré comme circuit spécialisé** par analogie aux circuits similaires décrits ci-dessus.

En effet, le tableau 10-1F de la norme NFC15-100–partie habitation présente une rubrique « autres circuits » en dehors des circuits décrits (ex: éclairage, prises, VMC) et indique que ces équipements doivent présenter **une protection dédiée** et un calibre maximal pour ce type de circuit (une protection de calibre inférieur préconisée par le fabricant est bien évidemment conforme).

Dans ces conditions, dans le neuf, il est strictement interdit de brancher un brasseur d'air sur un circuit d'éclairage, que ce dernier soit équipé d'un point lumineux ou non.



3. DANS LES BÂTIMENTS D'HABITATION EXISTANTS

Les brasseurs d'air doivent être CE (NFC15-100 § 511) et les **préconisations de branchement électriques du fabricant** doivent être respectées.

Dans le cas d'un brasseur d'air équipé d'un point lumineux, ce dernier pourra être branché sur un circuit d'éclairage sous réserve que :

- Le point lumineux de l'appareil ne constitue pas un 9^e point d'éclairage sur le circuit existant, rendant de fait l'installation non conforme.

Dans le cas de spots ou bandeaux lumineux existants, on compte 1 point d'éclairage par tranche de 300 VA dans la même pièce.

- Le calibre du disjoncteur sur le circuit existant soit suffisant et compatible avec les préconisations de pose du fabricant.

Si une de ces trois conditions n'est pas respectée il sera nécessaire d'installer un circuit dédié.

4. DANS LES ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC NEUFS ET EXISTANTS

4.1. Cas des Établissements Recevant du Public du 1er groupe (catégories 1 à 4) :

Les brasseurs d'air doivent être CE (NFC15-100 § 511) et les **préconisations de branchement électriques du fabricant** doivent être respectées.

En vertu de l'article EL4 §1 du règlement de sécurité contre l'incendie, la norme NFC15-100 est applicable. Les règles de la **NFC15-105** seront également respectées y compris le **dimensionnement et la protection des câbles**.

Les canalisations de distribution et d'alimentation devront être **C2 ou Eurocodes équivalents**, cités dans l'arrêté du 15 octobre 2014 (art. EL10 § 2).

4.1.1. Brasseurs d'air avec luminaires intégrés gérant l'intégralité de l'éclairage de la pièce

NOTA

En cas de pose d'un brasseur d'air non équipé d'un point lumineux, un circuit dédié devra être mis en œuvre.

Le règlement de sécurité impose que tout luminaire soit conforme à la norme NF EN 60 598 (art. EC5), l'éclairage étant assuré uniquement par les brasseurs d'air avec luminaires intégrés, ceux-ci devront être **conformes à cette norme pour la partie du luminaire de l'appareil.**

Ainsi, dans les locaux de plus de 50 personnes :

- La commande des brasseurs d'air avec éclairage intégré ne devra pas être accessible au public (art.EC6 § 4);
- Une défaillance sur un brasseur d'air avec éclairage intégré ne doit pas avoir pour effet de priver intégralement le local ou la zone d'éclairage. Par exemple, en régime TT, les circuits seront distribués à minima par deux dispositifs différentiels (art.EC6 § 4).

Dans les dégagements :

- La commande des brasseurs d'air avec éclairage intégré ne devra pas être accessible du public (art.EC6 § 1).

En fonction des types d'activités où ils sont installés, les articles réglementaires spécifiques à ces activités correspondantes devront être appliquées.

4.1.2. Brasseurs d'air avec luminaires intégrés d'appoint pour l'éclairage de la pièce

Les brasseurs d'air avec luminaires intégrés constituant uniquement un éclairage d'appoint devront être conformes à la NF EN 60 598 pour la partie luminaires. Les commandes pourront être accessibles du public.



4.2. Cas des Établissements Recevant du Public du 2nd groupe (catégorie 5):

Les brasseurs d'air doivent être CE (NFC15-100 § 511) et les **préconisations de branchements électriques du fabricant** doivent être respectées.

La norme NFC15-100 est applicable. Les règles de la NFC15-105 seront également respectées y compris le **dimensionnement et la protection** des câbles.

Les canalisations de distribution et d'alimentation devront être **C2 ou Eurocodes** équivalents, cités dans l'arrêté du 15 octobre 2014 (art. EL10 § 2).

5. DANS LES ÉTABLISSEMENTS RELEVANT DES INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Les brasseurs d'air doivent être CE (NFC15-100 § 511) et les **préconisations de branchements électriques du fabricant** doivent être respectées.

La norme NFC15-100 est applicable. Les règles de la NFC15-105 seront également respectées y compris le **dimensionnement et la protection** des câbles.

Les brasseurs d'air devront être installés en dehors des volumes classés ATEX qui sont définis dans le DRCPE de l'établissement. Si, pour des raisons d'exploitation, il est nécessaire d'installer des brasseurs d'air dans une zone ATEX, ces derniers devront être pris en compte dans l'étude ATEX et être conformes **aux risques auxquels ils sont exposés.** Le fabricant du brasseur d'air devra alors avoir une certification Ex de son produit par un organisme notifié, cette certification devra être en adéquation avec le risque.

ATEX : atmosphère explosive

DRCPE : Doc relatif à la protection contre les explosions

RISQUES SANITAIRES

EFFETS COMPARÉS AVEC UNE SOLUTION DE CLIMATISATION

Les risques potentiels de la climatisation sur la santé sont avérés.

Il y a tout d'abord le risque de choc thermique lié à l'écart soudain de température ressentie par notre corps. Dès lors que cet écart dépasse 8° C il devient dangereux, d'autant plus pour les personnes au système cardio vasculaire affaibli, notamment les personnes âgées.

Cela veut donc dire que lorsque les températures extérieures atteignent 32° C la climatisation devrait être réglée à 27° C au minimum afin de limiter à 5 degrés l'écart intérieur / extérieur.

Or elle est souvent réglée à 22° C (voire moins) et l'écart peut donc atteindre 13° C (voire plus si la température extérieure dépasse 35° C). Outre le risque instantané d'incident cardiaque, l'exposition fréquente à ces chocs thermiques fragilise le système immunitaire.

Par ailleurs les appareils de climatisation sont «une source importante d'apport en moisissures», rappelle un rapport interministériel sur les effets du changement climatique sur la santé, publié en 2008 : «les filtres mal entretenus sont à l'origine d'une introduction, dans l'air intérieur, de spores provenant de l'air extérieur» ;

« Les systèmes de refroidissement et de condensation, dans lesquels il subsiste une forte humidité, sont des milieux propices au développement des moisissures », détaille le rapport.

Il est donc indispensable de nettoyer régulièrement les filtres des systèmes de climatisation pour éviter les allergies et autres affections ORL provoquées par ces champignons.

Il y a enfin, bien plus graves, les risques peu courants mais très dangereux de la légionelle, une bactérie mortelle présente potentiellement dans les eaux stagnantes

<https://www.dnaindia.com/health/report-thermal-shocks-weaken-immune-system-1374956>

<https://www.doctissimo.fr/html/dossiers/legionellose/legionellose.htm>

Ainsi 2003-début 2004, dans le Pas-de-Calais, une épidémie de légionellose sans précédent a fait 83 victimes, dont 18 morts. Une concentration supérieure aux normes de bactéries légionelles dans le système de refroidissement d'une usine a été en cause de ce tragique accident...

Le fonctionnement des brasseurs d'air dans des salles de classe avec ventilation naturelle traversante n'augmente pas la concentration en particules dans l'air. Ceux-ci n'ont pas d'impact sur la qualité de l'air intérieur, même lorsqu'ils ne sont pas nettoyés régulièrement.

Source: Étude BRASS'AIR, Médiéco pour l'ADEME

Les brasseurs d'air améliorent la circulation de l'air provenant de l'extérieur et évitent que des poches d'air stagnant se forment à l'intérieur. Le maintien d'une bonne ventilation extérieure lors de l'utilisation des ventilateurs de plafond est essentiel, par exemple, en ouvrant les fenêtres.

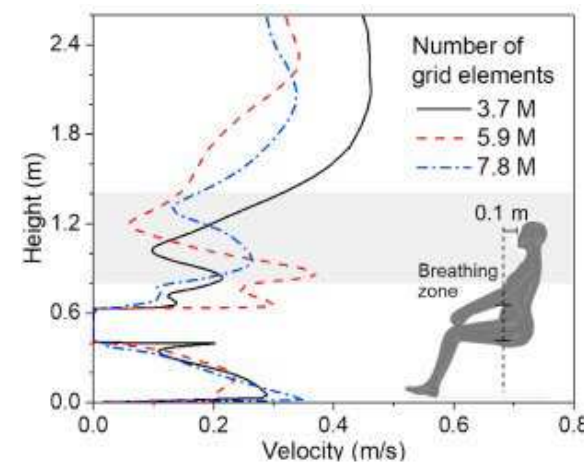
Source: Organisation Mondiale de la Santé

La vitesse de fonctionnement plus élevée des ventilateurs de plafond contribue à une distribution de concentration plus uniforme des gouttelettes expirées.

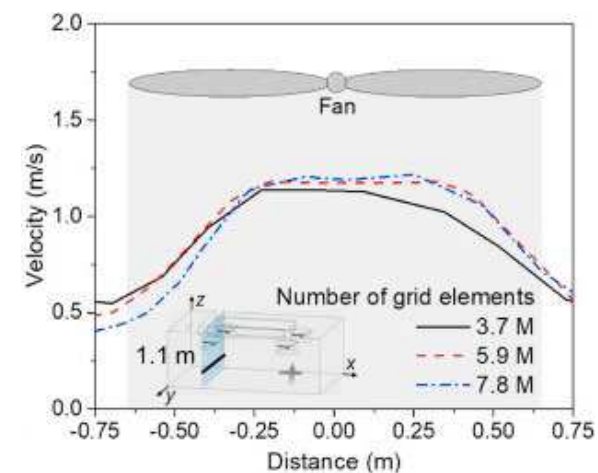
Le fonctionnement de brasseurs d'air a réduit les concentrations dans la zone respiratoire de la personne exposée de plus de 20%.

Les ventilateurs de plafond peuvent réduire le risque d'infection croisée.

Source: Effects of ceiling fans on airborne transmission in air-conditioned space.
W. Li et al. Building and Environment. Vol198, July 2021



(a) Through the manikin (0.1 m in front)



(b) Under the ceiling fan

RISQUE INCENDIE ET PROTECTION DES PERSONNES

Les questions de hauteur sous plafond ou de fixation mécanique des brasseurs sont traités dans des chapitres spécifiques.

6. DANS LES ÉTABLISSEMENTS RELEVANT DU CODE DU TRAVAIL

L'article 12 de l'arrêté du 5 août 1992 relatif à la prévention des incendies et du désenfumage de certains lieux de travail ainsi que l'article 14 par référence à l'instruction technique n°246 relative au désenfumage dans les établissements recevant du public précisent que le système de désenfumage doit pouvoir « assurer un balayage satisfaisant du local ». En tout état de cause, le maintien du fonctionnement des brasseurs d'air lors d'un déclenchement du désenfumage viendrait **perturber l'écoulement des fumées** (déstratification notamment) et **remettre en cause le balayage efficace** du local.

Ainsi les brasseurs d'air des établissements relevant du code du travail, installés dans des locaux ou zones désenfumées naturellement ou mécaniquement devront :

- Être asservis au centralisateur de mise en sécurité incendie de l'établissement si un SSI (Système de Sécurité Incendie) de catégorie A ou B est prévu au projet ou s'il en existe un (cas des rénovations ou travaux dans l'existant) ;
- Le cas échéant, être asservis à une commande placée à proximité de la commande locale du désenfumage ou confondue avec celle-ci.



7. DANS LES BÂTIMENTS D'HABITATION

L'arrêté du 31 janvier 1986 modifié ne fait état d'**aucune prescription** concernant l'asservissement des brasseurs d'air en cas d'incendie. Ainsi, l'asservissement des brasseurs d'air à une commande dédiée pour mise à l'arrêt de ces derniers en cas d'incendie **n'est pas obligatoire** dans les bâtiments d'habitations et **ne peut être que conseillée** si ces derniers sont installés dans les circulations communes protégées et désenfumées mécaniquement ou naturellement.

8. DANS LES ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC

8.1. Établissements Recevant du Public du 1^{er} groupe (catégories 1 à 4) :

Le règlement de sécurité contre l'incendie peut imposer la mise en œuvre de systèmes de désenfumage naturels ou mécaniques pour certains locaux ou certaines zones d'un ERP. Dans les deux cas, **l'utilisation de brasseurs d'air ne doit pas remettre en cause l'efficacité du désenfumage** des locaux et zones.

L'article DF 3 §5 du règlement de sécurité contre l'incendie est applicable :

« En cas de mise en fonctionnement du désenfumage, la ventilation mécanique, à l'exception de la ventilation mécanique contrôlée (VMC), doit être interrompue dans le volume concerné, à moins qu'elle ne participe au désenfumage. Cette interruption s'effectue par arrêt des ventilateurs. L'arrêt des ventilateurs est obtenu :

- Depuis le CMSI, à partir de la commande de désenfumage de la zone de désenfumage concernée, dans le cas d'un SSI de catégorie A ou B ;
- À partir d'une commande, placée à proximité de la commande locale de désenfumage ou confondue avec celle-ci, dans le cas d'un SSI de catégorie C, D ou E.

Dans le cas où la ventilation de confort doit être maintenue, cette interruption s'effectue par fermeture des clapets télécommandés de la zone de compartimentage concernée. »

ERP : Établissement Recevant du Public
CMSI : Centralisateur de mise en sécurité incendie
SSI : Système de Sécurité Incendie

Ainsi, les déstraficateurs ou brasseurs d'air des ERP du 1^{er} groupe, installés **dans des locaux ou zones désenfumées** naturellement ou mécaniquement devront :

- Être asservis au centralisateur de mise en sécurité incendie de l'établissement si un SSI (Système de Sécurité Incendie) de catégorie A ou B est prévu au projet ou s'il en existe un (cas des rénovations ou travaux dans l'existant) ;
- Le cas échéant, être asservis à une commande placée à proximité de la commande locale du désenfumage ou confondue avec celle-ci.

8.2. Cas des Établissements Recevant du Public du 2nd groupe (5^e catégorie):

L'article 14 par référence à l'instruction technique n°246 relative au désenfumage dans les établissements recevant du public précisent que le système de désenfumage doit pouvoir « assurer un balayage satisfaisant du local ». En tout état de cause, le maintien du fonctionnement des brasseurs d'air lors d'un déclenchement du désenfumage viendrait **perturber l'écoulement des fumées** (déstratification notamment) et **remettre en cause le balayage efficace du local**.

Ainsi les déstraficateurs des établissements relevant du code du travail, installés **dans des locaux ou zones désenfumées** naturellement ou mécaniquement devront :

- Être asservis au centralisateur de mise en sécurité incendie de l'établissement si un SSI (Système de Sécurité Incendie) de catégorie A ou B est prévu au projet ou s'il en existe un (cas des rénovations ou travaux dans l'existant) ;
- Le cas échéant, être asservis à une commande placée à proximité de la commande locale du désenfumage ou confondue avec celle-ci.

NOTA

Des prescriptions particulières supplémentaires peuvent être formulées par la commission de sécurité lors de l'instruction du dossier d'autorisation ou permis de construire.

9. DANS LES ÉTABLISSEMENTS RELEVANT DES INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Les arrêtés concernant des rubriques des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement ne font état d'aucune prescription concernant l'asservissement des brasseurs d'air ou dispositifs de ventilation en cas d'incendie, néanmoins **le code du travail est applicable** pour ces établissements.

L'article 12 de l'arrêté du 5 août 1992 relatif à la prévention des incendies et du désenfumage de certains lieux de travail ainsi que l'article 14 par référence à l'instruction technique n°246 relative au désenfumage dans les établissements recevant du public précisent que le système de désenfumage doit pouvoir « assurer un balayage satisfaisant du local ». En tout état de cause, le maintien du fonctionnement des brasseurs d'air lors d'un déclenchement du désenfumage viendrait **perturber l'écoulement des fumées** (destratification notamment) et **remettre en cause le balayage efficace** du local.

Ainsi les déstraficateurs ou brasseurs d'air des établissements relevant du code du travail, et par voie de conséquence, des ICPE, installés **dans des locaux ou zones désenfumées** naturellement ou mécaniquement devront :

- être asservis au centralisateur de mise en sécurité incendie de l'établissement si un SSI (Système de Sécurité Incendie) de catégorie A ou B est prévu au projet ou s'il en existe un (cas des rénovations ou travaux dans l'existant) ;
- Le cas échéant, être asservis à une commande placée à proximité de la commande locale du désenfumage ou confondue avec celle-ci.

ACCESSIBILITÉ POUR LES PERSONNES HANDICAPÉE

10. DANS LES ÉTABLISSEMENTS RELEVANT DU CODE DU TRAVAIL

Absence d'exigence réglementaire pour l'accessibilité des commandes de fonctionnement aux travailleurs handicapés des déstratificateurs ou brasseurs d'air dans les établissements relevant du Code du travail.

Il est néanmoins conseillé de positionner les commandes à une **hauteur comprise entre 90 et 130 cm** de hauteur et facilement atteignable par une personne en fauteuil roulant, **implantée à plus de 40 cm de tout angle rentrant** et présenter un **espace d'usage** au droit de l'équipement de 130 cm x 80 cm libre de tout obstacle.

11. DANS LES BÂTIMENTS D'HABITATION NEUFS

Conformément à l'article 11 – II-2° de l'arrêté du 24 décembre 2015, « tous les dispositifs de commande, y compris les dispositifs d'arrêt d'urgence, les dispositifs de manœuvre des fenêtres et porte-fenêtre ainsi que des systèmes d'occultation extérieurs commandés de l'intérieur doivent être :

- Situés à une hauteur comprise entre 0,90 m et 1,30 m du sol ;
- Manœuvrables en position « debout » comme en position « assis ».

Dans ces conditions, les déstratificateurs ou brasseurs d'air doivent présenter une **commande de fonctionnement** positionnée à **une hauteur** comprise entre **90 et 130 cm** de hauteur et **facilement atteignable par une personne en fauteuil roulant**.

12. DANS LES ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC NEUFS ET EXISTANTS

Absence d'exigence réglementaire pour l'accessibilité des commandes de fonctionnement des déstratificateurs ou brasseurs d'air dans les établissements recevant du public **sauf si la manœuvre des brasseurs d'air est mise à disposition du public (par exemple chambre d'hôtel).**

Dans ce cas, et conformément à l'arrêté du 20 avril 2017 Article 11, « un équipement ou un élément de mobilier au moins par groupe d'équipements ou d'éléments de mobilier est utilisable par une personne en position « debout » comme en position « assis ».

Pour être utilisable en position « assis », un équipement ou élément de mobilier présente les caractéristiques suivantes :

- a) Hauteur comprise entre 0,90 m et 1,30 m et à plus de 0,40 m d'un angle rentrant de parois ou de tout autre obstacle à l'approche d'un fauteuil roulant :
- pour une commande manuelle ;
 - lorsque l'utilisation de l'équipement nécessite de voir, lire, entendre, parler.
- b) Hauteur maximale de 0,80 m et vide en partie inférieure d'au moins 0,30 m de profondeur, 0,60 m de largeur et 0,70 m de hauteur permettant le passage des pieds et des genoux d'une personne en fauteuil roulant, lorsqu'un élément de mobilier permet de lire un document, écrire, utiliser un clavier. »

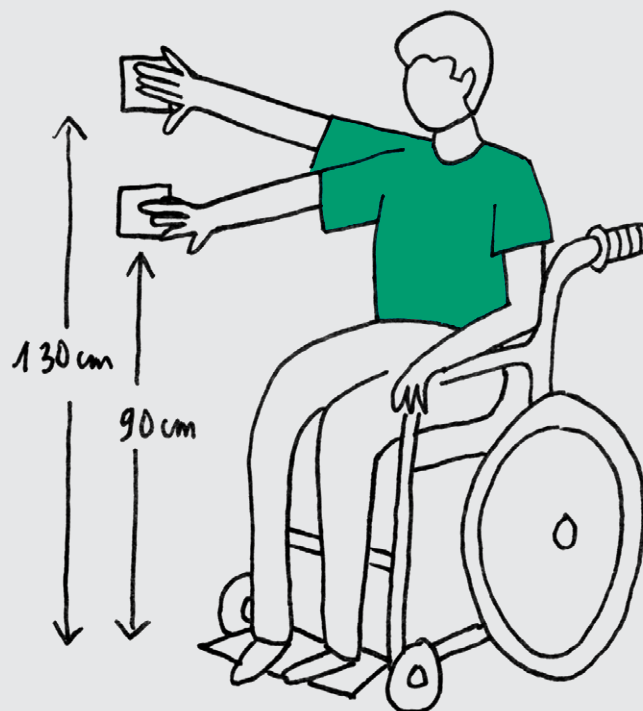
Dans ces conditions, les déstratificateurs ou brasseurs d'air doivent présenter une commande de fonctionnement positionnées à une **hauteur comprise entre 90 et 130 cm** de hauteur et facilement atteignable par une personne en fauteuil roulant, **implantée à plus de 40 cm de tout angle rentrant** et présenter un **espace d'usage** au droit de l'équipement de 130 cm x 80 cm libre de tout obstacle.



13. DANS LES ÉTABLISSEMENTS RELEVANT DES INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

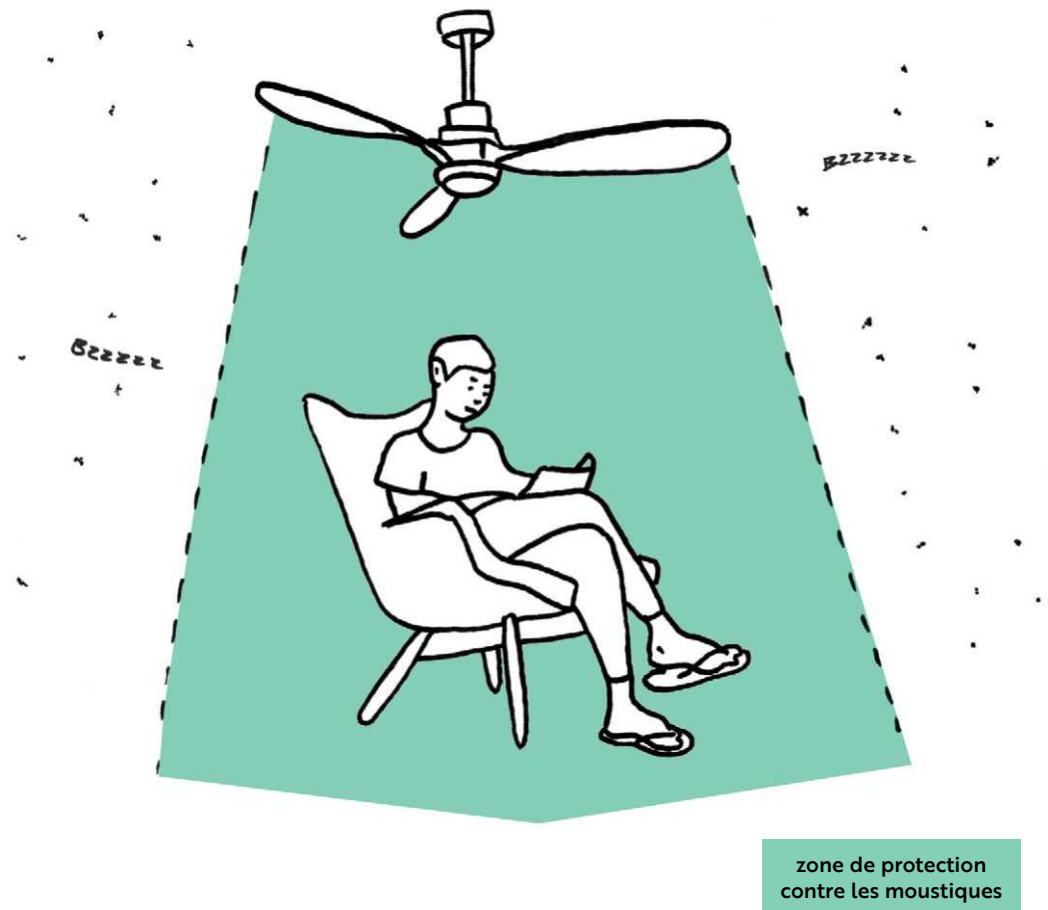
Absence d'exigence réglementaire pour l'accessibilité des commandes de fonctionnement aux travailleurs handicapés des déstratificateurs ou brasseurs d'air dans les établissements relevant des Installation Classées pour la Protection de l'Environnement.

Il est néanmoins conseillé de positionner les commandes à une **hauteur comprise entre 90 et 130 cm** de hauteur et facilement atteignable par une personne en fauteuil roulant, **implantée à plus de 40 cm de tout angle rentrant** et présenter un **espace d'usage** au droit de l'équipement de 130 cm x 80 cm libre de tout obstacle.



AUTRES BÉNÉFICES INDUITS

Enfin, en lien avec les risques sanitaires, il est utile de rappeler que les brasseurs d'air constituent une protection efficace contre les moustiques notamment en climat tropical ou équatorial. Cet avantage est important pour tous les espaces semi-ouverts tels que les séjours des logements où le brasseur d'air a vocation à se généraliser.



**FAIRE DES
INSTALLATIONS
DE QUALITÉ**

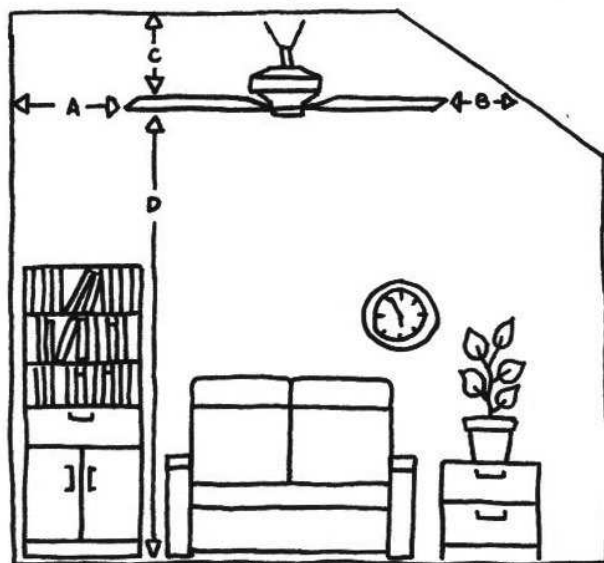
**RÈGLES DE L'ART
DÉTAILLÉES**

HAUTEURS SOUS PLAFOND



Ces prescriptions s'ajoutent aux prescriptions générales, elles concernent des points d'attention particuliers.

Cette partie est relative au sujet spécifique des hauteurs sous plafond et de l'implantation « en coupe » des brasseurs d'air.



En secteur tertiaire ou dans tous les locaux dont la hauteur sous plafond est supérieure à 270 cm, la préconisation générale à retenir est que la distance minimale préconisée entre plafond et plan de rotation des pales sera a minima de 30 cm.

En résidentiel, plusieurs textes ou recommandations entrent en contradiction avec la norme EN 60335-2-60.

« Les instructions d'installation doivent indiquer en substance : (...) »

- Que le ventilateur doit être installé de façon telle que les pales soient à plus de 2,3m du sol [...]

Source: norme EN 60335-2-80 / Appareils électrodomestiques et analogues - Sécurité-Partie 2-80: règles particulières pour les ventilateurs

Recommandation HAUTEUR MINIMALE SOUS PALE

La présence de ventilateurs sous plafond nécessite la définition d'une hauteur sous pale minimum pour des questions de sécurité des personnes.

La hauteur minimale entre le sol fini et les pales du ventilateur de plafond est fixée à 2,30 m lorsque celui-ci ne possède pas de dispositif de protection. Si le ventilateur est muni d'un dispositif sécuritaire, la hauteur minimale entre le sol fini et les pales du ventilateur est ramenée à 2,20 m

Source: RTAA DOM 2016

- Distance minimale préconisée de 30 cm entre plafond et plan de rotation des pales
- Distance minimale entre plan de rotation des pales et sol de 2,20 m
- Distance maximale entre plan de rotation des pales et sol de 3,00 m (hors applications industrielles et grand tertiaire)

Source: Prescriptions brasseurs d'air AGIR+ / EDF

**FAIRE DES
INSTALLATIONS
DE QUALITÉ**

**RÈGLES DE L'ART
DÉTAILLÉES**

ANCRAGE ET FIXATIONS

Ces prescriptions s'ajoutent aux prescriptions générales,
elles concernent des points d'attention particuliers.



PRÉCONISATIONS GÉNÉRALES

Ces prescriptions s'ajoutent aux prescriptions générales, elles concernent des points d'attention particuliers. La fixation des BAP est un point d'attention, notamment dans les zones à fort risque sismique (Guadeloupe et Martinique). Par ailleurs, ce point fait partie des inquiétudes récurrentes des usagers. Il est donc essentiel de veiller au respect de ces prescriptions.

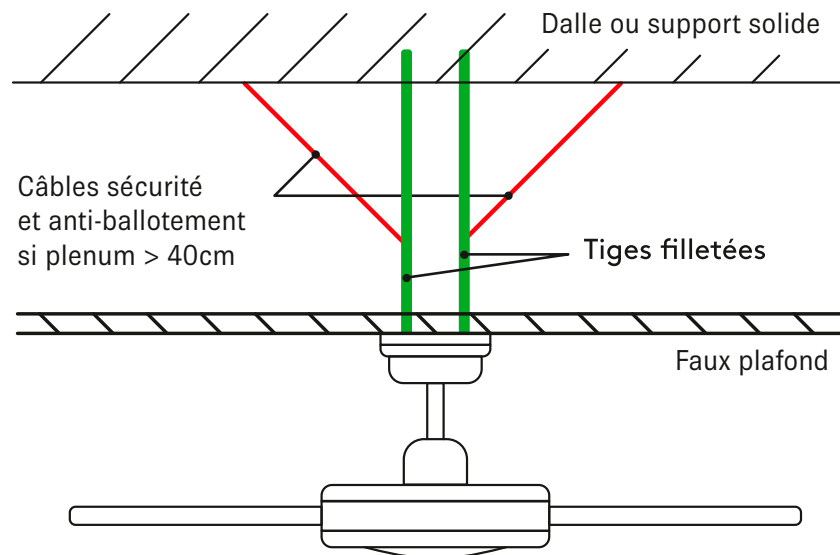
- 2 points d'ancrage minimum liant le plafond à la platine – support
- 3^e point supplémentaire ou câble de sécurité pour les zones sismiques de niveau 4 et 5 (Guadeloupe et Martinique notamment)
- Fixation du supportage adapté (chevilles béton sur plafond béton, platine spécifique sur faux-plafond).
- Fixation permettant de soutenir a minima 10 fois le poids de l'équipement et supportant les vibrations
- Pour brasseurs d'un diamètre inférieur à 152 cm : pales métalliques proscrites
- Systèmes de suspension du groupe moteur/pales par crochets proscrits : rotule obligatoire
- Systèmes de fixation adaptés au support. Chevilles en aucun cas inférieures à un diamètre de 6 mm
- Respect des préconisations spécifiques du constructeur
- La zone d'installation du ventilateur doit être exempte de tout obstacle : luminaires, composants de la structure du bâtiment, mobilier.



PRÉSENCE D'UN FAUX PLAFOND

Aucun brasseur d'air ne peut être fixé directement sur un faux-plafond en dalles ou en plaques de plâtre suspendues compte tenu des effets dynamiques générés par l'équipement. L'utilisation de tiges filetées ou tout autre dispositif correctement dimensionné permettant de traverser le plenum pour se fixer dans les éléments structuraux du bâtiment est nécessaire.

Sauf déclaration plus contraignante par le fabricant, un brasseur d'air de type résidentiel doit a minima recevoir 2 points d'ancrages dans des éléments structuraux ainsi qu'un câble de sécurité pour prévenir de toute chute (lui aussi fixé à des éléments de structure du bâti).



Fixation faux plafond à l'aide de tiges filetées « spitées » dans le béton

© Inddigo & SCAE

DANS LE CAS D'UN BÂTIMENT EXISTANT

Un diagnostic visuel de l'état de vétusté des supports envisagés pour la fixation devra être réalisé au préalable (...)

Sauf indications contraires dans le guide de montage du brasseur d'air, les supports de fixations ne pourront être que des éléments structuraux du bâti.

Général:

Les fixations utilisées devront être adaptées au support:

- Vis et tire-fonds pour les supports bois;
- Chevilles pour les supports en béton;
- Boulonnage pour les supports aciers;

La norme NF EN 60335-2-80 de décembre 2004 concernant les appareils électrodomestiques et analogues–Sécurité – Partie 2-80 : règles particulières pour les ventilateurs précise que les ventilateurs en plafond doivent avoir une résistance appropriée permettant de répondre favorablement à l'essai suivant:

- Les ventilateurs de plafond sont fixés conformément aux instructions d'installation. Une charge égale à quatre fois la masse du ventilateur est suspendue au corps du ventilateur pendant 1 min.
- Un couple de 1 Nm est alors appliqué pendant 1 min à la partie fixe du ventilateur. L'essai est répété le couple étant appliqué dans le sens inverse.
- Le système de suspension ne doit pas se casser et le ventilateur ne doit pas être endommagé.

(...)

En cas de pose de brasseurs d'air en coursives extérieures couvertes, ces derniers ainsi que leurs systèmes de fixations et supports devront être dimensionnés pour reprendre les sollicitations climatiques définies par les Eurocodes en fonction des Régions.

De même, les ouvrages et leurs fixations devront recevoir un traitement adapté afin de répondre aux exigences de durabilité vis-à-vis du risque de corrosion / dégradation en fonction des expositions (front de mer et climat tropicaux notamment). (...)

Les brasseurs d'air doivent impérativement être fixés dans des éléments de structures du bâti via le système de fixation préconisé et distribué par le fournisseur du produit et répondre à l'exigence de tenue mécanique définie dans l'essai préconisé dans la norme NF EN 60335-2-80 de décembre 2004 concernant les appareils électrodomestiques et analogues–Sécurité – Partie 2-80 : règles particulières pour les ventilateurs.

Source: NF EN 60335-2-80 de décembre 2004 concernant les appareils électrodomestiques et analogues–Sécurité – Partie 2-80 : règles particulières pour les ventilateurs

PRESCRIPTIONS ACOUSTIQUES



CONTEXTE

Les enjeux liés aux émissions sonores sont une préoccupation importante des utilisateurs de brasseurs d'air. Cette partie détaille l'ensemble des prescriptions acoustiques à respecter lors de l'installation des brasseurs d'air.

L'impact du bruit sur la santé est désormais très bien documenté dans la littérature technique*. Deux facteurs sont primordiaux : la durée et le niveau d'exposition au bruit. Les effets sont bien connus : bien sûr impact sur le système auditif (acouphènes, perte de sensibilité, insomnies, etc.), mais également impacts sur la santé en général (stress, problèmes cardiovasculaires, etc.).

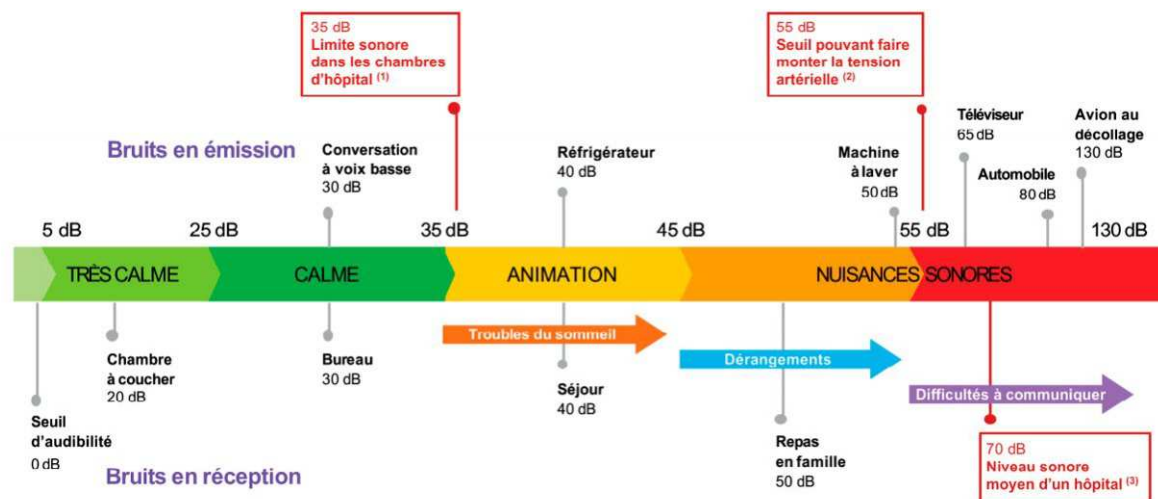
De nombreux appareils domestiques sont sources de bruit et de nuisances : les équipements dont c'est la fonction principale (radio, chaîne hi-fi, etc.), mais également ceux qui impliquent des rotations mécaniques (lave-linge, ventilateurs). En principe, ces équipements n'atteignent pas un niveau de bruit qui générerait des dommages sur la santé, mais ils peuvent participer à une sensation d'inconfort dans une habitation (devoir hausser la voix pour parler, difficulté à s'endormir, fatigue auditive, etc.) a fortiori si l'environnement sonore global est calme (notion d'émergence acoustique).

Les normes sur les nuisances sonores sont variables d'un pays à l'autre et les ressentis sont variables d'une personne à l'autre.

Ce chapitre a pour but de décrire et de quantifier les types de bruits émis par les brasseurs d'air domestiques du marché ainsi que de présenter des solutions pour une mise en œuvre la plus silencieuse possible.

L'échelle des niveaux de bruit

Elle permet d'organiser des bruits courants en fonction de la perception de l'oreille humaine.



(1) Recommandation de l'OMS

(2) Source OMS

(3) Étude Busch-Vishniac and al. 2005

*

Impact of Noise on Health: The Divide between Policy and Science – Arline L. Bronzaft (Open Journal of Social Sciences)

Auditory and non-auditory effects of noise on health – Mathias Basner et Al (The Lancet) / *Impact of Noise Pollution on Human Cardiovascular System* – Esther Aluko et Al (International Journal of Tropical Diseases)

How loud is too loud Noise from domestic mechanical ventilation systems – Jack Harvie-Clark et Al (Air infiltration and Ventilation Centre)

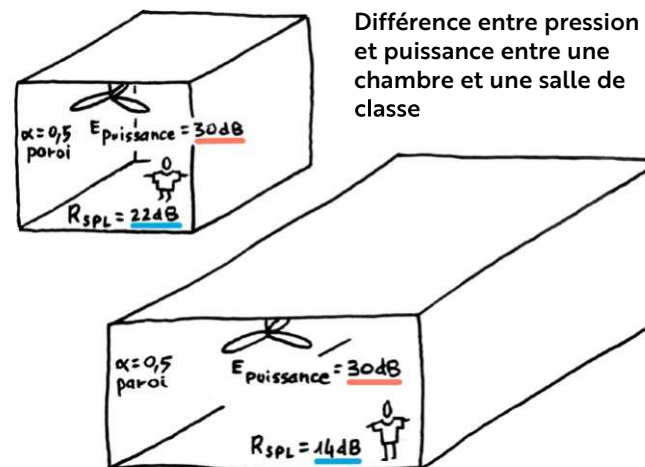
RAPPELS TECHNIQUES

Une source sonore rayonne de l'énergie acoustique, qui elle-même génère un niveau sonore mesuré en décibel Sound Pressure Level (dB SPL). Une source sonore de même énergie génère un niveau de bruit plus élevé dans une petite pièce qu'en extérieur. Le terme dB est souvent utilisé de manière abrégée au lieu de dB SPL, ce qui peut conduire à des incompréhensions.

En effet, afin de caractériser une source sonore, on ne peut pas utiliser les dB SPL, puisque cette valeur dépend de l'environnement où se situe la source. Il faut donc utiliser une autre valeur, les dB de puissance, qui quantifient l'énergie acoustique délivrée par la source. Un lien existe entre les deux grandeurs, qui est défini par plusieurs normes, selon les conditions de rayonnement.

Par exemple pour un niveau d'émission de ventilateur en puissance de 30 dB, le niveau mesuré SPL sera différent selon le volume de la pièce.

À coefficient d'absorption identique (0,5) dans le cas d'une chambre de 9 m² (h=2,1 m) le niveau SPL mesuré sera de 22 dB alors qu'il sera de 14 dB dans une salle de classe de 91 m² (h=3,0 m).



RÈGLEMENTATION

Des arrêtés précisent le niveau sonore maximum toléré dans une pièce de vie.

La valeur maximum réglementaire de 35 dB(A) en résidentiel fixée par le volet acoustique de la RTAA DOM.

Ce niveau-là est bien un niveau en dB SPL, puisque l'on parle de pression acoustique.

Il y a malheureusement confusion entre le niveau sonore et le niveau de puissance de la source affiché sur les fiches techniques des brasseurs d'air.

Bien que des normes très claires expliquent comment calculer le niveau de puissance de la source à partir du niveau sonore pour un environnement donné, il résulte de nos échanges avec différents

constructeurs que ceux-ci ne suivent pas les normes pour effectuer le calcul.

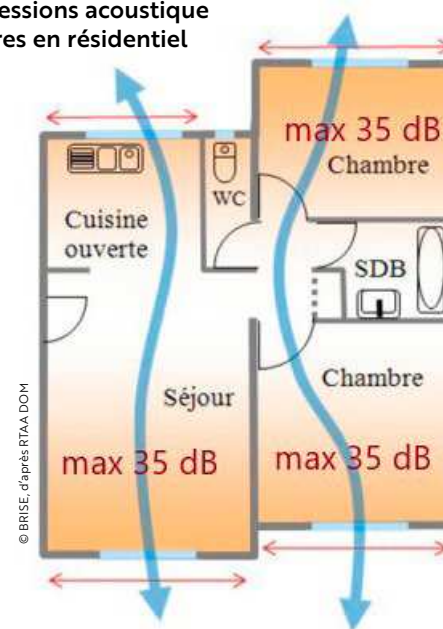
En conséquence, les valeurs indiquées sur les fiches techniques sont peu fiables, et difficiles à interpréter.

Texte de référence : Volet acoustique de la RTAA

DOM: Arrêté du 17 avril 2009 modifié par le décret n°2016-13 du 11 janvier 2016 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation neufs dans les départements de la Guadeloupe, de la Martinique, de la Guyane et de La Réunion.

Article 8 : Le niveau de pression acoustique standardisé, L_{nAT} , du bruit engendré par une installation de ventilation mécanique en position de débit minimal ne doit dépasser 35 dB(A) dans les pièces principales et dans les cuisines de chaque logement, bouches d'extraction comprises. [...]

niveau de pressions acoustique réglementaires en résidentiel



IDENTIFICATION DES SOURCES DE BRUITS D'UN VENTILATEUR EN FONCTIONNEMENT

Trois sources de bruits potentielles sont identifiées sur un brasseur d'air: le bruit du moteur (d'origine électromagnétique), le bruit dû à la rotation des pales (d'origine mécanique) et le bruit d'origine aérodynamique. Dans la plupart des cas, c'est ce dernier qui prédomine, notamment quand la vitesse de rotation des pales est supérieure à quelques centaines de tours par minute (typique des ventilateurs dits de table; les ventilateurs de plafond tournent souvent à une vitesse inférieure).

La référence qui fait autorité pour les ventilateurs est « Les Ventilateurs », d'Alain Guedel. Bien que l'ouvrage ne traite pas spécifiquement des brasseurs d'air, certaines notions et conclusions sont adaptées à cette technologie.

BRUIT D'ORIGINE ÉLECTROMAGNÉTIQUE

La variation des champs magnétiques entre le rotor et le stator du moteur de brasseurs d'air est source de nuisance sonore. Son niveau est toutefois négligeable en conséquence de la faible puissance électrique nécessaire au fonctionnement d'un ventilateur. C'est uniquement lorsque la vitesse de rotation est très faible et/ou que des composants sont endommagés (condensateurs sur moteurs AC par exemple) que le bruit généré par le moteur peut devenir la source principale de bruit.

BRUIT D'ORIGINE MÉCANIQUE

La rotation peut générer du bruit de plusieurs façons. La principale est la présence d'un balourd, c'est-à-dire un déséquilibre de la partie rotative, qui engendre un bruit harmonique dont la fréquence correspond à la fréquence de rotation—et à ses harmoniques. Lorsque l'entraînement se fait via une courroie de transmission, il est possible que celle-ci soit bruyante (grincements). D'autres sources de bruits existent selon le type de brasseur d'air.

Le bruit d'origine mécanique se propage de manière solidienne, c'est-à-dire à travers le boîtier, soit via le support jusqu'au plafond. Le second cas est problématique puisque le son peut alors se propager dans les cloisons et s'entendre depuis les pièces environnantes.

Les bruits d'origine mécanique, comme ceux d'origine électromagnétique sont la plupart du temps secondaires, sauf si un véritable problème de pose est rencontré.

BRUIT D'ORIGINE AÉRODYNAMIQUE

Le bruit principal d'un brasseur est d'origine aérodynamique, c'est-à-dire dû à la rotation des pales. Deux phénomènes sont en jeu : l'aspect harmonique et l'aspect turbulent—les deux dépendent de la vitesse de rotation.

Aspect harmonique

La rotation des pales d'un brasseur d'air génère un bruit dit harmonique, c'est-à-dire qu'il contient une fréquence fondamentale et ses multiples (dites harmoniques). **Cette fréquence (en Hertz) dépend de la vitesse de rotation et du nombre de pales :** $F = n \cdot v$, où n est le nombre de pales, et v la vitesse de rotation en tours par seconde (les fiches techniques donnent le plus souvent la vitesse de rotation en tours par minute, elle doit donc être convertie en tours par secondes selon la formule $t/s = (t/m)/60$). Cela signifie que la hauteur du bruit change selon la vitesse sélectionnée pour un ventilateur donné. **Ce phénomène est appelé « bruit de raies ».**

Un ventilateur de table avec 5 pales tournant à 3 000 tours par minute (c'est-à-dire 50 tours par seconde) génère un bruit harmonique à 250 Hz et ses harmoniques (500 Hz, 750 Hz, etc.), qui est une fréquence audible pour l'être humain.

En revanche, un brasseur d'air plafonnier à 3 pales tournant à 180 tours par minute (c'est-à-dire 3 tours par seconde) génère un bruit à une fréquence de 9 Hz (et ses harmoniques 18 Hz, 36 Hz), qui est trop grave pour être entendu par l'être humain.

De manière générale, on estime qu'augmenter la vitesse de rotation de 20 % conduit à une augmentation du bruit de 6 dB, c'est-à-dire **un doublement de la pression acoustique.**

Spectre du bruit généré par un brasseur d'air

) Intensité sonore



Aspect turbulent

Sans rentrer dans des détails de mécanique des fluides, la rotation des pales génère un déplacement de l'air, qui, pour plusieurs raisons, se comporte de manière turbulente (collision avec les parties fixes, tourbillons...). Ce comportement est source de bruit qui, contrairement au bruit de raies, ne contient pas une fréquence fondamentale et des harmoniques, mais **contient de nombreuses fréquences, il est dit « large bande »** (proche du bruit d'une cascade ou du vent par exemple, c'est-à-dire un bruit appelé « bruit blanc » ou « bruit rose »).

La turbulence dépend de la vitesse de l'air (et non pas du débit), et donc de la vitesse de rotation des pales. C'est la raison pour laquelle plus un brasseur d'air a un diamètre important, plus son niveau sonore est faible pour un débit d'air donné (cas typique du grand ventilateur de plafond contre le petit ventilateur de table).

Ainsi un BAP de diamètre de 1,32 m génèrera une vitesse moyenne d'écoulement de 2,1 m/s pour assurer un débit de 10 000 m³/h tandis qu'un BAP de diamètre de 2,0 m assurera le même débit pour une vitesse moyenne d'écoulement de 1,39 m/s.

De même, pour des raisons acoustiques, les basses fréquences générées par un ventilateur de grand diamètre, mais à faible vitesse de rotation rayonnent moins facilement que des fréquences plus aiguës d'un ventilateur plus petit, mais qui tourne plus vite.



Privilégier les BAP de grand diamètre permet d'optimiser le confort et de limiter les nuisances sonores.

PISTES DE REDUCTION DU NIVEAU DE BRUIT D'UN BRASSEUR D'AIR

Deux types de solutions existent pour réduire le niveau acoustique d'un brasseur d'air : celles qui réduisent la génération du bruit (implémentables dans le brasseur d'air lui-même), et celles qui empêchent la propagation du bruit (implémentables dans la pièce).

Parmi les solutions envisageables, sont simples et directement applicables par l'utilisateur (correction acoustique de la salle), d'autres sont complexes à mettre en œuvre (annulation active de bruit, silencieux acoustique) et/ou ne sont réalisables que par les fabricants (géométrie des pales).

Nos recommandations sont les suivantes : **le brasseur d'air doit être posé** dans les règles de l'art, suivant les recommandations du fabricant pour réduire la transmission solidienne, et des parois absorbantes (faux plafonds, îlots...) doivent être disposés à proximité directe afin de limiter les émissions sonores réfléchies dans la pièce.



NOTICE D'INSTALLATION GÉNÉRIQUE

PARTIE 15

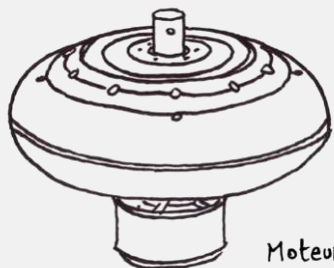
Cette notice générique ne se substitue pas aux manuels de montage des fabricants.

Elle vise à donner des recommandations générales sur l'installation des BAP.

Elle dresse les étapes essentielles à suivre pour réaliser des installations de qualité, conformes aux réglementations et durables.



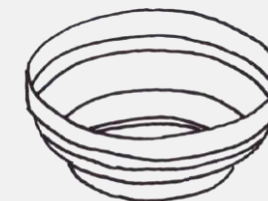
Goujons d'ancrage
(fixation plafond béton)



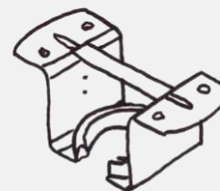
Moteur



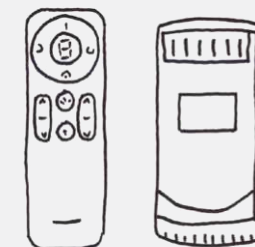
Coupelle inférieure



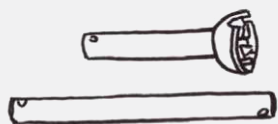
Coupelle supérieure



Support plafond



Télécommande
et récepteur



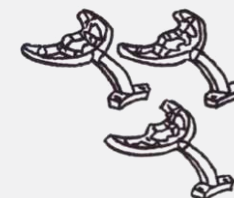
Tubes 13 et 25 cm
et boule de suspension



Vis bois et rondelles
(fixation plafond bois)



pales



supports pales

RAPPEL DES CONDITIONS D'EMPLOI

La durée de vie minimum escomptée pour l'équipement BAP est de 10 ans.

Cela sous entend que l'ensemble des éléments techniques mis en œuvre ne doivent pas subir de vieillissement prématuré pendant cette période, dans des conditions d'emploi normales. En particulier, aucune corrosion prématurée ne doit être constatée sur les pales de l'appareil, ni aucun élément de visserie.

On recommande d'opter pour des modèles bénéficiant d'une garantie émanant du fabricant portant d'une part sur le moteur et, d'autre part, sur les autres éléments de l'appareil.

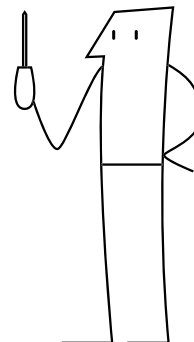
Comme dans chaque domaine de la construction

l'installateur doit garder en tête 3 niveaux de conditions d'emploi :

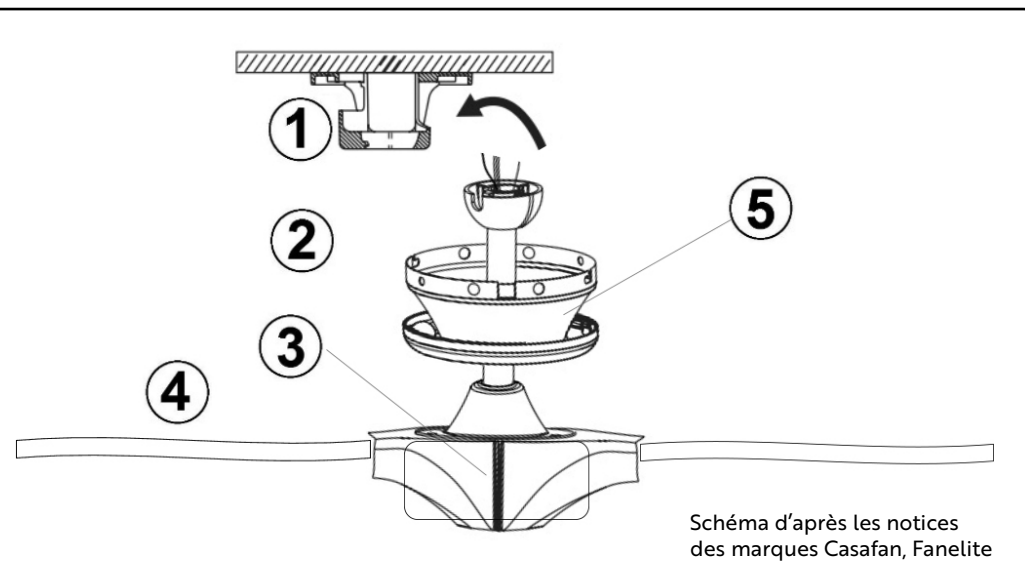
| Conditions d'emploi | Fonctions à assurer | Exemples de conditions |
|---------------------------------------|--|---|
| 1. Dans les conditions normales | L'installation doit être fonctionnelle, durable et répondre aux conditions de sécurité en vigueur | Climat tropical, environnement intérieur ou extérieur. |
| 2. En conditions limites | L'installation doit rester en place et être mise à l'arrêt en mode de protection et pouvoir être redémarrée sans faire appel à un professionnel. | C'est notamment le cas lors d'intempéries, vents violents en installation extérieure. |
| 3. En conditions extrêmes ou sinistre | L'installation ne doit pas aggraver les dégâts sur les biens et personnes. | Pour les zones soumises au risque sismique, c'est notamment le cas lors d'une secousse de magnitude supérieure à 6. |

ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS

Les éléments communs à tous les modèles de BAP sont les suivants:



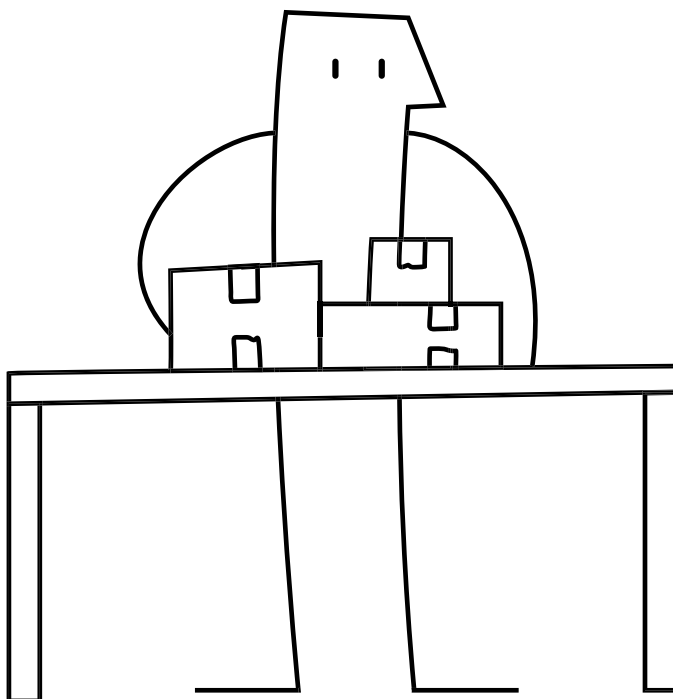
- 1 Support
- 2 Rotule et tube rallonge
- 3 Bloc moteur
- 4 Pales
- 5 Coupelles inférieure / supérieure



Temps de pose indicatif
30 à 45 min
(hors pré-montage)

Étape 1 PRÉ-MONTAGE

Pour optimiser le temps de pose sur le chantier, il est recommandé d'effectuer un pré-montage des appareils sur une table de travail stable, idéalement en atelier ; cette tâche préparatoire peut être déléguée à un professionnel chargé du contrôle de réception des produits et pouvant effectuer une série de pré-montages.



Mesurer au préalable les hauteurs sous-plafond des installations à effectuer pour assurer la hauteur sous pales conforme (proche de 2.30 m dans le cas général) et choisir les tubes rallonges appropriés à monter.

Monter la rotule sur le tube rallonge

-

Enfiler les liaisons électriques et le câble anti-chute dans le tube, le cas échéant

-

Positionner les coupelles

-

Positionner le bloc moteur

-

Assurer la fixation de l'ensemble

--

Les pales restent dans leur emballage et seront montées sur le chantier

Contrôles d'étape

Assurez-vous que les coupelles sont bien insérées et dans le bon sens.

Vérifier la bonne fixation et positionnement des axes d'arrêt et des goupilles sur la rotule et le bloc moteur.

Étape 2

ANCRAGE DU SUPPORT

Les prescriptions détaillées sont indiquées dans la partie «Ancrage».

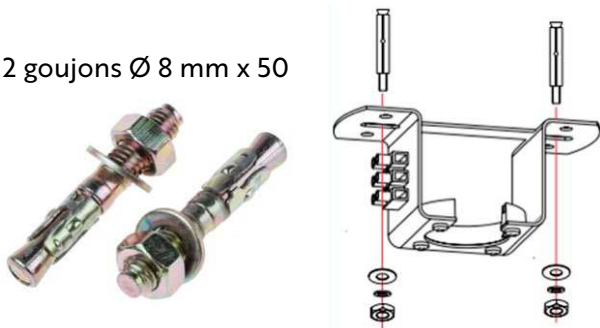
Sur le site de l'installation:

Identifier le type de plafond et contrôler sa solidité. Choisir les visseries d'ancrage adaptées.

Pour mémoire, les visseries recommandées sont:

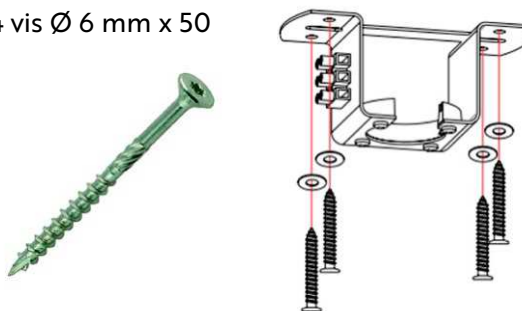
Sur dalle béton

2 goujons Ø 8 mm x 50



Sur charpente bois traditionnelle (dans un élément porteur, chevron ou panne)

4 vis Ø 6 mm x 50



Sur faux plafond horizontal et Charpente industrielle

Dans ce cas, il est nécessaire de réaliser un renforcement au dessus du faux-Plafond, en comble. Se référer à la partie décrivant les ancrages.

Le cas échéant, ne pas utiliser les visseries fournies par le fabricant qui peuvent être sous-dimensionnées en zone sismique ou soumises à une corrosion prématurée en climat tropical.



ZONE SISMIQUE

Réaliser un point d'ancrage de sécurité pour les zones soumises à un risque sismique fort (notamment Guadeloupe, Martinique, etc.)

En cas de forte secousse sismique, le 3^e point est destiné à empêcher la chute du BAP si les ancrages sont cisailés. Il doit être légèrement décalé des 2 points d'ancrage, tout en restant à l'intérieur de la coupelle haute.

Contrôles d'étape

Assurez-vous que le support puisse supporter 10 fois le poids du brasseur d'air.

—

Ne négligez pas la pose des rondelles freins, qui éviteront les desserrages avec les vibrations

—

Réaliser un 3^e point d'ancrage de sécurité

Étape 3 POSE DE L'APPAREIL

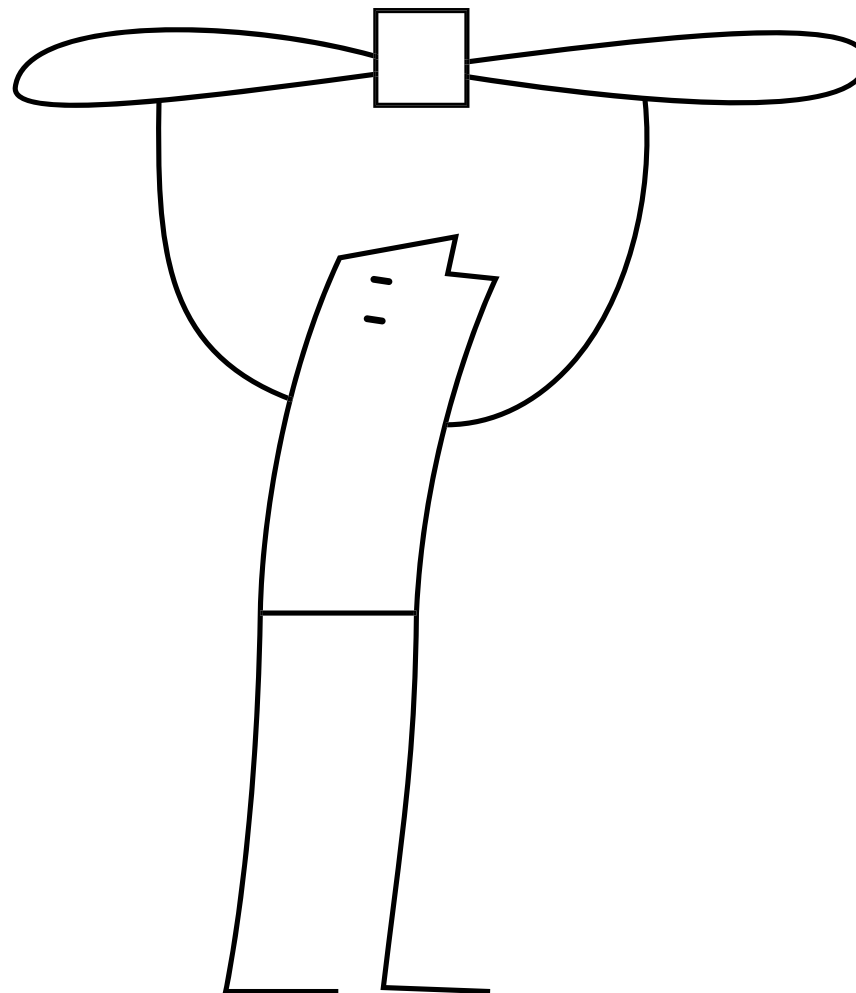
Monter les pales sur le bloc moteur, en prenant soin de serrer correctement les fixations et utiliser toutes les rondelles fournies (amortisseurs, rondelles freins)

Positionner le BAP en suspension sur son support et le bloquer sur l'ergot.

Contrôles d'étape

Veillez à ne pas coincer les liaisons électriques dans la rotule.

Arrimer le câble de sécurité sur le 3^e point d'ancrage.



Étape 4 RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE ET ESSAIS



Repérer le circuit d'alimentation au tableau électrique et le couper pendant le raccordement électrique.

1^{er} cas

attente électrique présente au droit du BAP

Commande murale

Poser la commande murale à la place de l'interrupteur commandant l'attente électrique

Télécommande infrarouge

Insérer le récepteur infrarouge dans le support

Insérer des piles neuves dans la télécommande

2^e cas

Réalisation d'une alimentation électrique

Vous devez assurer une installation conforme à la norme NF C15-100, portant sur les installations électriques basse tension.

En particulier, les points suivants sont à respecter:

| | |
|---------------------------------|--|
| Alimentation protégée au TGBT | Protection différentielle 30 mA + disjoncteur dédié 10 A (usage ventilation) |
| Section de câble à utiliser | 1,5 mm ² 3G1,5 mm ² |
| Protection des câbles apparents | Sous goulotte |

Essai fonctionnel: vérifier l'absence de vibrations et de bruits indésirables, sur toutes les vitesses

—

Positionner le support de télécommande à hauteur réglementaire (accessibilité en fauteuil).

Contrôles d'étape

Veillez à raccorder la terre au châssis de l'appareil

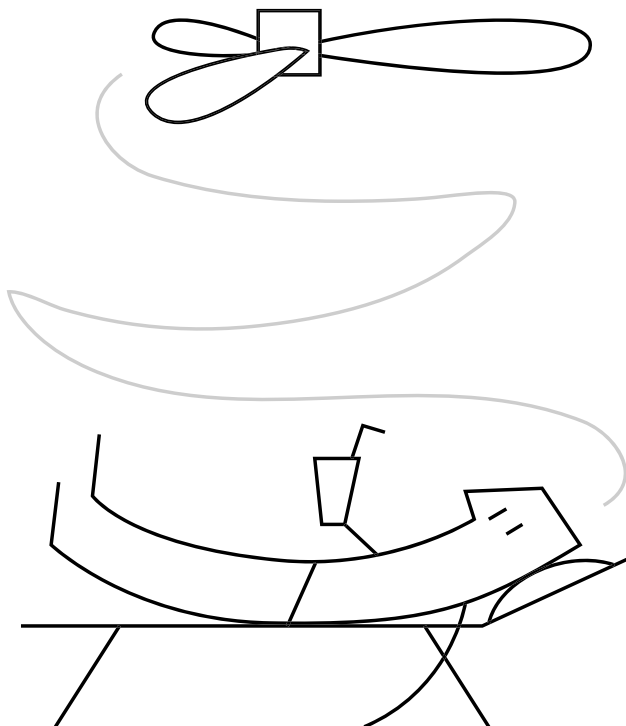
Contrôler le circuit d'alimentation électrique au tableau électrique lors de la remise sous tension

Contrôler le bon sens de rotation (généralement dans le sens anti-horaire).

Étape 5 NETTOYAGE DU CHANTIER

Utiliser un aspirateur pour nettoyer les poussières et petits déchets (cet outil, qui peut être portatif sans fil, est indispensable)

Récupérer les déchets d'emballage (carton, polystyrène) et les évacuer dans les filières agréées (déchèteries professionnelles). Ils ne doivent pas rester chez le client !



Étape 6 MISE EN SERVICE

Expliquer succinctement le fonctionnement à l'utilisateur(s) et lui remettre les documents utiles.

Notice d'utilisation: réglage des vitesses, sens de rotation des pales, repérer le disjoncteur de protection électrique.

–

Garantie fabricant

–

Points de de contrôle de l'installation.

TRAITEMENTS CLIMATIQUES DES ESPACES

PARTIE 16

ALTERNATIVES À LA CLIMATISATION



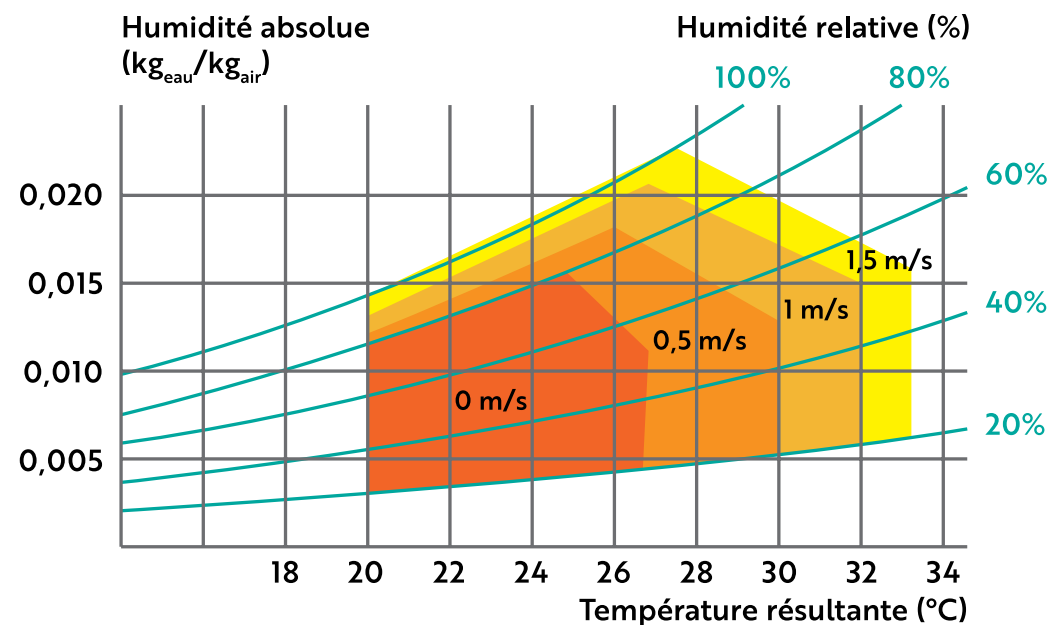
RAPPEL DES NOTIONS DE CONFORT

Chaque personne possède sa propre perception du confort. Néanmoins, il existe des méthodes scientifiques d'évaluation du confort thermique. La plus connue est l'utilisation du diagramme de Givoni, du nom de l'architecte et médecin Baruch Givoni (1920-2019) qui définit des zones appelées « polygones de confort » adaptées à une multitude d'individus (Man, climate and architecture, 1969, édité en français en 1978). La méthode de Givoni considère 3 paramètres d'ambiance déterminant le confort thermique :

- la température résultante (qui en espace ouvert et ombragé est proche de la température ambiante);
- l'humidité relative
- la vitesse de l'air.

Elle s'applique à tous les climats. En revanche, elle est particulièrement pertinente pour caractériser la problématique du confort dans les climats tropicaux et les climats tempérés en périodes chaudes, plus complexes que les périodes chaudes des climats froids.

Diagramme de Givoni



Un des enseignements essentiels de la méthode de GIVONI est qu'une vitesse d'air de l'ordre de 1m/s sur les individus correspond à une température ressentie inférieure à la température ambiante de 2 à 4 degrés selon les conditions hygrométriques ambiantes.

Ainsi, grâce à l'effet rafraîchissant de cette vitesse d'air le confort est possible sans rafraîchissement artificiel (climatisation) jusqu'à des températures de l'ordre de 30 °C et donc avec un ressenti de 26°C à 28°C dans des espaces traités en ventilation naturelle ou avec l'apport des brasseurs d'air, ces deux solutions pouvant générer cette vitesse.

« Construire avec le climat » est une bonne formule pour minimiser les besoins énergétiques des bâtiments.

Globalement, les règles de conception bioclimatiques doivent pouvoir s'appliquer partout.

- En climat tempéré, elles consistent à mettre en œuvre une isolation thermique satisfaisante de l'ensemble des parois, ainsi qu'une valorisation ou une protection des apports solaires tout en ayant en hiver un bâtiment étanche à l'air et en été un bâtiment ventilable.
- En climat tropical, la protection solaire des toitures et des ouvertures est essentielle, avec des dispositions de ventilation naturelle des espaces.

Ces dispositions bioclimatiques passives permettent de minimiser les besoins de rafraîchissement des bâtiments. Néanmoins, certains bâtiments ou certaines zones de bâtiments qui font par exemple l'objet de forts apports thermiques internes ont besoin, en complément, de systèmes actifs de rafraîchissement ou de ventilation.

COMPARATIFS DES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE

C'est une réalité physique : **rafraîchir l'air ambiant demande beaucoup plus d'énergie que de le mettre en mouvement.**

On estime généralement qu'un brasseur d'air consomme jusqu'à 15 à 40 fois moins d'énergie qu'un climatiseur pour assurer un confort comparable.

Un brasseur d'air consomme 15 à 40 fois moins d'énergie qu'un climatiseur pour assurer un confort comparable.



FONCTIONNEMENT COUPLÉ: CLIMATISATION + BRASSEUR D'AIR

«partout dans le monde, la climatisation a produit une architecture climatisée»

article magazine Lowtech,
août 2016

Les deux solutions d'apport du confort (rafraîchissement ou ventilation) sont complémentaires. On peut ainsi distinguer 3 modes de fonctionnement pour les brasseurs d'air plafonniers (BAP):

| | MODE 1 | MODE 2 | MODE 3 |
|-----------------------|--|---|--|
| Espaces | Non climatisés | | Climatisés |
| Nature des espaces | S'applique à tous types de bâtiments: logements, bâtiments tertiaires, bureaux, commerces, hôtels, etc. | | |
| Équipements installés | BAP seuls | BAP + CLIM | |
| Fonctionnement | Ces espaces peuvent être ouverts (terrasses couvertes, vérandas, zones d'accueil, etc.) ou fermés (chambre, salle de classe...). Le BAP apporte un complément de ventilation en l'absence de vent ou lorsque l'espace est clos (besoins d'intimité acoustique) | Fonctionnement alterné (saisonnier): • Tant que les températures le permettent (période moins chaude, début de journée...): le BAP fonctionne et la climatisation reste à l'arrêt • en saison chaude, la climatisation fonctionne | Fonctionnement couplé: le BAP et la climatisation fonctionnent en simultané. La consigne de climatisation peut être remontée minimum de 2°C. |

Afin d'examiner plus précisément les différences de consommations énergétiques entre ces modes de rafraîchissement, des Simulations Thermiques Dynamiques (STD) ont été menées. Une STD vise à modéliser le comportement thermique d'un bâtiment ou d'une pièce au pas de temps horaire en fonction de données météorologiques, de l'orientation du bâtiment, de l'occupation des

locaux, des apports solaires, des apports internes liés à l'occupation, l'inertie des matériaux, etc.

Deux types de pièces ont été étudiées: une chambre climatisée au sein d'un logement individuel, et un bureau climatisé au sein d'un bâtiment de bureaux.

Le logiciel utilisé dans le cadre de cette étude est Pléiades Comfie, version 5.22.12.0.

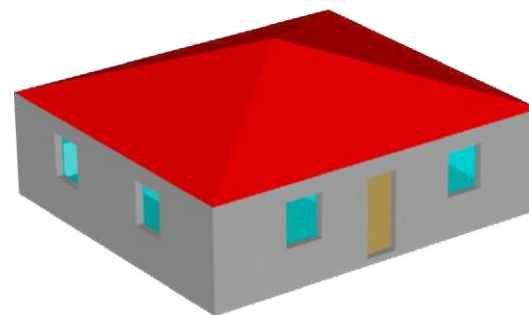
Étude de cas n°1

CHAMBRE CLIMATISÉE D'UN CLIMAT TROPICAL

L'étude porte sur une chambre d'une surface de 12 m² dans une maison individuelle située à Pointe-à-Pitre, en Guadeloupe.

Les principales données de base concernant les conditions de cette simulation sont les suivantes :

| | |
|-----------------------|---|
| Enveloppe du bâtiment | <ul style="list-style-type: none"> Toiture isolée avec combles perdus (résistance thermique $R=1,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$); Façades en parpaings non isolées de couleur claire; Menuiseries simple vitrage à châssis bois (facteur solaire $F_s=0,6$). |
| Climatisation | <ul style="list-style-type: none"> Climatiseur monosplit 9000 BTU/H de classe énergétique A++; Consigne à 25°C; Fonctionnement toutes les nuits de 22h à 7h (soit 3 285 heures de fonctionnement sur l'année). |
| Renouvellement d'air | Renouvellement d'air constant de 1 vol/h |
| Occupants | 2 occupants |



Aperçu de la modélisation de la maison
Source: Pléiades Comfie

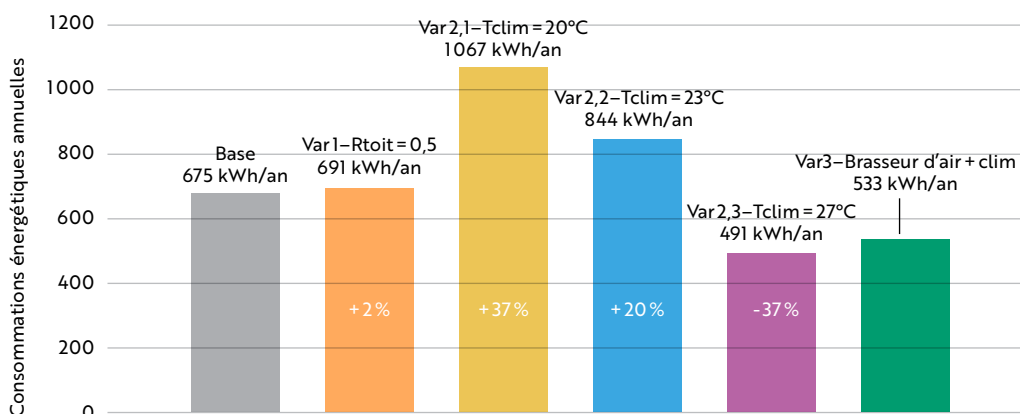


Les variantes suivantes ont été étudiées :

| Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 |
|--|--|---|
| Mise en œuvre d'une toiture sans isolation (résistance thermique $R=0,5$) | Variation de la température de consigne de climatisation de 25 à 27 °C | Mise en œuvre d'un brasseur d'air en complément de la climatisation |

Les résultats des simulations sont les suivants :

Comparaison des variantes de consommation d'énergie liées au rafraîchissement de la chambre



On observe que la température de consigne de la climatisation influe de manière significative sur les consommations d'énergie induites : passer de 25°C (consigne préconisée) à 23°C génère 20 % de consommations d'énergie supplémentaires sur une année.

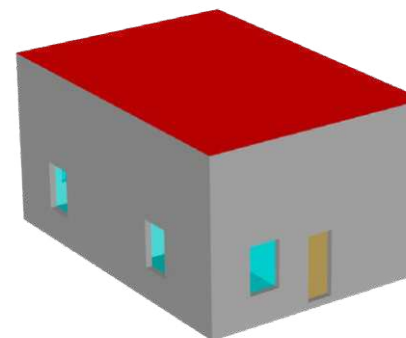
L'utilisation d'un brasseur d'air en complément de la climatisation permet d'augmenter la température de consigne grâce à la sensation de fraîcheur provoquée par les mouvements d'air.

Ainsi, dans le cas de cette chambre, l'utilisation d'un brasseur d'air en complément de la climatisation (avec une consigne remontée à 27°C) permet une économie d'énergie de 27 % sur une année. Les consommations liées au brasseur d'air représentent 36 kWh/an dans cet exemple, soit seulement 7 % des consommations d'énergie liées au rafraîchissement de la pièce.

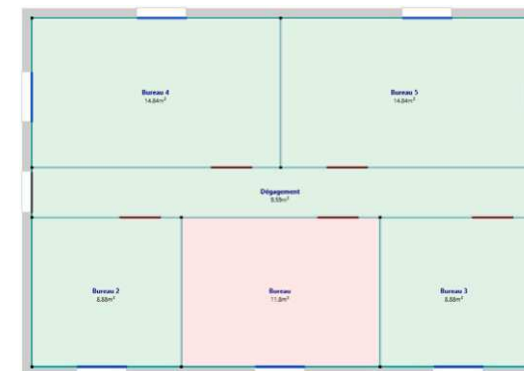
ÉTUDE DE CAS N°2 BUREAU CLIMATISÉ

L'étude porte sur un bureau individuel d'une surface de 12 m² dans un bâtiment de bureaux situé à Pointe-à-Pitre, en Guadeloupe. Le bureau

se situe au rez-de-chaussée du bâtiment, qui dispose d'un 1^{er} étage non occupé et non climatisé, servant au dépôt de matériel.



Aperçu de la modélisation de la maison
Source: Pléiades Comfie



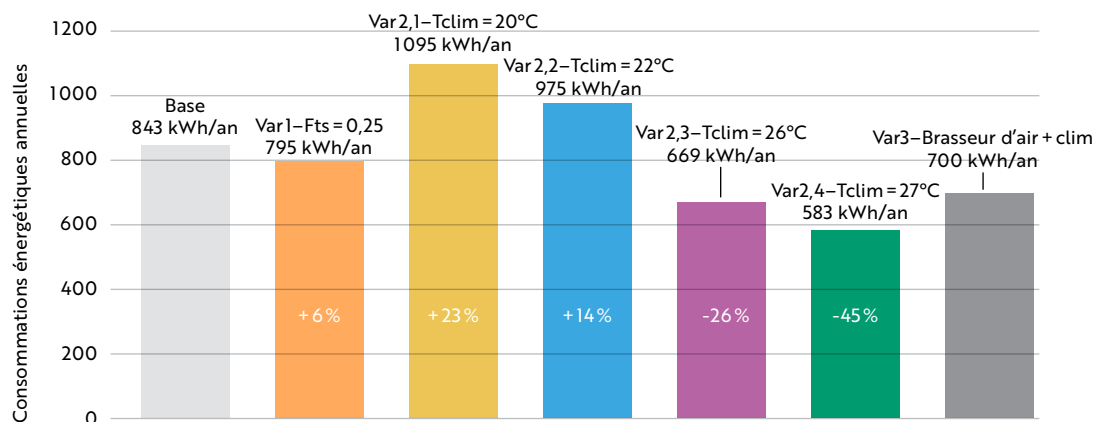
| | |
|-----------------------|--|
| Enveloppe du bâtiment | <ul style="list-style-type: none"> Toiture isolée avec combles perdus (résistance thermique $R=1,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$); Façades en parpaings non isolées; Menuiseries exposées plein Sud sans protection solaire (facteur solaire $F_s=0,8$). |
| Climatisation | <ul style="list-style-type: none"> Climatiseur monosplit 9000 BTU/H de classe énergétique A++; Consigne à 24°C; Fonctionnement tous les jours de la semaine de 8h à 17h (soit 2 340 heures de fonctionnement sur l'année). |
| Renouvellement d'air | Renouvellement d'air constant de 18 m ³ /h |
| Occupants | 1 occupant |

Les variantes suivantes ont été étudiées:

| Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 |
|--|--|---|
| Mise en œuvre d'une protection solaire sur les menuiseries (facteur solaire $F_s=0,25$) | Variation de la température de consigne de climatisation de 20 à 27 °C | Mise en œuvre d'un brasseur d'air en complément de la climatisation |

Les résultats des simulations sont les suivants :

Comparaison des variantes de consommation d'énergie liées au rafraîchissement de la chambre



Cette étude de cas permet à nouveau d'observer l'influence de la température de consigne de la climatisation sur les consommations d'énergie résultantes.

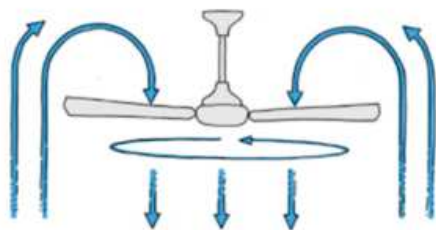
Dans le cas de ce bureau, l'utilisation d'un brasseur d'air en complément de la climatisation (avec une consigne remontée à 27°C) permet une économie d'énergie de 20 % sur une année. Les consommations

liées au brasseur d'air représentent 26 kWh/an dans cet exemple, soit seulement 4 % des consommations d'énergie liées au rafraîchissement de la pièce.

En conclusion, le fonctionnement couplé simultané (clim + BAP) permet de remonter les consignes de climatisation de 2°C et génère des économies d'énergie de l'ordre de 20 % à 27 %

En climat tropical, les brasseurs d'air sont utiles toute l'année, générant des vitesses d'air sur les occupants des bâtiments et apportant un complément de confort très appréciable.

Pour obtenir la meilleure efficacité, le flux d'air est toujours vertical de haut en bas sous le brasseur d'air : il n'est donc pas nécessaire (et contre-productif) d'inverser le sens de rotation des pales : cette fonction devrait pouvoir être neutralisée pour toutes les installations en climat tropical. On observe en effet parfois que les brasseurs d'air tournent à l'envers, ce qui altère évidemment leurs performances pour apporter du confort.



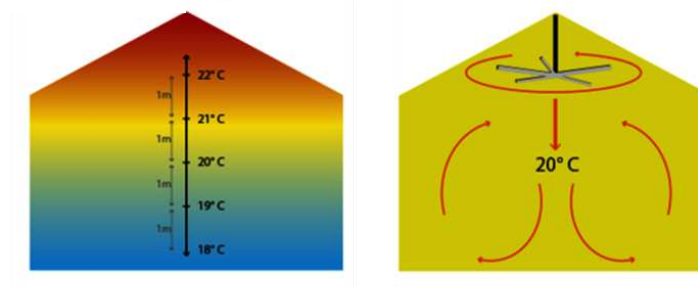
Ce mode « confort d'été » est identique en climat tempéré et permet, lors des épisodes de fortes chaleurs d'améliorer le confort des bâtiments, sans avoir recours systématiquement à la climatisation.

En climat tempéré, en Europe, dans l'hexagone et pas seulement dans les Régions du sud, les brasseurs d'air sont également très utiles en saison d'hiver, lorsque les bâtiments sont chauffés, ainsi qu'en intersaison. Ils permettent de déstratifier les masses d'air intérieures.

Comme chacun sait, l'air chaud monte naturellement, par convection. Le brassage de l'air en hiver permet donc d'homogénéiser la température d'un espace, grâce aux brasseurs d'air, d'améliorer le confort et de baisser les consommations de chauffage !

Selon les configurations et les hauteurs des masses d'air à déstratifier, le brasseur d'air pourra générer un flux de haut en bas (même sens de rotation que le mode été). Dans le cas où les vitesses d'air s'avèreraient inconfortables pour les occupants, il y aura lieu d'inverser le sens de rotation. Dans ce mode hiver, l'air sera pulsé vers le plafond, sous réserve d'un positionnement judicieux de la hauteur des pales, pour redescendre le long des parois de l'espace traité. Ce mode déstratification est très utilisé dans les grands espaces avec une grande hauteur sous plafond (halls d'accueil, gymnases, entrepôts, ...)

Sans déstratification ✗ Avec déstratification ✓



Source : adexsi.com

NOTIONS DE COÛTS, AIDES PUBLIQUES ET PRIMES EDF

PARTIE 17



© Westinghouse Widespan

COÛTS D'INSTALLATION ET DE FONCTIONNEMENT

Le coût fourni-posé d'un brasseur d'air de la gamme 132~140 cm de diamètre alimenté en courant continu varie de 200 à 400 euros en moyenne.

En comparaison, une unité de climatisation en split inverter 9000 BTU/h (2,5 kW_{froid}) Classe A++ (équipement commun dans une chambre de 10-15 m²) coûtera entre 600 et 800 euros fournie-posée et aura une durée de vie de l'ordre de 10 ans.

Comme nous l'avons abordé précédemment, les coûts en énergie d'un brasseur d'air varieront en fonction du modèle et plus précisément en fonction de sa puissance liée en partie à son moteur (AC ou DC).

Les brasseurs d'air à courant alternatif afficheront une puissance nominale entre 40 W et 80 W. Pour un brasseur à courant continu, la puissance nominale selon les modèles se situera plutôt entre 20 W et 50 W.

Ainsi, pour une utilisation de 8h par jour, l'énergie annuelle absorbée s'établit entre 58 et 146 kWh pour un ventilateur DC et de 177 à 234 kWh pour un ventilateur AC.

En comparaison avec l'unité de climatisation du paragraphe précédent dont la puissance moyenne appelée se situe aux alentours de 800 W, l'énergie annuelle absorbée est de plus de 2 300 kWh, soit de 15 à 40 fois plus que notre ventilateur plafonnier DC.

La répercussion sur la facture du consommateur et sur l'empreinte environnementale n'est pas des moindres. Pour un kWh à 0,18€, l'économie annuelle entre notre brasseur DC de 20W et l'unité de climatisation est de plus de 350 euros, soit le prix fourni-posé de ce brasseur qui sera donc rentabilisé dans l'année, hors aides éventuelles de la collectivité.

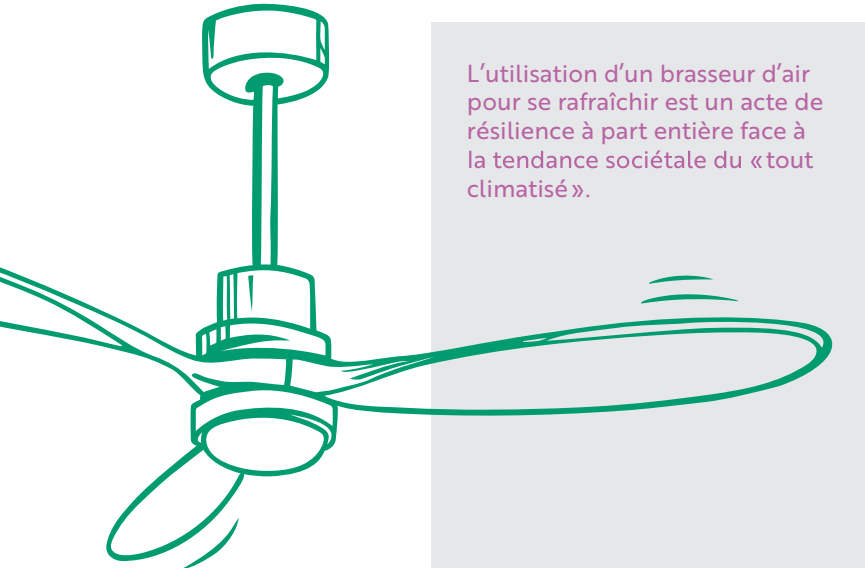
Pour l'unité de climatisation, il faudra rajouter à la dépense annuelle d'électricité, les coûts d'entretien (nettoyage, recharge en fluide frigorigène, etc.).

La climatisation pèse donc lourdement sur les budgets des ménages, ainsi que sur celui des entreprises et des administrations qui climatisent leur lieu de travail.

Généralement, grâce à ses faibles consommations d'énergie, un brasseur d'air est rentabilisé dès la 1^{re} année.

COÛT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIÉTAL

Rappelons que dans les territoires ultramarins tropicaux et partout ailleurs, dès lors qu'un bâtiment est conçu selon des principes bioclimatiques essentiels (protection solaire, ventilation naturelle, espaces traversants, végétation périphérique, orientations adaptée, travail sur l'albedo, etc.) et qu'il répond au mieux à son milieu et aux usages, le confort thermique de l'occupant peut être assuré. La climatisation n'est pas nécessaire et, à certains moments, la gestion bioclimatique de ce confort peut être uniquement complétée par une ventilation mécanique à très faible consommation d'énergie et à très faible impact écologique comme le brasseur d'air plafonnier.



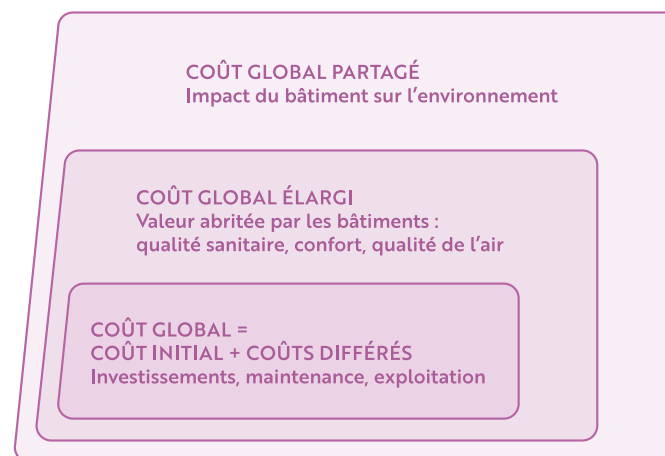
L'utilisation d'un brasseur d'air pour se rafraîchir est un acte de résilience à part entière face à la tendance sociétale du « tout climatisé ».

- Les brasseurs d'air sont économes en énergie : la production de l'électricité nécessaire à leur utilisation a donc une contribution moindre au réchauffement climatique global. A contrario, la climatisation représente plus de 12% des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle mondiale dans le secteur du bâtiment qui pourrait être effacée à plus de 90% si elle était remplacée de manière généralisée par des brasseurs d'air performants : l'enjeu planétaire est donc colossal.
- Les brasseurs d'air sont peu onéreux à l'achat, à l'exploitation et rapidement rentabilisés par rapport à un climatiseur. Grâce aux aides de l'Etat entre autres, ils peuvent permettre à tous les ménages ultramarins, quels que soient leurs moyens, d'accéder à un confort thermique correct. Ils constituent également une réponse technique adaptée pour les climats méditerranéens et même, plus globalement, pour les périodes caniculaires de plus en plus fréquentes des étés des climats tempérés.
- Ils ne contiennent pas de fluides frigorigènes, dont la contribution au réchauffement climatique est considérable.
- Ils ne dégagent pas de chaleur contribuant à la création des « Îlots de Chaleur Urbains » (ICU).

RAISONNER EN COÛT GLOBAL

L'enjeu majeur du développement du brasseur d'air est d'apporter du confort thermique à moindre coût économique direct et indirect et à moindre coût écologique global.

Dans un contexte général du milieu du bâtiment marqué par de fortes exigences en matière de transition énergétique, ainsi que par des contraintes financières liées à une situation économique difficile, l'optimisation technico-économique des équipements techniques est désormais indispensable. Le coût global d'un équipement prend en compte l'ensemble des coûts de ce dernier durant tout son cycle de vie (investissement, exploitation, maintenance, et démantèlement/recyclage). Il peut également prendre en compte des composantes dites « intangibles » relatives aux bénéfices qualitatifs et quantitatifs pour l'utilisateur. Ce sera par exemple le cas pour les bénéfices sur la santé des occupants d'un bâtiment équipé de brasseurs d'air qui sera moins pathogène que celui d'un bâtiment climatisé. On parlera alors de coût global élargi. Ce coût global peut enfin également prendre en compte des composantes qu'on appelle « externalités » qui concernent le coût différé que cet équipement fera porter à la société dans sa globalité notamment le coût lié à ses impacts environnementaux négatifs (impacts économiques divers du réchauffement du climatique). On parlera alors de coût global partagé. À cet égard, un raisonnement en coût global favorise à la fois la sobriété énergétique et l'optimisation du bilan



carbone dans une perspective de d'éco-responsabilité sociétale et d'amélioration de qualité du service rendu.

La démarche en coût global maîtrisé fait intrinsèquement partie des intentions de ce guide.

Concernant les équipements consommateurs d'énergie en Outre-mer, leur coût global est également élargi à l'impact économique indirect des consommations : en effet, dans ces territoires, les coûts des consommations électriques sont payés (en ordres de grandeurs pour l'ensemble des Outre-mer) pour 1/3 par les utilisateurs et pour les 2/3 par l'ensemble des consommateurs au niveau national (selon le principe de la péréquation des tarifs de l'électricité). Les brasseurs d'air génèrent donc des économies pour les utilisateurs mais également pour l'ensemble de la collectivité nationale.

AIDES POUR L'ACHAT ET L'INSTALLATION DE BRASSEURS D'AIR

L'efficacité des brasseurs d'air plafonniers pour apporter du confort thermique à moindres coûts étant reconnue par les pouvoirs publics, ces derniers proposent des aides pour la fourniture et l'installation de ces équipements.

En Outre-mer, ils bénéficient de primes réunies dans le programme AGIR PLUS en faveur de la Maîtrise de la Demande d'Énergie (MDE) piloté par les comités MDE (DEAL, Régions, EDF, ADEME) et financé par les cadres de compensation (les transferts de CSPE, payés par l'ensemble des consommateurs).

Les primes sont versées aux installateurs partenaires des réseaux AGIR PLUS par EDF, sous condition du respect des règles techniques d'installation des équipements.

Selon les modèles, ces primes ont permis et permettent de rendre accessible le brasseur d'air en abaissant le reste à payer pour les utilisateurs, avec parfois une facture avoisinant le « zéro euro ». **Naturellement, le brasseur d'air n'est pas gratuit ! Compte-tenu de l'ensemble de ces impacts économiques bénéfiques, il est co-financé par les clients utilisateurs et la collectivité.**

Les primes sont variables selon les régions. Elles sont consultables sur les sites internet EDF de chaque territoire. En 2021-22, le montant des aides pour les brasseurs d'air étaient pour exemple en Guadeloupe :

- 200 euros par unité pour le secteur résidentiel.
- 100 euros par unité pour le secteur tertiaire.

Ces aides importantes ont permis de dynamiser fortement le marché, notamment à la Réunion, puis en Guadeloupe, avec des augmentations spectaculaires des flux d'installation :

- à la Réunion, environ 30 000 unités à la Réunion en 2020,
- en Guadeloupe : 18 500 unités en 2021, puis plus de 40 000 unités en 2022.

Le marché des brasseurs ne pourra se développer de manière pérenne qu'avec des installations de qualité, ce qui a été l'objectif essentiel de la rédaction de ce guide, qualité qui devra à terme être cofinancée par les utilisateurs.



Ces aides massives ont vocation à dynamiser le marché, sans pour autant créer des effets d'aubaines : les offres à 1€ devront donc rester limitées à la période d'amorçage.

COMMENT PROFITER LONGTEMPS DE SON INSTALLATION?

PARTIE 18

Cette notice d'utilisation est à remettre à l'utilisateur par l'installateur lors de la mise en service de l'équipement.



LES 10 POINTS CLÉS POUR PROFITER PLEINEMENT DE VOTRE BRASSEUR D'AIR !

Votre Brasseur d'Air Plafonnier a été conçu, fabriqué et installé pour votre confort thermique.

Voici 10 points clés pour en profiter pleinement !

1. FONCTIONNEMENT

Le Brasseur d'Air Plafonnier permet d'améliorer le confort thermique des occupants par une ventilation au moyen d'un dispositif mécanique. **Il ne rafraîchit pas l'espace**, mais permet d'apporter une sensation de fraîcheur comparable à celle d'un éventail, ou d'une très légère brise naturelle. Son effet est estimé à 2 à 4°C d'abaissement de la température ressentie.

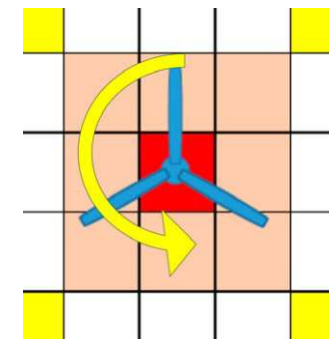
2. SENS DE ROTATION

L'inversion du sens de rotation est inutile en climat tropical (il peut en revanche être utile uniquement dans un espace chauffé ET dans des locaux de grande hauteur (>4 m car ce brasseur d'air permet alors de faire « redescendre l'air chaud stratifié en haut de la pièce)

Assurez-vous avec l'installateur que le sens de rotation des pales lors de l'installation est correct, habituellement inverse du sens horaire (lorsqu'on le regarde depuis le dessous de l'appareil).

N.B.

Les télécommandes sont malheureusement souvent équipées tout de même de l'inversion du sens de rotation et ce bouton peut être actionné par erreur. Vous pouvez vérifier le sens de rotation si vous avez l'impression d'une baisse d'efficacité de votre brasseur d'air



3. RÉGLAGE DES VITESSES

Selon les modèles, vous disposez de 3 à 6 vitesses de fonctionnement.

Le principe est d'adapter la vitesse de rotation à la température de la pièce et au ressenti de confort des occupants.

Les vitesses habituelles préconisées sont relativement faibles dans les pièces de nuit et peuvent être plus élevées dans les pièces de jour. En revanche, il est inutile de chercher les vitesses maximales si une brise légère vous apporte le confort nécessaire !

La vitesse de confort sera réglée selon les appréciations des utilisateurs et les températures ambiantes. Généralement dans une chambre :

- appareil à 3 vitesses : sélectionner 1/3 ou 2/3 ;
- appareil à 6 vitesses : 1/6, 2/6, 3/6.

4. SÉCURITÉ

La hauteur des pales et la fixation conforme de l'appareil permet d'assurer la sécurité des occupants. Il n'y a pas de danger s'il vous arrive accidentellement de percuter les pales : la faible puissance de l'appareil fera caler le moteur sans vous blesser.

5. ALIMENTATION ÉLECTRIQUE

Par dérogation à la norme NFC15-100, l'alimentation électrique des brasseurs d'air peut être celle d'un éclairage plafonnier, les puissances électriques étant du même ordre de grandeur. Il est important de repérer, avec l'installateur, le disjoncteur au tableau électrique permettant de couper si besoin ce circuit.

6. ARRÊTEZ-LE LORSQUE VOUS QUITTEZ LA PIÈCE

Le Brasseur d'Air Plafonnier n'est utile que lorsque la pièce est occupée. Le brassage sans occupants n'a aucun effet sur le niveau de confort dans la pièce au retour de ceux-ci (hors déstratification en hiver).



18. COMMENT PROFITER
LONGTEMPS DE SON
INSTALLATION?

LES 10 POINTS CLÉS
POUR PROFITER
PLEINEMENT DE VOTRE
BRASSEUR D'AIR !

7. FONCTIONNEMENT COUPLÉ AVEC LA CLIMATISATION

Un fonctionnement couplé à la climatisation, dans une chambre, permet de remonter la température de consigne du climatiseur de 1 ou 2 degrés et donc de faire des économies d'énergie importantes (de l'ordre de 20 % sur la facture électrique liée à la climatisation).

8. CONSOMMATION D'ÉNERGIE

Dans tous les cas, le Brasseur d'Air Plafonnier a une consommation d'énergie très faible, de l'ordre de 15 à 40 fois moins que celle d'un climatiseur.

**Consommation usuelle
d'un brasseur d'air**
Environ
20 kWh/an

Pour les modèles
à courant continu
(7 Wh à vitesse 2/6, durée
de fonctionnement
de 2500 h/an).

**Exemple pour un foyer
équipé de 3 appareils**
Environ
60 kWh/an

soit 1% de la
**consommation électrique
moyenne d'un foyer.**
Moyenne de l'ordre de
5000 kWh/an (électricité),

source Observatoires de l'Énergie (OREC)

9. ENTRETIEN

Veillez à nettoyer 3 à 4 fois par an, les pales avec une éponge ou un chiffon.

10. EN CAS DE PANNE

Voir Chapitre suivant: le guide de dépannage.

GUIDE DE DÉPANNAGE

SECTEURS RÉSIDENTIELS ET TERTIAIRES

Ce guide de dépannage est à remettre à l'utilisateur par l'installateur lors de la mise en service de l'équipement.



Les brasseurs d'air plafonniers modernes sont fiables et ne demandent pas d'entretien, hormis le nettoyage des pales.

Après plusieurs années d'utilisation, vous pouvez néanmoins rencontrer certains dysfonctionnements ou pannes. Les cas les plus fréquents et leurs solutions sont répertoriés ci-dessous.



| Fréq. | Symptôme(s) courant(s) | Cause(s) probable(s) | Solution auto-dépannage | Solution avec intervention professionnelle |
|-------|--|--|--|---|
| 1 | Le flux d'air sous l'appareil est faible ou insuffisant. | Inversion involontaire du sens de rotation des pales. | Fonctionnement en mode « confort d'été » = sens horaire inverse vu sous les pales : commande cachée sur la télécommande (pression longue ou interrupteur) ou inverseur sur le bloc moteur. | Voir notice du fabricant. |
| 2 | Commande (marche arrêt, réglage des vitesses, lumière) impossible. | Piles de la télécommande déchargées. | Remplacer les piles... | ... puis vérifier les connexions. |
| 3 | Bruits anormaux, vibrations. | Déséquilibre, fixations desserrées. | Resserrer la fixation des coupelles et les vis de fixation des pales. Ajouter « frein filet » si trop fréquent (+ d'une fois par an). | |
| 4 | Les pales ne tournent plus. | Alimentation électrique coupée. | Vérifier les branchements et le disjoncteur d'alimentation au tableau électrique. | Si interrupteur de commande, faire vérifier fonctionnement interrupteur. |
| 5 | Les pales ne tournent plus. | Moteur asynchrone : condensateur de démarrage hors service. | | Remplacer le condensateur (capacité en microF. Classe et tension identiques). |
| 6 | Le moteur tourne avec un bruit anormal. | Moteur usé (après de nombreuses années : plus de 10 ans). | | Contacteur un professionnel. |
| 7 | Le brasseur tourne mais un grésillement électrique se fait entendre sur les vitesses les plus élevées. | Moteur asynchrone : condensateur hors service. | | Remplacer le condensateur (capacité en microF. Classe et tension identiques). |
| 8 | La lumière ne fonctionne plus. | 1. L'ampoule est HS dans le cas de brasseurs équipés d'ampoules sur culots à visser 2. Le module de commande brasseur / lumière est HS (oui, y compris si le brasseur tourne toujours). | Remplacer ampoule. | Remplacement module par professionnel (possible prise en garantie si dans les délais impartis). |
| 9 | Vibrations importantes du ventilateur. | Défaillance du support ou de la liaison support/rotule. | Vérifier que la rotule est correctement insérée dans le support mural (fente sur la boule de suspension dans l'ergo du support) Vérifier la fixation du support dans le plafond. | |

QUESTIONS FRÉQUENTES

PARTIE 20



Bâtiment IME Yepi Kaz APAJH – Remire Montjoly
Architecte Frédéric Pujol, ACAPA
© Ronan Liétar

QU'EST-CE QUE LE GUIDE BRISE ?

Le guide BRISE est un guide de Recommandations, d'Informations, de Sensibilisation et de partage d'Expériences sur les Brasseurs d'air. Par brasseurs d'air, nous désignons les brasseurs d'air plafonniers, aussi appelés ventilateurs de plafond.

Ce guide s'adresse à tous ! Que vous soyez un particulier, un professionnel de la maîtrise d'ouvrage, de la maîtrise d'œuvre, une entreprise ou tout autre professionnel du bâtiment, ce guide est fait pour vous !

Nous vous partageons dans ce guide plusieurs années d'expériences et de recherches sur cet équipement qui mérite d'être connu et reconnu comme une solution pour apporter du confort thermique à moindre coût environnemental, sociétal et financier.

**Ce guide est gratuit, diffusable,
et à mettre entre toutes les mains !**

B | *Brasseurs*
R | *Recommandations*
I | *Information*
S | *Sensibilisation*
E | *Expérience*

Le guide BRISE rédigé par des professionnels indépendants de tout fournisseur d'équipement ou d'énergie.

Il fait partie des projets lauréats dans le cadre du programme « Outre-Mer pour des Bâtiments Résilients et Économiques en Énergie » (Projet OMBREE type A: Actions d'information, sensibilisation et formation), financé par EDF SEI et piloté par l'AQC (Agence Qualité Construction). Le projet est également co-financé par l'ADEME (Agence de la Transition Écologique).

QUELQUES IDÉES REÇUES QUI ONT LA VIE DURE !

Ça ne sert à rien de brasser de l'air chaud

FAUX

Le brasseur d'air plafonnier nous procure une sensation de fraîcheur grâce à la vitesse de l'air qui vient stimuler le processus naturel de rafraîchissement de notre corps par convection et évapotranspiration. En d'autres termes, tant que la température de l'air est inférieure à celle de notre peau (~33°C), la vitesse de l'air sur notre peau nous fait ressentir une baisse de température de 4°C pour une vitesse d'air de 1m/s, soit seulement 3.6 km/h, une très légère brise !

J'ai déjà la climatisation chez moi, ça ne sert à rien que j'installe un brasseur d'air

FAUX

Le brasseur d'air plafonnier peut totalement être utilisé en complément de la climatisation, ou même de manière saisonnière ! Augmenter la température de consigne de sa climatisation ou ne l'utiliser que pendant les périodes très chaudes de l'année permet de faire des économies d'énergie et d'abaisser le coût de sa facture d'électricité.

Le brasseur d'air va procurer une sensation immédiate de fraîcheur grâce à la vitesse de l'air sur notre peau qui va stimuler notre processus naturel de rafraîchissement par convection et évapotranspiration.

La climatisation quant à elle, doit rafraîchir entièrement une pièce pour être efficace. Et faire circuler l'air nécessite beaucoup moins d'énergie que le réfrigérer.

Aussi, la climatisation nécessite un espace hermétique pour réfrigérer efficacement. Or dans les tropiques, la circulation de l'air (naturelle ou mécanique) est primordiale pour éviter les moisissures, maladies, insectes et autres désagréments. Le vent est l'équivalent naturel du brasseur d'air !

Je vais faire des économies d'énergie et d'argent avec un brasseur d'air

VRAI

L'enjeu majeur du développement du brasseur d'air est d'apporter du confort thermique à moindre coûts (économique et environnemental).

Le coût fourni-posé d'un brasseur d'air de 132 cm de diamètre alimenté en courant continu varie de 200 à 400€ en moyenne.

En comparaison, une unité de climatisation en split inverter 9 000 BTU/H (2,5 kWf) Classe A++ (équipement commun dans une chambre de 10-15 m²) coûtera entre 600 et 800€ fournie-posée.

En choisissant un brasseur d'air à moteur continu de 132 cm de diamètre et de puissance nominale de 30 W, l'énergie annuelle absorbée est de 88 kWh pour une utilisation de 8 h par jour.

Notre unité de climatisation dont la puissance nominale se situe aux alentours de 800 W, consommera chaque année jusqu'à 2 000 kWh, soit jusqu'à 20 fois plus que notre ventilateur plafonnier.

La répercussion sur la facture du consommateur et sur l'empreinte environnementale n'est pas des moindres. Pour un kWh à 0,18€, l'économie entre notre brasseur et l'unité de climatisation est de plus de 350€, soit le prix fourni-posé de ce brasseur, rentabilisé dans l'année.

Un ventilateur sur pied équivaut un brasseur d'air plafonnier

FAUX

Les ventilateurs sur pied ou muraux ne procurent pas le même confort qu'un brasseur d'air plafonnier. La majorité du temps, leur diamètre est sous-dimensionné. Cela induit l'obligation de les utiliser à vitesse maximale, et ces deux facteurs génèrent plusieurs inconvénients :

- Papiers qui volent, stores qui bougent, portes et fenêtres qui claquent
- Stimulation d'une seule partie du corps et non pas de son ensemble créant un malaise physiologique
- Soufflage horizontal d'un flux d'air très réduit et à vitesse trop élevée
- Création de zones « déventées » ou alternativement « ventées » puis « déventées »
- Niveau acoustique très médiocre

Le rôle du brasseur d'air plafonnier est de générer un flux d'air le plus large possible à une vitesse la plus basse possible pour créer du confort pour l'utilisateur. La vitesse de l'air du brasseur d'air plafonnier, verticale de haut en bas et répartie de manière uniforme sur tout le corps, ainsi que leur diamètre plus conséquent, permettent d'« envelopper » l'utilisateur dans une brise calme, bénéfique au confort de ce dernier.

Tous mes papiers vont s'envoler et c'est bruyant

FAUX

Comme nous l'avons évoqué au paragraphe précédent, le brasseur d'air plafonnier ne s'utilise presque jamais aux vitesses maximales proposées. Le but est de créer un flux d'air homogène et relativement lent, uniforme et enveloppant la quasi-totalité du corps pour stimuler le rafraîchissement de notre peau.

Il existe aujourd'hui sur le marché des brasseurs d'air performants, avec des niveaux acoustiques inférieurs à ceux d'une unité de climatisation. Les brasseurs d'air à courant continu notamment, sont quasiment insonores aux vitesses minimales qui restent toutefois très efficaces avec un diamètre correctement dimensionné pour procurer du confort à l'utilisateur.

C'est un équipement obsolète, passéiste et peu esthétique

AU CONTRAIRE !

Dans un contexte marqué par l'augmentation du prix de l'énergie, l'épuisement des ressources disponibles sur la planète, le dérèglement climatique, la dépendance énergétique des territoires ultramarins, économiser l'énergie est toujours plus d'actualité !

Le brasseur d'air fait partie de ces équipements qui sont des solutions pour apporter du confort dans les régions chaudes à moindre coût environnemental et financier.

L'énergie la moins polluante est celle que l'on ne consomme pas. L'idée sur laquelle nous fondons le guide BRISE est de réduire la quantité d'énergie nécessaire pour un même service et un même confort rendus.

Aussi, les fabricants de brasseurs d'air ont évolué et le design des brasseurs d'air avec ! Il existe aujourd'hui une multitude de modèles pour tous les goûts et toutes les ambiances architecturales : industrielle, minimaliste, épurée, tropicale... Le choix est vaste et le brasseur s'est transformé pour s'intégrer au mieux dans les différents espaces et être un vrai équipement architectural de qualité qui apporte une plus-value indéniable dans une pièce, tant au niveau du confort que de l'agrément esthétique d'une pièce.

Je ne sais pas s'il est possible d'en installer un chez moi

C'est justement pour cela que nous avons créé le guide BRISE ! Il est accessible gratuitement en ligne et s'adresse à tous pour s'informer sur les brasseurs d'air, le choix du modèle, leur mise en œuvre, leur maintenance, etc.

Aussi, étant reconnu comme une solution efficace pour apporter du confort à moindres coûts, il existe des aides via le programme AGIR PLUS d'EDF pour la fourniture et l'installation de brasseurs d'air en territoires ultramarins. Renseignez-vous sur le site EDF de votre région pour connaître le montant de l'aide allouée et pour trouver un partenaire installateur qui pourra vous renseigner et connaître le montant de l'aide allouée. Cette prime permet d'abaisser fortement le reste à payer pour les utilisateurs avec parfois une facture finale avoisinant les zéro euros !

Je vais être malade avec les courants d'air

FAUX

Le brasseur d'air plafonnier procure une brise « enveloppante » sur toutes les parties du corps de l'utilisateur. Pour qu'il soit efficace, pas besoin de le faire tourner à grande vitesse comme un ventilateur sur pied ! Les brasseurs d'air plafonniers sont généralement de plus grand diamètre que ces derniers et permettent de rafraîchir l'utilisateur sans créer de forts courants d'air.

A contrario, avec la hausse des températures dues au dérèglement climatique, le risque sanitaire se situe plutôt vers les écarts de températures créés par la climatisation. Dès lors que l'écart de température ressenti par notre corps dépasse les 8°C, il devient dangereux et augmente le risque de choc thermique, notamment pour les personnes âgées. Cela veut dire que lorsque les températures extérieures atteignent 35°C, la climatisation devrait être réglée à 27°C. Or elle est souvent réglée à 22°C, voire moins, et l'écart peut donc atteindre 13°C, voire plus, si la température extérieure dépasse 35°C. Outre le risque instantané d'incident cardiaque, l'exposition fréquente à ces chocs thermiques fragilise le système immunitaire.

Par ailleurs, les appareils de climatisation sont une source importante d'apport en moisissures. Un filtre mal entretenu augmente fortement le risque

d'allergies et autres affections ORL provoquées par les champignons se développant dans ces équipements dans lesquels il subsiste une humidité permanente.

Aussi, la ventilation et le renouvellement de l'air sont des principes primordiaux de l'architecture tropicale bioclimatique, mais aussi de la salubrité d'une pièce ou d'un bâtiment. Malheureusement, lorsque l'on climatisé, on a tendance à peu ventiler pour conserver la fraîcheur. Les pièces confinées et hermétiques peuvent créer de réels problèmes de santé aux occupants.

C'est dangereux en cas de séisme ou de cyclone

FAUX

Le guide BRISE contient toutes les préconisations nécessaires pour l'ancrage des brasseurs d'air à leur support quel que soit le type (plafond béton, rampant, faux-plafond en plaques de plâtre, etc.). En outre, nous recommandons en zone sismique de niveau 5, un ancrage supplémentaire ou un câble de sécurité.

Correctement installé selon les recommandations spécifiques du constructeur, avec, entre autres, des fixations adaptées au support et permettant de soutenir à minima 10 fois le poids de l'équipement, pas de risque que celui-ci ne vous tombe sur la tête, même en cas de fortes secousses !

POUR ALLER PLUS LOIN..

Retrouvez l'intégralité du guide et bien plus à l'adresse : <https://www.guide-brise.org>

Une multitude d'informations concernant les brasseurs d'air vous attendent, ainsi que des témoignages, des interviews, des informations techniques pouvant vous aider à les prescrire ou à les installer, des conseils, etc. Tout ce qui vous sera nécessaire pour mieux connaître et mettre en œuvre les brasseurs d'air !

LIENS

PARTIE 21

PROGRAMME OMBREE ET PARTENAIRES

— [PERGOLA](#) (Plateforme collaborative de ressources pour les bâtiments durables d'outre-mer)/

— [OMBREE](#)

— [AQC](#)

— [ADEME](#)

— [CAUE](#) de la Guadeloupe

— [Aquaa](#) (Guyane)

— [Horizon Réunion](#)

— [Kebati](#) (Martinique)

— [Fedom](#)

SITES DES FOURNISSEURS D'ÉNERGIE PAR RÉGION

— [EDF SEI](#) Guadeloupe

— [EDF SEI](#) Martinique

— [EDF SEI](#) Guyane

— [EDF SEI](#) Réunion

— [EDM](#) Mayotte

— [EEC](#) Nouvelle-Calédonie

— [EDT](#) Polynésie française

D'AUTRES RESSOURCES SUR LES BRASSEURS D'AIR

— [Réseau](#) sortir du nucléaire

— [RTAA](#) DOM

— [Université de Berkeley](#)

DES RESSOURCES SUR LA CONSTRUCTION BIOCLIMATIQUE

— [Cahiers techniques](#) du bâtiment

D'AUTRES RESSOURCES SUR LES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

— [FEEBAT](#) (Formations aux Economies d'Énergie)

— [PACTE](#) (Programme d'Action pour la qualité de la Construction et la Transition Énergétique)

— [PROFEEL](#)

— [SYCODES](#) (observatoire de la qualité construction)

— [CRE](#)

— [Ministère](#) de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, [Ministère](#) de la Transition énergétique

D'AUTRES RESSOURCES SUR LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS

— [ANAH](#) (Agence Nationale de l'Habitat France Renov')

— [EDF AGIR PLUS](#)

— [REXBP](#)

— [Liste verte](#) de la C2P

AUTRES PROJETS LAURÉATS DU PROGRAMME OMBREE

— [OMBREE](#)



**LE GUIDE DES
BRASSEURS D'AIR
PLAFONNIERS**

www.guide-brise.org

BRISE

<https://www.guide-brise.org>



OMBREE

Programme inter Outre Mer
pour des Bâtiments Résilients
et Économés en Énergie

Retrouvez plus d'informations sur <https://batiments-outremer.fr/>

NOTIONS DE COÛTS, AIDES PUBLIQUES ET PRIMES EDF

PARTIE 17



© Westinghouse Widespan