



Notre Association en 2025

Association des Ingénieurs et techniciens
en Climatologie, Ventilation et Froid



1

PRIX BAC +2/+3 .PRIX ROGER CADIERGUES



Partenaire 2024
-weishaupt-

**Étudiants et apprentis
en Génie Climatique !**

Venez représenter votre établissement
Membre personne morale de l'AICVF

Lors du

Concours BAC +2 / +3

Démontrez vos compétences en Génie climatique
Valorisez votre participation auprès des professionnels

Vendredi 12 janvier 2024

École LEA-CFI - Paris Gambetta - XX^e

Public

BUT :
Métiers de la Transition et de l'Efficacité Énergétiques
Génie Civil et Construction Durable

BTS :
Fluidité Énergie Domestique
Maintenance des Systèmes

Licences professionnelles associées
Formation initiale ou alternance

Déroulement

Jeudi Accueil 18 h
Découverte du lieu de l'épreuve
Dîner, visite « Paris by Night »

Vendredi Épreuve de 4 h type concours général
Déjeuner offert à ceux qui le souhaitent

Candidats 2023 : 36 étudiants, 18 établissements, 9 régions AICVF

Modalité d'inscription

Chaque établissement sélectionne au maximum deux étudiants qui se portent candidats.
Fiche d'inscription jointe à compléter - format WORD
Date limite inscription : Lundi 20 Novembre 2023



PRIX NATIONAL DU JEUNE INGENIEUR DE L'AICVF 2023

PRIX ROGER CADIERGUES

POUR UNE PROMOTION DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
DES METIERS DU GENIE CLIMATIQUE, DE L'ENERGIE OU DE LA
VENTILATION

*Voir règle par le règlement de consultation du prix « Roger CADIERGUES » - version du 1^{er} juin 2020

L'AICVF est une association à but non lucratif, régie par la loi de 1901

L'AICVF, c'est :
Contribuer au développement scientifique, technique et technologique des industries du chauffage, de la ventilation, du conditionnement d'air, du froid et de la réfrigération, ainsi que de leurs branches connexes qui concourent, dans le respect de l'environnement, à la maîtrise des consommations, et à l'amélioration de la performance énergétique et environnementale des bâtiments.

Contribuer à la maîtrise des ambiances et des climats intérieurs.

Participer à la diffusion des bonnes pratiques et des relations exemplaires.

Assurer l'information, la formation et le perfectionnement de ses membres et des acteurs du secteur.

Entendre des relations amicales entre ses adhérents, leur venir en aide en recherchant et en leur faisant connaître les situations et emplois auxquels ils peuvent aspirer.

L'AICVF, c'est :
1900 membres personnes individuelles

120 membres personnes morales (Entreprises du génie climatique, groupes industriels, associations, fédérations, établissements d'enseignement...)

AICVF
Comité Enseignement
18 Rue de Nivelle
75008 Paris
Tél : 01 53 54 36 12



2

AICVF

MIEUX QU'UN RÉSEAU SOCIAL, LE RÉSEAU UTILE !

Adhérer à l'Association des Ingénieurs et techniciens en Climatique, Ventilation et Froid
Un tremplin pour votre carrière dans le Génie Climatique

- **CONNEXION** •
Rencontrer les professionnels, futurs employeurs et confrères
- **ACTION** •
Multiplier les expériences, étoffer votre CV, progresser
- **INFORMATION** •
Enrichir vos compétences techniques et vos connaissances de l'actualité réglementaire du secteur en temps réel

3

Les métiers du Génie Climatique et de l'Environnement
Des acteurs de premier plan sur le front de la transition énergétique

- Recherche de la **performance énergétique**
- Promotion de la **sobriété énergétique, réduction des consommations**
- **Décarbonation** des équipements et des solutions

Depuis plus d'un siècle, l'AICVF contribue

- Au développement scientifique et technique des **métiers de la climatique**
- À la promotion des **techniques performantes et respectueuses de l'environnement**
- À la **maîtrise de l'énergie, des ambiances et des climats intérieurs**

Avec des actions concrètes et des outils spécifiquement développés

- **Des guides techniques de référence**
- **La mallette pédagogique RE 2020**
- **La revue CVC/Newsletter AICVF**
- **Des recommandations professionnelles**
- **Plus de 70 réunions thématiques en régions et des événements nationaux**
- **Les concours « jeunes » Bac +2/+3, Prix Roger Cadliergues**
- **Concours de l'Innovation**

AICVF : la force d'un réseau compétent, indépendant, représentatif

Un engagement auprès de la filière et des pouvoirs publics

Plus de 2 000 membres / 17 groupes régionaux :
Ingénieurs, techniciens, bureaux d'études, industriels, installateurs, exploitants, chercheurs, enseignants...

Réunit tous ceux qui participent au rayonnement du **Génie Climatique**

Relais auprès des institutionnels autour de l'environnement et du développement durable

Une **représentation à l'international**, notamment au sein de REHVA* et de l'ASHRAE**

*Federation of European Heating and Air Conditioning Associations
**American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers

4

AICVF
Un réseau d'envergure
et de proximité

Pour en savoir plus sur l'AICVF
www.aicvf.org

Pour devenir membre :
<https://aicvf.org/aicvf/adhesion/>

contact@aicvf.org
01 53 04 36 10

AICVF : 66, rue de Rome - 75008 Paris

5

AIR HUMIDE

Air sec

+

Vapeur d'eau

=

Air humide

Gaz constituant	Fraction molaire (%)	Masse molaire (g.mol ⁻¹)
Azote	78,084	28,0134
Oxygène	20,946	31,9988
Argon	0,934	39,948
Anhydride carbonique	0,035	44,00995
Néon	1,82.10 ⁻³	20,183
Hélium	5,24.10 ⁻⁴	4,0026
Krypton	1,114.10 ⁻⁴	83,80
Hydrogène	5,0.10 ⁻⁵	2,01594
Xénon	8,0.10 ⁻⁶	131,30
Ozone	1,0.10 ⁻⁶	47,9982

Association des Ingénieurs et techniciens en Climatique, Ventilation et Froid

6

27/11/2025

6

AIR HUMIDE



➤ **Pression totale**

La pression totale correspond à la pression à laquelle est soumise l'air humide. Pour l'air ambiant, il s'agit de la pression atmosphérique. Elle correspond aussi à la somme des pressions partielles d'air sec et de vapeur d'eau.

➤ **Pression partielle de vapeur d'eau**

La pression partielle de la vapeur d'eau correspond à la pression qu'exerce la vapeur d'eau dans l'air humide. Elle constitue une partie de la pression totale.

➤ **Température sèche**

La température sèche est mesurée par un thermomètre traditionnel à bulbe sec, elle indique la température du mélange d'air sec et de vapeur d'eau. Il est appelé ainsi afin de mieux le distinguer des autres thermomètres. Le bulbe de ce thermomètre doit être protégé des rayonnements parasites éventuels.

➤ **Température humide**

Comme son nom l'indique, la température humide est indiquée par un thermomètre à bulbe humide. Il s'agit d'un thermomètre classique sur lequel le bulbe a été entouré d'une gaze imbibée d'eau. L'ensemble est balayé par un flux d'air dont la vitesse doit être au moins égale à 2 m.s^{-1} .

➤ **Température de rosée**

La température de rosée correspond à la température à laquelle un air humide doit être refroidi pour obtenir une saturation de celui-ci (début de la condensation).

7

AIR HUMIDE



➤ **Humidité spécifique (w)**

Encore appelée teneur en humidité ou humidité, elle représente la masse d'eau contenue dans un volume d'air humide dont la masse d'air sec est égale à 1 kg. Elle doit être calculée car elle n'est pas directement mesurable, elle est utile pour le dimensionnement des systèmes d'humidification et de déshumidification.

➤ **Enthalpie spécifique (q')**

Elle représente la quantité d'énergie contenue dans une masse d'air humide dont la masse d'air sec est égale à 1 kg. Pour des raisons de simplicité, il est préférable de prendre comme référence $h=0$ pour de l'eau à l'état liquide à une température de 0°C . L'enthalpie prend donc en référence la chaleur latente de vaporisation de l'eau ainsi que la somme des chaleurs sensibles contenue dans l'air sec et la vapeur d'eau.

➤ **Volume spécifique (v')**

Le volume spécifique correspond au volume occupé par un air humide dont la masse d'air sec est égale à 1 kg. Il est souvent confondu à tort avec le volume massique, qui est égale au volume occupé par un air humide de masse totale (humide) est égale à 1 kilogramme. Cette deuxième grandeur est moins à exploiter sur une installation car comme nous l'avons dit précédemment la masse de vapeur d'eau n'est pas constante dans le système.

8

AIR HUMIDE



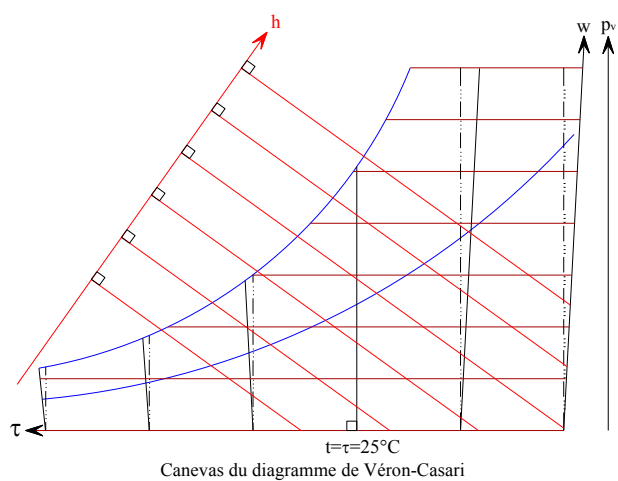
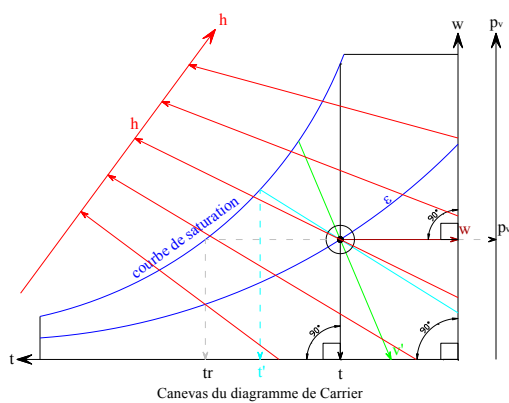
➤ Synthèse des notions utilisées

Grandeur	1 AICVF	2 ASHRAE	3	4	Unité
Pression atmosphérique	P	P	P	P	Pa
Température sèche	t	t	θ	t	°C
Température humide	t'	t*	θ_h	t _h	°C
Température de rosée	t _r	t _d	θ_r	t _r	°C
Humidité relative	ε	ϕ	Ψ	φ	%
Humidité spécifique	w	W	r	x	kg _{eau} ·kg _{as} ⁻¹
Enthalpie spécifique	q'	h	H	i	kJ·kg _{as} ⁻¹
Volume spécifique	v'	v	v	\bar{v}	m ³ ·kg _{as} ⁻¹
Degré de saturation					-

Tableau récapitulatif des notations couramment employées

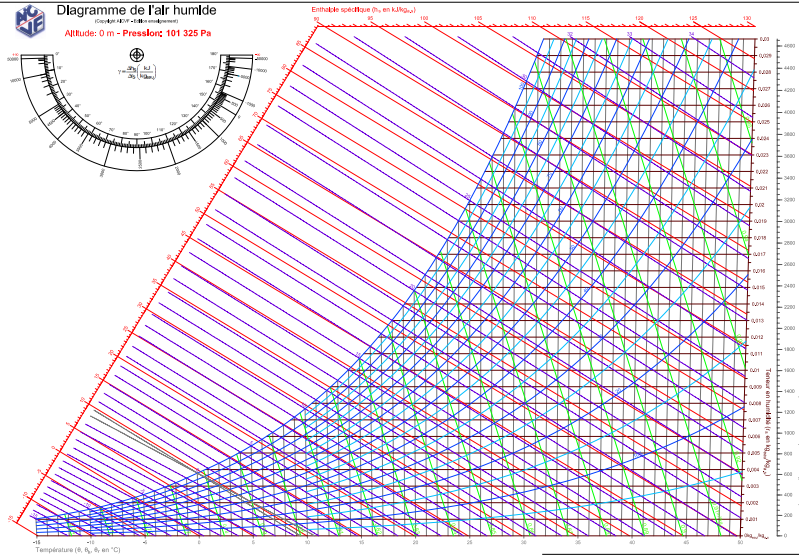
9

DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE (PSYCHROMÉTRIQUE)



10

DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE (PSYCHROMÉTRIQUE)



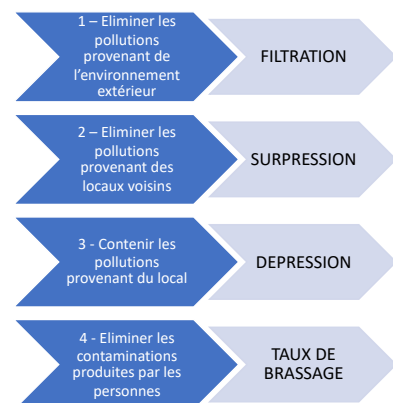
11

QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR



Le développement des bâtiments modernes, l'évolution des normes, des pratiques éco responsables, mais aussi la multiplication de certaines pathologies (asthme (1 milliard €), maladies nosocomiales (4200 morts par an, voies urinaires, respiratoires, zones opérées, infections sanguines, 1.8 milliards d'€), Radon (3000 morts par an), nous a fait prendre conscience de l'urgence de la maîtrise des polluants des ambiances par :

- Une meilleure connaissance des sources de pollution
 - Pollution liée à la qualité de l'air du milieu extérieur (CO2, COV, PM10,O3)
 - Pollution spécifique liée à l'activité intérieure (personnel, process, gaz polluants etc.)
 - Pollution liée au bâti et à son équipement intérieur (matériaux, mobiliers etc.)
- Une meilleure hygiénisation des pratiques
- Une meilleure conception et maintenance des systèmes CVC en jouant sur 3 facteurs:

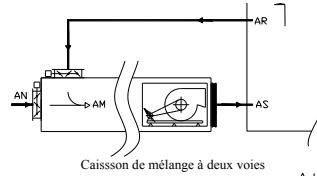


12

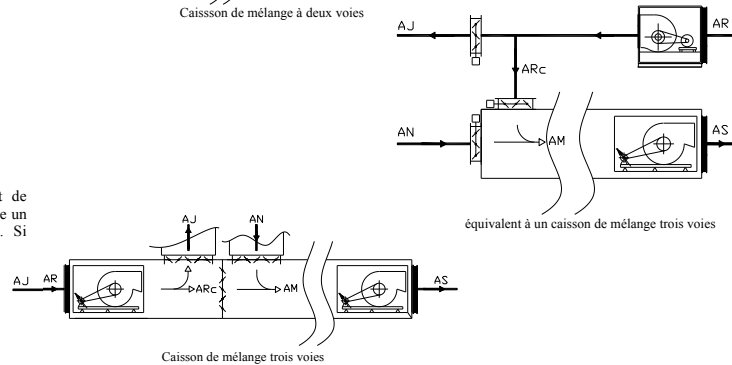
CAISSON DE MÉLANGE



- Dans le cas où le débit d'air neuf rapporté au débit de soufflage est réduit, le montage le plus couramment employé est le caisson à deux registres. Un seul ventilateur est suffisant, le local sera en légère surpression et l'air vicié sera évacué par les ouvrants.



- Dans le cas où le débit d'air neuf rapporté au débit de soufflage est important, il est nécessaire de mettre en place un ventilateur de soufflage et un ventilateur d'extraction. Si l'encombrement le permet, l'ensemble sera associé à un caisson équipé de trois registres, sinon un montage équivalent sera réalisé à l'aide de registres dissociés.



13

DÉBITS DE VENTILATION D'AIR NEUF



➤ Règlement Sanitaire Départemental type :

Dans les locaux à pollution non spécifique : le débit normal d'air neuf à introduire est fixé dans le tableau ci-après en tenant compte des interdictions de fumer.

DESTINATION DES LOCAUX	Débit minimal d'air neuf en m ³ /h et par occupant	
	locaux avec interdiction de fumer	locaux sans interdiction de fumer
Locaux d'enseignement : Classes, salles d'études, laboratoires (à l'exclusion de ceux à pollution spécifique) :		
• maternelles, primaires et secondaires du 1er cycle	15	-
• secondaires du 2e cycle et universitaires	18	25
• ateliers	18	25
Locaux d'hébergement : Chambres collectives (plus de 3 personnes)*, dortoirs, cellules, salles de repos	18	25
Bureaux et locaux assimilés : Tels que locaux d'accueil, bibliothèques, bureaux de poste, banques	18	25
Locaux de réunions : Tels que salles de réunions, de spectacles, de culte, clubs, foyers	18	30
Locaux de vente : Tels que boutiques, supermarchés	22	30
Locaux de restauration : Cafés, bars, restaurants, cantines, salles à manger	22	30
Locaux à usage sportif :		
Par sportif :		
• dans une piscine	22	-
• dans les autres locaux	25	30
Par spectateur	18	30

*Pour les chambres de moins de 3 personnes, le débit minimal à prévoir est de 30 m³/h par local.

14

DÉBITS DE VENTILATION D'AIR NEUF



➤ Code du travail, Article R232-5-3 :

D'après l'article Article R232-5-3 du code du travail, le débit d'air neuf minimal légal fonction du type de local doit s'effectuer de manière suivante :

Désignation des locaux :	Débit minimal d'air neuf par occupant en m ³ /h
bureaux, locaux sans travail physique	25
locaux de restauration, locaux de vente, locaux de réunion	30
ateliers et locaux avec travail physique léger	45
autres ateliers et locaux	60

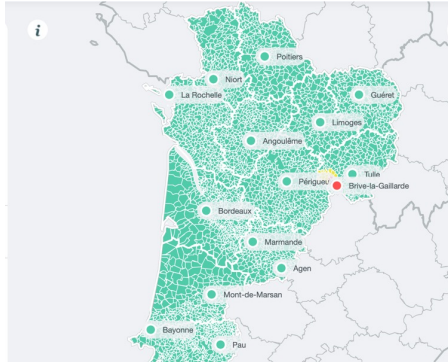
DÉBITS DE VENTILATION D'AIR NEUF



La nouvelle directive sur la qualité de l'air a été publiée au Journal officiel de l'Union européenne et en vigueur depuis le **11 décembre 2024**. Elle fusionne deux directives de **2004** et **2008**, fixe de nouveaux objectifs qualité de l'air à atteindre en 2030 plus strictes pour plusieurs polluants dont les particules **PM10** et **PM2,5**, le dioxyde d'azote et le dioxyde de soufre.

Polluant	Directives de l'UE de 2004 et 2008	Normes réglementaires retenues en 2024	Seuils de l'OMS de 2021
Dioxyde d'azote NO2	40 µg/m ³ moyenne annuelle	20 µg/m ³ moyenne annuelle	10 µg/m ³ moyenne annuelle
PM10	40 µg/m ³ moyenne annuelle	20 µg/m ³ moyenne annuelle	15 µg/m ³ moyenne annuelle
PM 2,5	25 µg/m ³ moyenne annuelle	10 µg/m ³ moyenne annuelle	5 µg/m ³ moyenne annuelle

DÉBITS DE VENTILATION D'AIR NEUF



Plus d'informations sur <https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/>

CATÉGORIES	DESCRIPTION	ENVIRONNEMENT TYPIQUE
ODA 1	L'AIR EXTÉRIEUR, QUI PEUT PARFOIS ÊTRE TEMPORAIREMENT CHARGÉ DE POUSSIÈRE S'applique lorsque les lignes directrices de l'Organisation mondiale de la santé (OMS 2021) sont respectées (moyenne annuelle pour $PM_{2,5} \leq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $PM_{10} \leq 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$).	
ODA 2	AIR EXTÉRIEUR PRÉSENTANT DES CONCENTRATIONS ÉLEVÉES DE PARTICULES S'applique lorsque les concentrations de particules dépassent les lignes directrices de l'OMS d'un facteur allant jusqu'à 1,5 (moyenne annuelle pour les $PM_{2,5} \leq 7.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $PM_{10} \leq 22.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).	
ODA 3	AIR EXTÉRIEUR AVEC DE TRÈS FORTES CONCENTRATIONS DE PARTICULES S'applique lorsque les concentrations de particules dépassent les lignes directrices de l'OMS d'un facteur supérieur à 1,5 (moyenne annuelle pour les $PM_{2,5} > 7.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $PM_{10} > 22.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).	

DÉBITS DE VENTILATION D'AIR NEUF



Exemple pour la ville d'Angoulême (27/11/2025 à 10h)



DÉBITS DE VENTILATION D'AIR NEUF



Objectifs du bâtiment

Ces classifications sont divisées entre SUP1 et SUP5. Une note de la norme EN 16798 nous indique que tout bâtiment commercial accueillant des personnes nécessitera un filtre ePM1 minimum, quel que soit l'endroit où il se trouve.

CATÉGORIES	VENTILATION GÉNÉRALE	
SUP 1		
SUP 2	PIÈCES DESTINÉES À UNE OCCUPATION PERMANENTE Exemples : Bureaux, jardins d'enfants, hôtels, immeubles résidentiels, salles de réunion, salles d'exposition, salles de conférence, théâtres, cinémas et salles de concert.	
SUP 3	LOCAUX À OCCUPATION TEMPORAIRE Exemples : Centres commerciaux, entrepôts, salles de lavage, salles de serveurs et salles de photocopie.	
SUP 4	CHAMBRES AVEC OCCUPATION DE COURTE DURÉE Exemples : Toilettes, salles de stockage et escaliers.	
SUP 5	PIÈCES SANS OCCUPATION Exemples : Centres de données, locaux à poubelles et parkings souterrains.	

Association des Ingénieurs et techniciens en Climatique, Ventilation et Froid

CATÉGORIES	VENTILATION INDUSTRIELLE	
SUP 1	APPLICATIONS AVEC DES EXIGENCES ÉLEVÉES EN MATIÈRE D'HYGIÈNE Exemples : Hôpitaux, industrie pharmaceutique, industrie électronique et optique, alimentation en air des salles blanches.	
SUP 2	APPLICATIONS AVEC DES EXIGENCES HYGIÉNIQUES MOYENNES Exemples : Production d'aliments et de boissons.	
SUP 3	APPLICATIONS AVEC DES EXIGENCES HYGIÉNIQUES DE BASE Exemples : Production d'aliments et de boissons avec une exigence d'hygiène de base	
SUP 4	APPLICATIONS SANS EXIGENCES HYGIÉNIQUES Exemples : Zones de production générale dans l'industrie automobile	
SUP 5	ZONES DE PRODUCTION DE L'INDUSTRIE LOURDE Exemples : Aciéries, fonderies et installations de soudage.	

19

27/11/2025

19

DÉBITS DE VENTILATION D'AIR NEUF



Le tableau ci-dessous indique l'efficacité de filtration requise en fonction de la qualité de l'air extérieur.

Qualité de l'air extérieur	Classe de l'air entrant					
	SUP 1 (P)	SUP 2 (P)	SUP 3 (P)	SUP 4 (P)	SUP 5 (P)	SUP 6 (P)
	ePM ₁ ^a	ePM ₁ ^a	ePM _{2,5} ^b	ePM ₁₀	ePM ₁₀	
ODA (P) 1	70% ^a	50% ^a	50% ^a	50%	50%	
ODA (P) 2	80% ^a	70% ^a	70% ^a	80%	50%	
ODA (P) 3	90% ^a	80% ^a	80% ^a	90%	80%	0%

Note : (P) est l'identificateur pour les particules :

^a La classe du filtre final doit être au minimum ePM₁ 50%.

^b La classe du filtre final doit être au minimum ePM_{2,5} 50%.

^c Aucune filtration n'est requise.

Association des Ingénieurs et techniciens en Climatique, Ventilation et Froid

20

27/11/2025

20

CAISSON DE MÉLANGE



6.1.1.1 Bilans massiques:

sur l'air sec : $\dot{m}_{as,1} + \dot{m}_{as,2} = \dot{m}_{as,3}$

sur la vapeur d'eau : $\dot{m}_{v,1} + \dot{m}_{v,2} = \dot{m}_{v,3}$

avec : $\dot{m}_v = \dot{m}_{as} \cdot w$

on peut en déduire : $w_3 = \frac{\dot{m}_{as,1} \cdot w_1 + \dot{m}_{as,2} \cdot w_2}{\dot{m}_{as,3}}$

eq 6-1

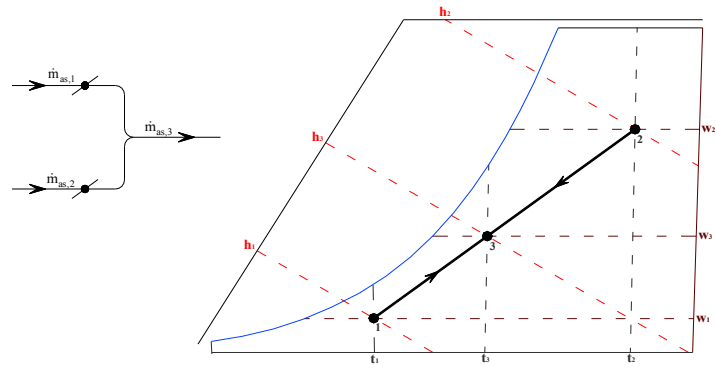
eq 6-2

6.1.1.2 Bilan énergétique :

$\dot{m}_{as,1} \cdot h_1 + \dot{m}_{as,2} \cdot h_2 = \dot{m}_{as,3} \cdot h_3$

$h_3 = \frac{\dot{m}_{as,1} \cdot h_1 + \dot{m}_{as,2} \cdot h_2}{\dot{m}_{as,3}}$

eq 6-3

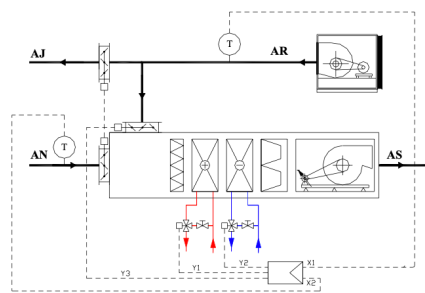


21

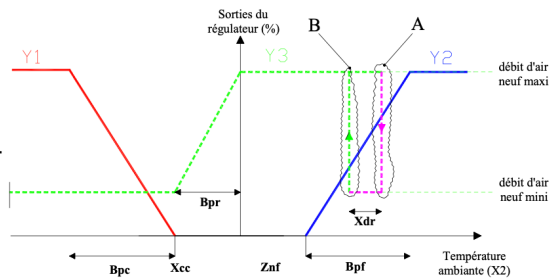
CAISSON DE MÉLANGE



Exemple de solution pour la gestion du free cooling :



Y1 : batterie chaude
Y2 : batterie froide
Y3 : registre d'air neuf



Xcc : consigne chaud
Xcf : consigne froid
Bpc : bande proportionnelle chaud

Bpf : bande proportionnelle froid
Bpr : bande proportionnelle registre
Xdr : différentiel registre

22

BATTERIE CHAUDE



6.2.1.1 Bilans massiques:

sur l'air sec : $\dot{m}_{as,1} = \dot{m}_{as,2}$

sur la vapeur d'eau : $\dot{m}_{v,1} = \dot{m}_{v,2}$

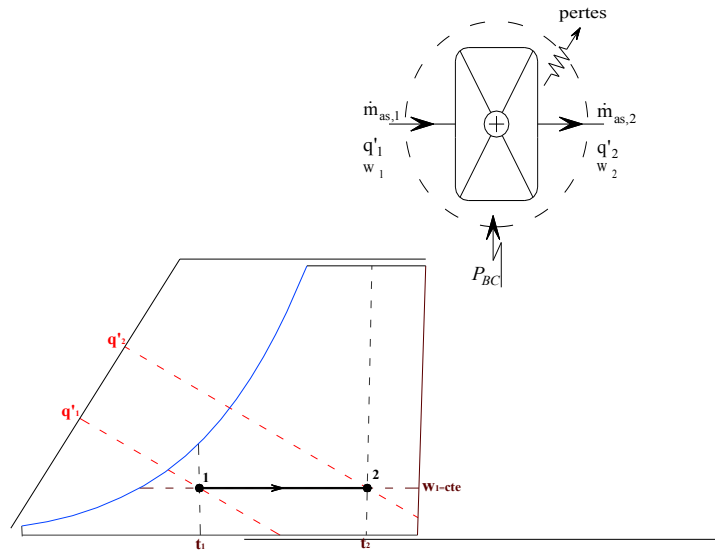
avec : $\dot{m}_v = \dot{m}_{as} \cdot w$, on peut en déduire : $w_1 = w_2$

6.2.1.2 Bilan énergétique :

$$P_{BC} + \dot{m}_{as} \cdot q'_1 - \dot{m}_{as} \cdot q'_2 - \text{pertes} = 0$$

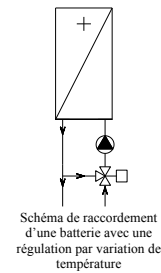
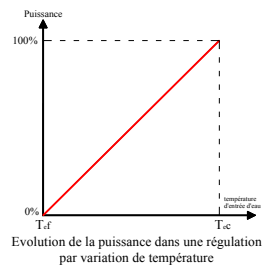
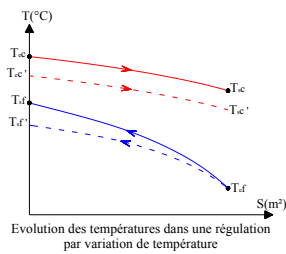
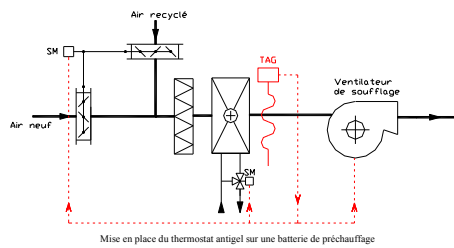
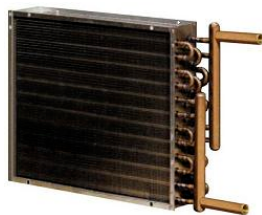
$$P_{BC} = \dot{m}_{as} \cdot (1,006 \cdot (t_2 - t_1) + 1,83 \cdot w \cdot (t_2 - t_1))$$

$$P_{BC} = \dot{m}_{as} \cdot 1,006 \cdot (t_2 - t_1)$$



23

BATTERIE CHAUDE



24

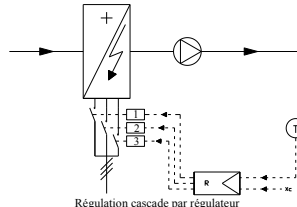
BATTERIE CHAUDE



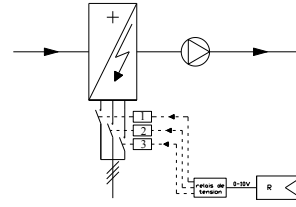
Batterie à ailette doc Vulcanic



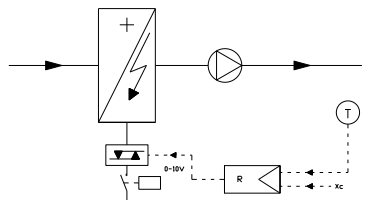
Batterie à surface lisse doc France Air



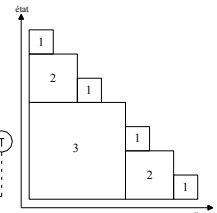
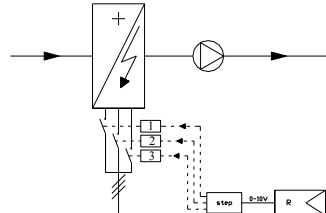
Régulation cascade par régulateur



régulation cascade avec régulateur progressif + relais de tension



Principe d'une régulation par triac



25

REFROIDISSEMENT SEC (BATTERIE FROIDE SÈCHE)



6.3.1.1 Bilans massiques:

sur l'air sec : $\dot{m}_{as,1} = \dot{m}_{as,2}$

sur la vapeur d'eau : $\dot{m}_{v,1} = \dot{m}_{v,2}$

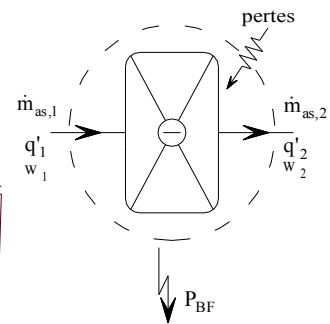
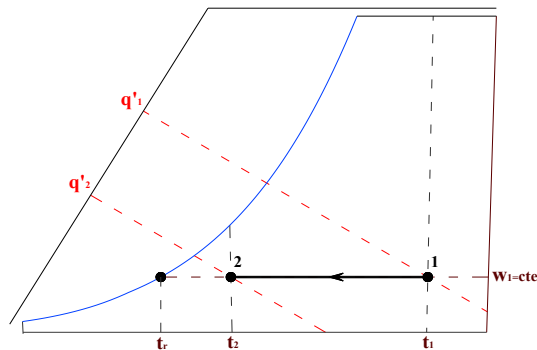
on peut en déduire : $w_1 = w_2$

6.3.1.2 Bilan énergétique :

$$\dot{m}_{as} \cdot q'_1 - P_{BF} - \dot{m}_{as} \cdot q'_2 + \text{pertes} = 0$$

$$P_{BF} = \dot{m}_{as} \cdot (q'_1 - q'_2)$$

$$P_{BF} = \dot{m}_{as} \cdot 1,006 \cdot (t_1 - t_2)$$



26

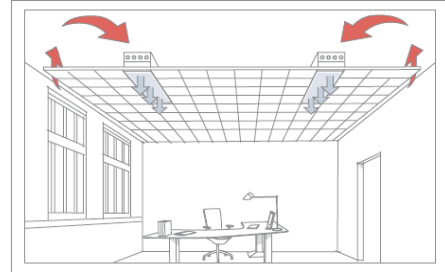
REFROIDISSEMENT SEC (BATTERIE FROIDE SÈCHE)



Poutre froide passive



Poutre froide passive doc Waterloo



Principe de diffusion d'une poutre froide passive.

Poutre froide active

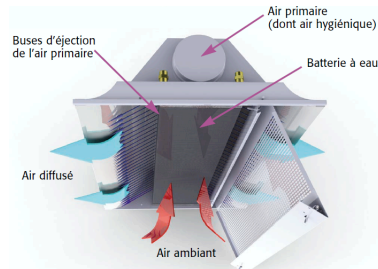


Schéma de principe d'une poutre froide doc France Air

27

REFROIDISSEMENT ET DÉSHUMIDIFICATION (BATTERIE FROIDE HUMIDE)



6.4.3.1 Bilans massiques:

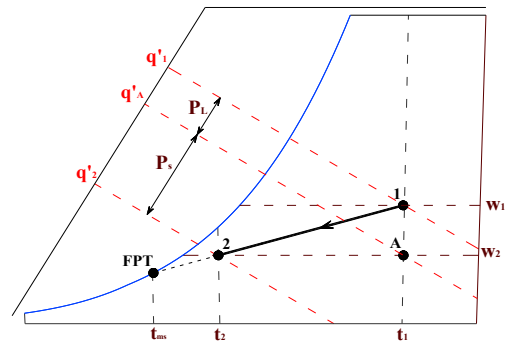
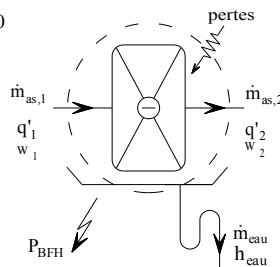
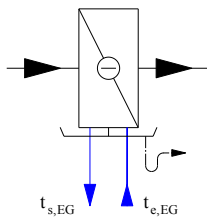
sur l'air sec : $\dot{m}_{as,1} = \dot{m}_{as,2}$

sur la vapeur d'eau : $\dot{m}_{v,1} - \dot{m}_{v,2} - \dot{m}_{eau} = 0$

on peut en déduire le débit d'eau condensé : $\dot{m}_{eau} = \dot{m}_{as} \cdot (w_1 - w_2)$

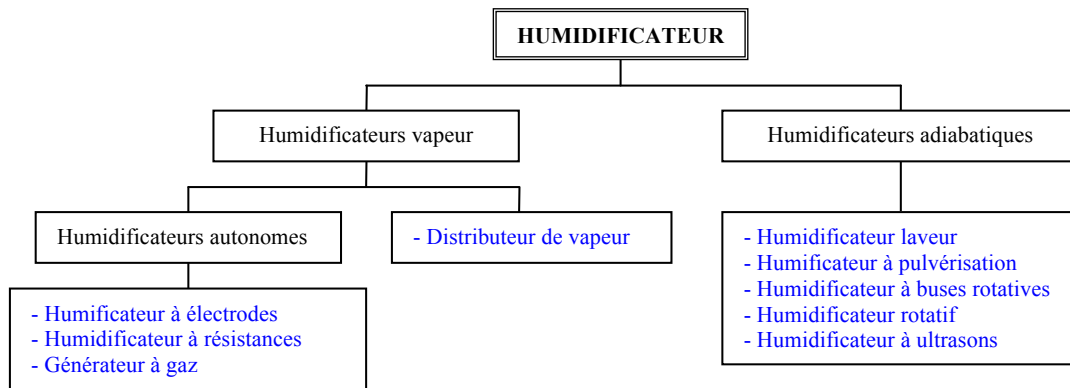
6.4.3.2 Bilan énergétique :

$$\dot{m}_{as} \cdot q'_1 - \dot{m}_{as} \cdot q'_2 - P_{BFH} - \dot{m}_{eau} \cdot h_{eau} - \text{pertes} = 0$$



28

HUMIDIFICATION



29

HUMIDIFICATEUR VAPEUR



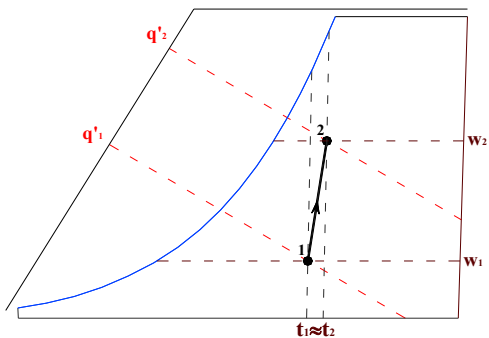
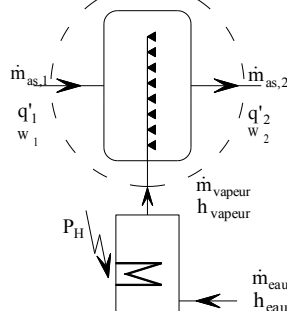
6.6.1.1.1 Bilans massiques:

- sur la rampe d'injection :
pour l'air sec : $\dot{m}_{as,1} = \dot{m}_{as,2}$
pour la vapeur d'eau : $\dot{m}_{v,1} - \dot{m}_{v,2} + \dot{m}_{vapeur} = 0$
on peut en déduire le débit de vapeur injectée : $\dot{m}_{vapeur} = \dot{m}_{as} \cdot (w_2 - w_1)$

- sur le cylindre vapeur :
 $\dot{m}_{eau} = \dot{m}_{vapeur}$

6.6.1.1.2 Bilans énergétiques :

- sur la rampe d'injection :
 $\dot{m}_{vapeur} \cdot h_{vapeur} = \dot{m}_{as} \cdot (q'_2 - q'_1)$
- sur le cylindre vapeur :
 $P_H = \dot{m}_{vapeur} \cdot (h_{vapeur} - h_{eau})$



30

HUMIDIFICATEUR ADIABATIQUE

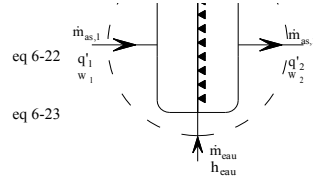


6.6.2.1.1 Bilans massiques:

pour l'air sec : $\dot{m}_{as,1} = \dot{m}_{as,2}$

pour la vapeur d'eau : $\dot{m}_{v,1} - \dot{m}_{v,2} + \dot{m}_{eau} = 0$

on peut en déduire le débit de vapeur injectée : $\dot{m}_{eau} = \dot{m}_{as} \cdot (w_2 - w_1)$



eq 6-22

eq 6-23

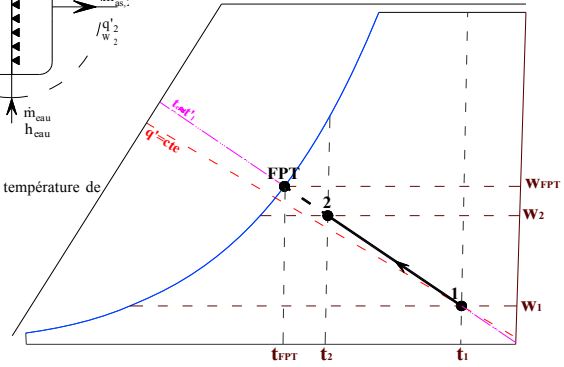
6.6.2.1.2 Bilans énergétiques :

$$\dot{m}_{eau} \cdot h_{eau} = \dot{m}_{as} \cdot (q_2 - q_1)$$

Avec $h_{eau} = C_{p,eau} \cdot t_{eau}$ ou t_{eau} correspond à la température de l'eau pulvérisée (généralement la température de l'eau de ville).

On peut en déduire : $(w_2 - w_1) \cdot C_{p,eau} \cdot t_{eau} = (q_2 - q_1)$

eq 6-24



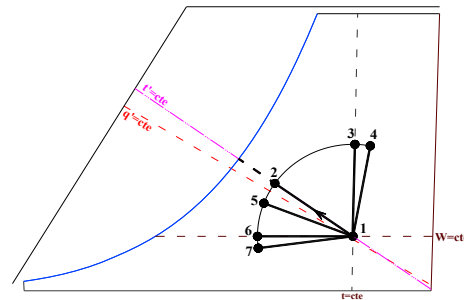
31

HUMIDIFICATEUR ADIABATIQUE



En fonction des paramètres de fonctionnement de l'humidificateur plusieurs évolutions sont possibles :

- 1-2 : humidification adiabatique
- 1-3 : humidification
- 1-4 : chauffage et humidification
- 1-5 : refroidissement et déshumidification
- 1-6 : refroidissement
- 1-7 : déshumidification



Evolution	Degré de pulvérisation	Température
1-2	↘	$T_{eau} \approx T_{humide\ de\ l'air}$
1-3	↗	$T_{eau} \approx T_{seche\ de\ l'air}$
1-4	↗↗	$T_{eau} \gg T_{seche\ de\ l'air}$
1-5	↖↖	$T_{eau} < T_{seche\ de\ l'air}$ et $T_{eau} > T_{rosée\ de\ l'air}$
1-6	↖↖↖	$T_{eau} \approx T_{rosée\ de\ l'air}$
1-7	↖↖↖↖	$T_{eau} \ll T_{seche\ de\ l'air}$

↗↗ très important

↗ important

↘ faible

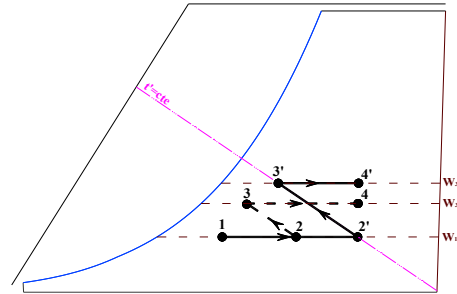
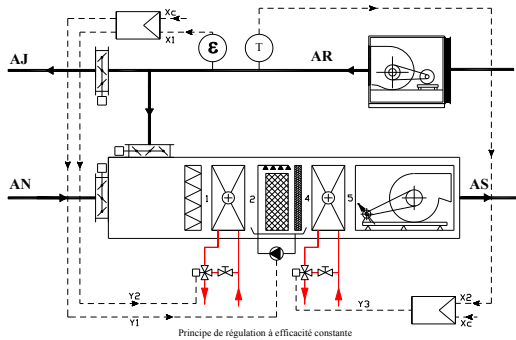
32

HUMIDIFICATEUR ADIABATIQUE



• Régulation à efficacité constante :

La mise en service de la pompe de l'humidificateur est commandée en tout ou rien dès que la sonde X1 détecte un besoin d'humidification. Pour augmenter ou diminuer le débit d'eau injecté, le régulateur d'hygrométrie règle la puissance de la batterie chaude de pré chauffage. L'efficacité de l'humidificateur étant constante, si la température du point 2 augmente le débit d'eau injecté augmente en parallèle. La puissance de la deuxième batterie est réglée afin de satisfaire la température ambiante souhaitée. C'est le mode de régulation le plus employé.



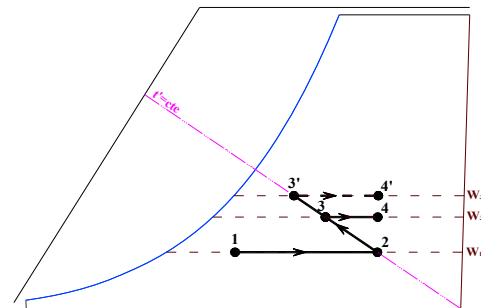
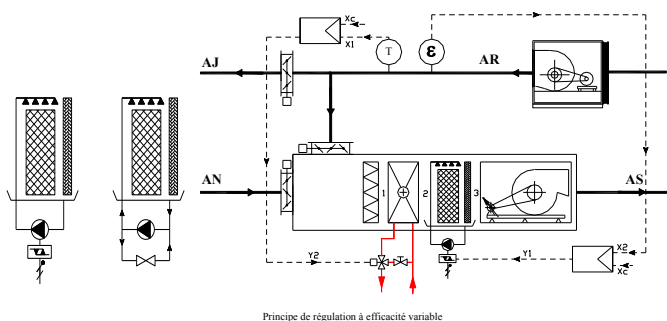
33

HUMIDIFICATEUR ADIABATIQUE



• Régulation à efficacité variable :

Pour faire évoluer l'efficacité de l'humidificateur il suffit de modifier le débit d'eau pulvérisée, cette solution est possible en utilisant une pompe à débit variable ou en ajoutant en parallèle de la pompe une vanne de décharge modulante. Le régulateur d'hygrométrie agit sur le débit d'eau pulvérisé (vitesse de rotation de la pompe ou vanne de décharge). Le régulateur de température modifie la puissance de la batterie afin de satisfaire la température ambiante. Une seule batterie chaude est suffisante, à condition que l'installation supporte le niveau de température en sortie de celle-ci lorsque les déperditions sont les plus importantes.



34

SYSTÈMES DE RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE



	A plaques	Deux batteries	Caloduc	Rotatif	
				Non hygroscopique	Hygroscopique
Possibilité de transfert d'humidité	Non	Non	Non	Oui un peut	Oui
Efficacité sensible	50 à 80%	45 à 65%	45 à 65%	50 à 85%	50 à 85%
Obligation de poser les deux conduites d'air côte à côte	Oui	Non	Oui	Oui	Oui
Plage de débit d'air disponible	A partir de 90 m ³ /h	A partir de 200 m ³ /h	A partir de 200 m ³ /h	150 à 180000 m ³ /h	
Pertes de charge par circuit	100 à 1000Pa	150 à 500Pa	150 à 500Pa	100 à 300Pa	
Avantages	- pas de pièces mécaniques en mouvement, - très peu d'entretien - nettoyage facile	- mise en place aisée particulièrement pour les gros équipements	- pas de pièces mécaniques en mouvement,	- pertes de charges réduites, - nettoyage facile	- récupération par transfert de masse - pertes de charges réduites
Inconvénients	- encombrement important	- entretien plus important à cause de la présence du circuit hydraulique (pompe vase d'expansion, etc...)	- peu de fournisseurs, - performances réduites à cause du coût d'achat élevé	- risque de contamination de l'air neuf par l'air vicié à cause de l'étanchéité entre les deux sections. - nettoyage de la roue pas aisé	

35

SYSTÈMES DE RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE

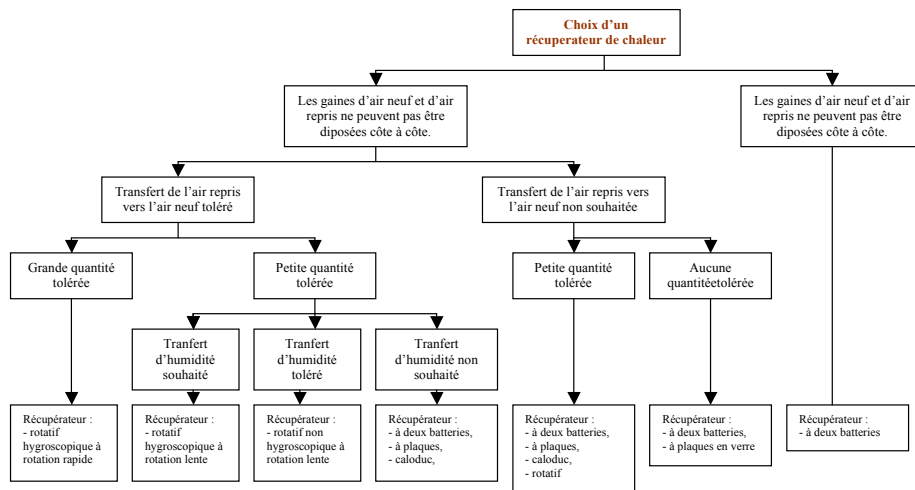
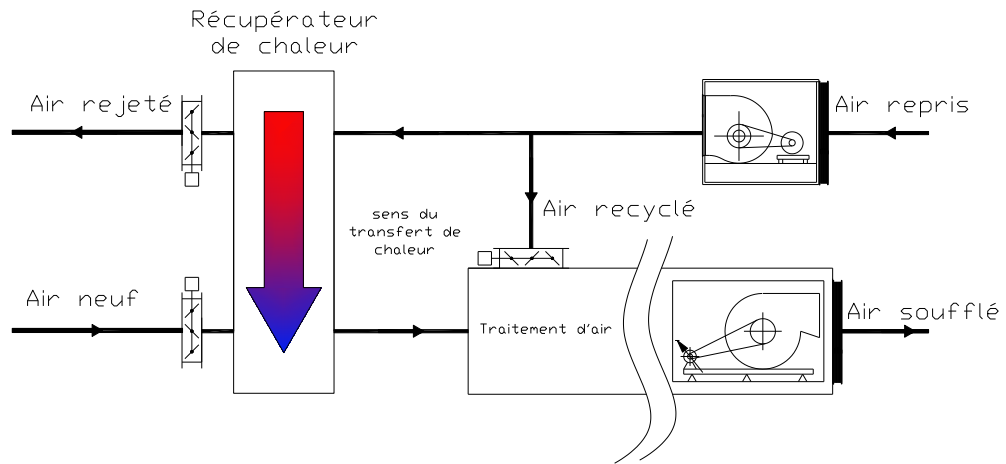


Tableau permettant d'effectuer le choix d'un récupérateur de chaleur en fonction des contraintes de l'installation

36

SYSTÈMES DE RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE

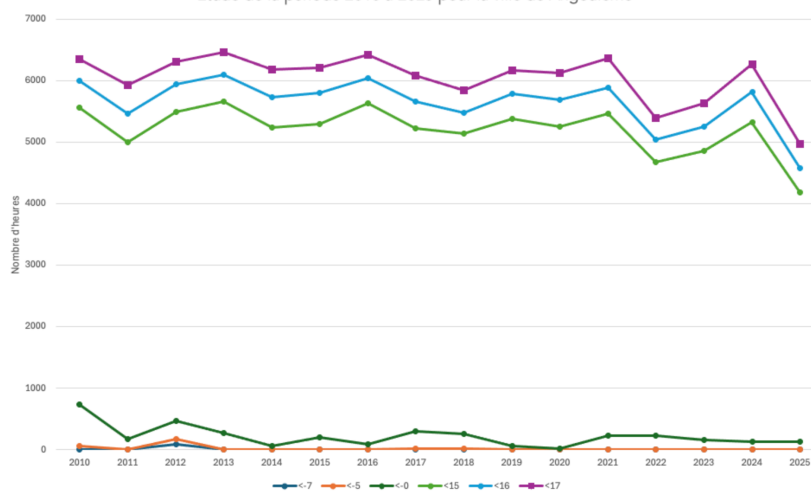


37

SYSTÈMES DE RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE

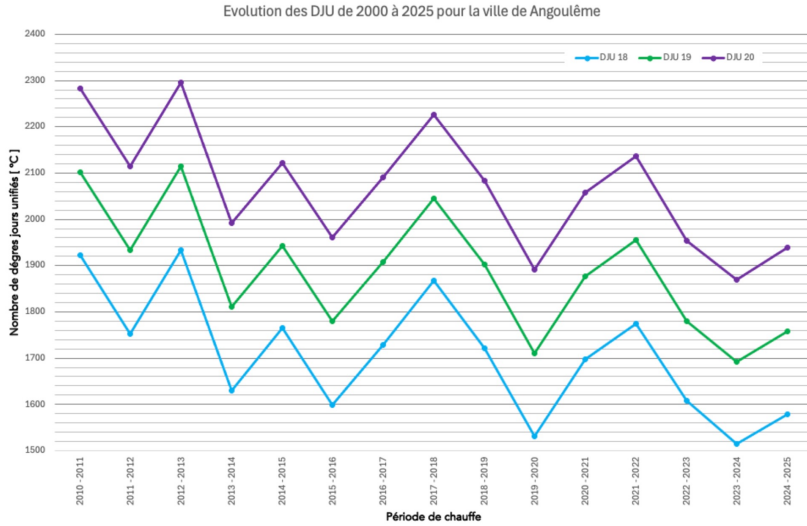


Évolution du nombre d'heure selon la température extérieure
Etude de la période 2010 à 2025 pour la ville de Angoulême



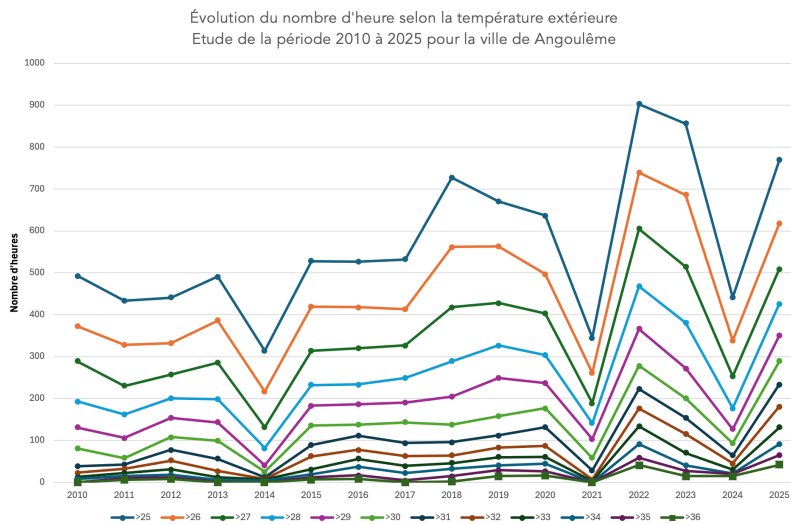
38

SYSTÈMES DE RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE



39

SYSTÈMES DE RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE



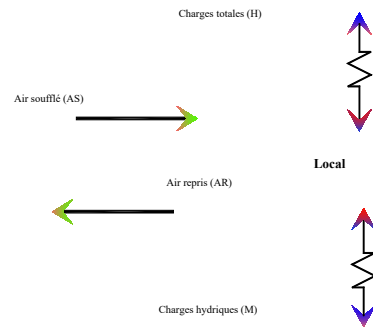
40

CHARGES THERMIQUES ET HYDRIQUES



En résumé les charges auxquelles est soumis le local peuvent être exprimées de quatre façons :

- charges totales : $H = \dot{m}_{as} \cdot (q'_{AR} - q'_{AS}) = Q + HI$
- charges hydriques : $M = \dot{m}_{as} \cdot (w_{AR} - w_{AS})$
- charges latentes : $HI \approx M \cdot 2501$
- charges sensibles : $Q \approx \dot{m}_{as} \cdot 1,006 \cdot (t_{AR} - t_{AS})$



45

CHARGES THERMIQUES ET HYDRIQUES



D'après l'expression des charges sensibles (Q), l'idéal serait d'obtenir un écart de température le plus important possible entre la température de soufflage et la température du local.

Toutefois cette dernière hypothèse doit respecter en parallèle des critères de confort acceptables pour les occupants. Ainsi en fonction du système de diffusion envisagé, un écart de température maximum ne doit pas être dépassé entre le point de soufflage et l'air du local.

Systèmes par dilution à débit constant		Δt froid maxi [°C]	Taux de brassage [h ⁻¹]
Diffuseurs de plancher soufflage vertical		5	< 8
Diffuseurs muraux soufflage horizontal		6 à 8	< 10
Plafonniers linéaires à jet directif : vertical horizontal		5 10	< 8 < 15
Plafonniers circulaires ou carrés		11 à 14	< 25
Parois perforées verticales ou le plus souvent plafond souf- flant		5 12	< 12 > 30

Système par induction à débit variable

Plafonniers linéaires à jet horizontal		10 à 14	< 25
-------------------------------------------	--	---------	------

Système par déplacement

Diffuseur horizontal par grille perforée		5 à 6	3'
---------------------------------------------	--	-------	----

46