

Adresses:

Editeur: Office fédéral des
questions conjoncturelles (OFQC)
Belpstrasse 53
3003 Berne
Tél.: 31/61 21 39
Fax: 031/46 41 02

Direction: RAVEL
c/o Amstein+Walthert AG
Leutschenbachstrasse 45
8050 Zürich
Tél.: 01/305 91 11
Fax: 01/305 92 14

Responsable Charles Weinmann
romand: Weinmann-Energies SA
Route d'Yverdon 4
1040 Echallens
Tél.: 021/881 47 13
Fax: 021/881 10 82

Chef du domaine: Charles Weinmann
Weinmann-Energies SA
Route d'Yverdon 4
1040 Echallens
Tél.: 021/881 47 13
Fax: 021/881 10 82

Auteur: Michel Borel
E. CONTI jr - R. Hermann SA
Quai de versoir 17
1290 Versoir
Tél.: 022/755 55 25
Fax: 022/755 47 61

Cette étude appartient à l'ensemble des projets d'étude effectués par des diers dans le cadre du programme d'impulsion RAVEL. L'Office fédéral des questions conjoncturelles et la Direction du programme autorisent la publication de ce rapport, sous la responsabilité des auteurs et des chefs des domaines concernés.

Copyright Office fédéral des questions conjoncturelles
3003 Berne, décembre 1992

Reproduction autorisée, avec mention de la source.

Commande auprès de l'Office fédéral central des imprimés et du matériel, Berne (N° de com. 724.397.11.54 F)

Form. 724.397.11.54 F 12.92 500

RAVEL-Publications RAVEL

Publications RAVEL

Conditionnement des locaux.

**Humidification,
Déshumidification**



Michel Borel

RAVEL - Publications RAVEL

Office fédéral des questions conjoncturelles

Table des matières

	Page
1. Introduction	3
2. Pourquoi l'air est-il trop humide ou trop sec ?	3
3. Notions générales	5
HUMIDIFICATION	
4. Humidification : les différents procédés	9
5. Salubrité, maintenance, précautions à prendre	9
6. Bilan énergétique des procédés d'humidification	11
7. Justification des besoins en humidification	13
8. Concept d'installation et régulation	16
9. Choix des appareils et leur application	18
10. Comparaison des coûts par M^2	29
DESHUMIDIFICATION	
11. Déshumidification : les différents procédés	30
12. Salubrité, maintenance, plages d'utilisation	31
13. Bilan énergétique des procédés de déshumidification	33
14. Justification des besoins en déshumidification	36
15. Concept d'installation et régulation	37
16. Choix des appareils et leur application	37
17. Comparaison des coûts par m^2	39
18. Conclusions	40
19. Bibliographie et illustrations	41
Résultat des mesures	45

RAVEL PROJEKT 11.54 RAUMBELÜFTUNG

BEFEUCHTUNG - ENTFEUCHTUNG

Der Begriff Feuchtigkeitsgrad ist eng mit der Lufttemperatur verbunden. Steigt die Raumlufttemperatur, so wird die Luft als trocken empfunden.

Der Feuchtigkeitsgrad schwankt nicht nur wegen der Lufttemperatur, sondern auch wegen des Luftwechsels.

- In Wohngebäuden wird ein Luftfeuchtigkeitsgrad zwischen 35 und 50 % als normal betrachtet.
- Für andere Zwecke wird ein höherer Feuchtigkeitsgrad benötigt : es braucht oft eine Befeuchtung.
- Anderswo ist der Feuchtigkeitsgrad zu hoch : es braucht eine Entfeuchtung.

Aber welches Verfahren ist zu wählen ? Viel zusätzliche Faktoren sind zu berücksichtigen

- Das nötige Raumklima ist zu garantieren,
- Gesundheit : Bakterien (die sogenannten Legionellen) sind zu bekämpfen.
- Gute Resultate hat man durch Ultraviolettstrahlen oder durch Wärmeeinwirkung erreicht. Eine richtige Wartung der Anlagen darf man nicht unterlassen.
- Investierungskosten
- Betriebskosten

Luftbefeuchtung und Luftentfeuchtung können viel Energie benützen, und ihre Betriebskosten sind nicht leicht erkennbar. Sie sind sehr oft in der Energierechnung der technischen Anlagen versteckt. Um eine Kontrolle sowie eine optimale Energieverwendung zu ermöglichen, gelten folgende Regeln :

- Braucht man wirklich eine Befeuchtung oder Entfeuchtung ? Der Kunde und der Klimafachman sollen es entscheiden.
- Für jedes Projekt soll man nicht nur die Investierungskosten kennen, sondern auch die Betriebskosten.
- Eine Energierückgewinnung ist fast in jedem Projekt ein Muss.
- Thermische Energie kommt billiger als elektrische Energie.
- Ein Energiezähler wäre für Befeuchtungs und Entfeuchtungsanlagen ein Vorteil.
- Wartung und periodische Kontrollen sind unerlässlich.
- Der Bund sollte eine sogenannte Energiekennziffer für technische Anlagen einführen.

Conditionnement des locaux

Humidification - Déshumidification

1. INTRODUCTION

Le conditionnement des locaux et spécialement le contrôle de l'hygrométrie est souvent nécessaire. Ainsi

un air trop sec est nuisible à la santé; il peut assécher les muqueuses, provoquer ou prolonger des rhumes, bronchites, etc. Parallèlement, il peut avoir des incidences néfastes pour certains matériaux tels que le bois, le papier. Les objets en bois tels que meubles, pianos, oeuvres d'art, les objets comportant du papier tels que les livres peuvent souffrir d'un air trop sec.

Un air trop humide peut être à l'origine de phénomènes de condensation, de moisissures, de corrosion sur des matériaux tels que le fer et l'acier. Il peut également être à l'origine de mauvais contacts électriques. Un piège dans lequel il ne faut pas tomber : des gouttelettes de condensation apparaissant sur une paroi ne signifient pas nécessairement que l'air est trop humide. Cela peut tout aussi bien être le fait d'une paroi mal isolée; si celle-ci est froide, même un air plutôt sec pourrait y provoquer de la condensation !

Le but de cette étude est de mieux comprendre la problématique liée à l'humidification/déshumidification, en particulier la consommation électrique et les coûts en énergie et maintenance. Le concepteur d'une installation y trouvera des indications utiles lui permettant de décider s'il est vraiment indispensable d'humidifier et parfois de déshumidifier.

2. POURQUOI L'AIR EST-IL TROP HUMIDE OU TROP SEC ?

2.1 Air trop humide

La condition idéale pour avoir de l'air trop humide peut être illustrée par la "bouteille thermos". En effet, on a :

- une excellente isolation
- une source potentielle de vapeur
- une aération inexistante

On rencontre souvent cette situation dans le secteur immobilier: un local ressemble à un bocal hermétique. Les parois sont très bien isolées. Les fenêtres sont hermétiques, tout spécialement celles destinées à protéger contre un environnement extérieur bruyant Il y a bien une légère ventilation mécanique par les salles de bain, WC, hottes de cuisine, etc., mais vu l'étanchéité des locaux, elle est dans l'incapacité d'assurer un débit d'air suffisant. Le peu de production de vapeur dû à l'évapo-transpiration, à certains

équipements (électroménager, machine à café, humidificateur individuel, etc.) peut suffire à obtenir des taux d'humidité supérieurs à 70 % Hr. La création d'un meilleur renouvellement d'air suffit très souvent à abaisser l'hygrométrie (grilles de transfert, apport d'air par des courettes, etc.).

A l'origine d'un air trop humide, on trouve donc :

- des matériaux de construction tels que béton et plâtre, qui sèchent dans un immeuble tout récent.
- une aération/ventilation insuffisante, par exemple avec un renouvellement horaire inférieur à 0,5
- une production de vapeur importante
- des conditions climatiques extérieures très humides comme en été, en relation avec un air intérieur plutôt froid, par exemple 10 °C.

2.2 Air trop sec

Sous nos latitudes l'air trop sec se rencontre le plus souvent en hiver dans les locaux chauffés. Un taux d'humidité relative de 30 % est même fréquent. On peut l'expliquer de la manière suivante: un volume d'air extérieur contient très peu de vapeur d'eau; cet air est introduit dans les locaux par les joints de fenêtres, les grilles d'aération ou la ventilation.

Dès lors, deux facteurs se combinent

- d'une part plus on chauffe les locaux plus l'hygrométrie va baisser
 - d'autre part, plus le renouvellement horaire est élevé, plus l'hygrométrie va baisser.
- A l'origine d'un air trop sec, on trouve donc
- une température ambiante trop élevée
 - une aération /ventilation importante, par exemple avec un renouvellement horaire supérieur à 2
 - une production de vapeur quasi inexistante
 - des conditions climatiques sèches telles qu'une longue période de temps clair avec ciel dégagé en hiver.

2.3 Quelques valeurs-type d'hygrométrie

Nous mentionnons les taux d'humidité valables en règle générale pour l'habitat

0 à 25	% air très sec
25 à 35	% air sec
35 à 50	% conditions normales
50 à 65	% air humide
65 à 100	% air très humide

3. NOTIONS GÉNÉRALES

Trois notions sont fondamentales :

- l'humidité absolue
- l'humidité relative
- le phénomène de condensation.

3.1 L'humidité absolue

L'air que nous respirons contient toujours un peu de vapeur d'eau. L'humidité absolue est le nombre de grammes de vapeur d'eau qu'il y a par kg d'air, en abrégé g/kg.

Nous donnons ci-dessous quelques valeurs indicatives :

	Température	Humidité absolue en g/kg d'air
à l'extérieur en hiver (Hr = 80%)	- 5 degrés	2,1 g/kg
dans un local (Hr = 60%)	18 degrés	8 g/kg
dans un local (Hr = 60 %)	20 degrés	9 g/kg
à l'extérieur en été (Hr = 50 %)	30 degrés	14 g/kg

On voit donc que, pour des climats "standards", plus la température augmente et plus l'humidité absolue est élevée. On peut dire qu'en hiver l'air est "sec" et en été l'air est "humide".

3.2 L'humidité relative

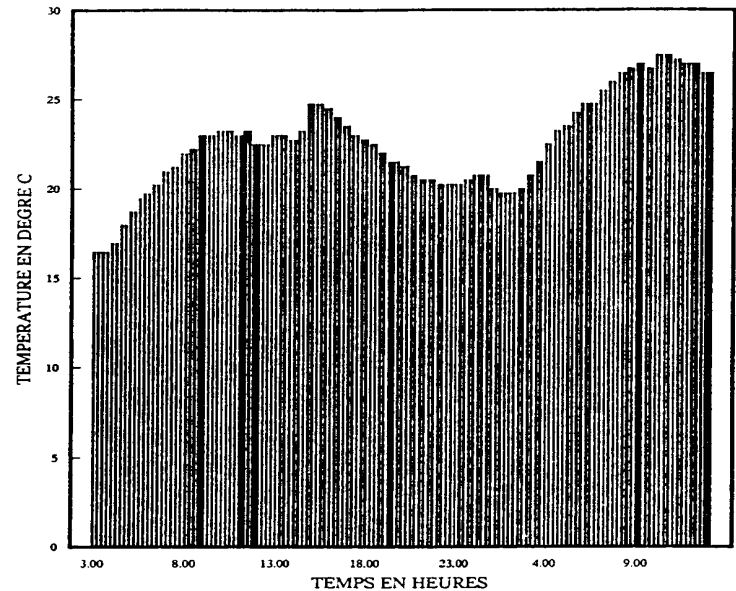
L'humidité relative s'exprime en %. Pour une température donnée elle caractérise en somme la faculté que possède l'air d'absorber encore de la vapeur d'eau avant qu'il condense (ou qu'il pleuve). Par exemple 40% d'humidité relative signifie que l'air peut absorber encore beaucoup d'humidité. A 90 %, on est à la limite de la saturation en vapeur d'eau dans l'air.

Nous donnons ci-dessous quelques valeurs d'humidité relative obtenues en chauffant l'air venant de l'extérieur et pénétrant dans une maison par les joints de fenêtres ou les ouvertures.

	Température	Humidité absolue	Taux d'humidité Hr	Remarques
Automne (matin)	7 degrés	6,5 g/kg	100 %	brouillard ou pluie
Automne	10 degrés	6,5 g/kg	80 %	brouillard ou brume
Chauffé à	15 degrés	6,5 g/kg	55 %	
Chauffé à	18 degrés	6,5 g/kg	50 %	
Chauffé à	20 degrés	6,5 g/kg	40 %	

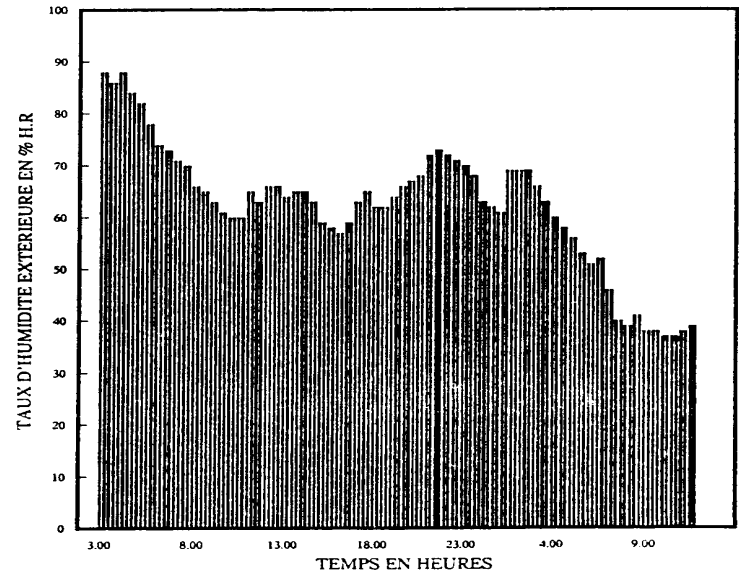
TEMPERATURE EXTERIEURE

LIEU : GENEVE LES 24 ET 25 JUIN 1991



HUMIDITE EXTERIEURE

LIEU : GENEVE LES 24 ET 25 JUIN 1991



3.3 La condensation

Lorsque l'air est saturé d'humidité, c'est-à-dire que le taux d'humidité relative Hr est de 100 %, il y a condensation donc transformation de la vapeur d'eau en gouttelettes. A grande échelle c'est ce qui provoque la pluie.

La température des parois d'un local est le plus souvent inférieure à la température de l'air ambiant. Lorsque cet air est directement en contact avec les parois froides, il va se refroidir presque jusqu'à la température de surface de la paroi. Le taux d'humidité absolue va rester constant, mais l'humidité relative va augmenter à proximité des parois froides. Si elle avoisine 100 %, il y aura condensation sur la paroi; ce phénomène est fréquent en hiver sur les vitres et en été sur les conduites d'eau froide en sous-sol.

Voici quelques valeurs de température de surface de paroi pour lesquelles on risque la condensation, appelée ici T critique.

Variante No 1

Température dans le local m 18 degrés
avec un taux d'humidité relative Hr variable

si Hr - 60 % T critique - 9 degrés
si Hr - 70 % T critique - 11,5 degrés
si Hr - 80 % T critique - 13,5 degrés

Variante No 2

Température dans le local = 20 degrés
avec un taux d'humidité relative Hr variable

si Hr-60% T critique m 12,1 degrés
si Hr-70% T critique - 14,4 degrés
si Hr-80% T critique - 16,5 degrés

Citons plusieurs possibilités d'éviter la condensation

- isoler les parois en contact avec du froid
- élever la température ambiante de 2 OC par exemple
- augmenter le renouvellement d'air extérieur si ce dernier est 'sec'
- poser un déshumidificateur.

4. HUMIDIFICATION: LES DIFFÉRENTS PROCÉDÉS

Les procédés d'humidification peuvent se classer en 2 grandes catégories, soit

- à enthalpie constante
- à changement d'enthalpie

a) Humidification à enthalpie constante

Ces procédés ont pour point commun l'augmentation de la vapeur d'eau contenue dans l'air accompagnée d'une diminution de sa température. Il s'agit de :

- l'humidification par pulvérisation (gicleurs, laveur d'air)
- l'humidification par contact (plaque fixe, ou roue, nid d'abeille)
- l'humidification par ultrasons.

b) Humidification à enthalpie variable

Ces types d'humidification ont pour point commun un air qui se refroidit moins qu'avec les procédés énumérés ci-dessus. Dans certains cas, l'air peut même se réchauffer. Il s'agit de

- l'humidification à vapeur
- l'humidification par pulvérisation à eau chaude
- l'humidification par contact avec de l'eau chaude.

5. SALUBRITÉ, MAINTENANCE, PRECAUTIONS A PRENDRE

5.1 Salubrité

Lorsqu'on parle d'humidification surgit très souvent la crainte de la légionnellose. Cette maladie fut rendue célèbre en 1977, lors d'un congrès d'anciens légionnaires américains. Sur 4000 participants, 182 contractèrent une infection des voies respiratoires et 29 d'entre eux décédèrent. Des recherches ont montré que cela était dû à une bactérie : la legionella, dont il existe plusieurs espèces.

Ce que l'on a appelé la maladie du légionnaire ressemble à une bonne grippe, avec une montée de fièvre vers 40 °C, une toux sèche accompagnée parfois d'une broncho-pneumonie et de complications. Il faut

cependant relativiser le phénomène. En effet, les légionnelles sont une composante naturelle de la flore microbienne contenue dans l'eau. Boire une telle eau par accident est sans danger. Le danger réside essentiellement lors de fortes concentrations de bactéries. Là, des aérosols contenant des légionnelles peuvent se former et une profonde inhalation risque de contaminer le système respiratoire. Les installations de ventilation peuvent être un vecteur de transmission de la maladie, et tout spécialement s'il n'y a pas de maintenance. Il faut savoir que les légionnelles se multiplient à partir d'une température de 20 °C; la croissance est maximum jusqu'à environ 45 °C. Elles meurent dès qu'on dépasse 60 °C.

Ce type de bactérie se développe en eau stagnante, en présence de substances organiques, d'algues vertes, d'amibes, tartre, etc.

5.2 Maintenance

Vu ce qui précède, tout type d'humidification doit être entretenu. Certains peuvent être nettoyés avec de l'eau chaude. Il est conseillé, sous réserve des précautions habituelles, de désinfecter les agrégats pendant 48 heures avec 5 à 10 ppm de chlore dans l'eau.

En règle générale, un humidificateur à enthalpie constante devrait être vidangé et nettoyé au moins deux fois par an et au mieux une fois par mois.

Les humidificateurs à vapeur doivent être périodiquement vidangés et régulièrement détartrés.

5.3 Précautions à prendre

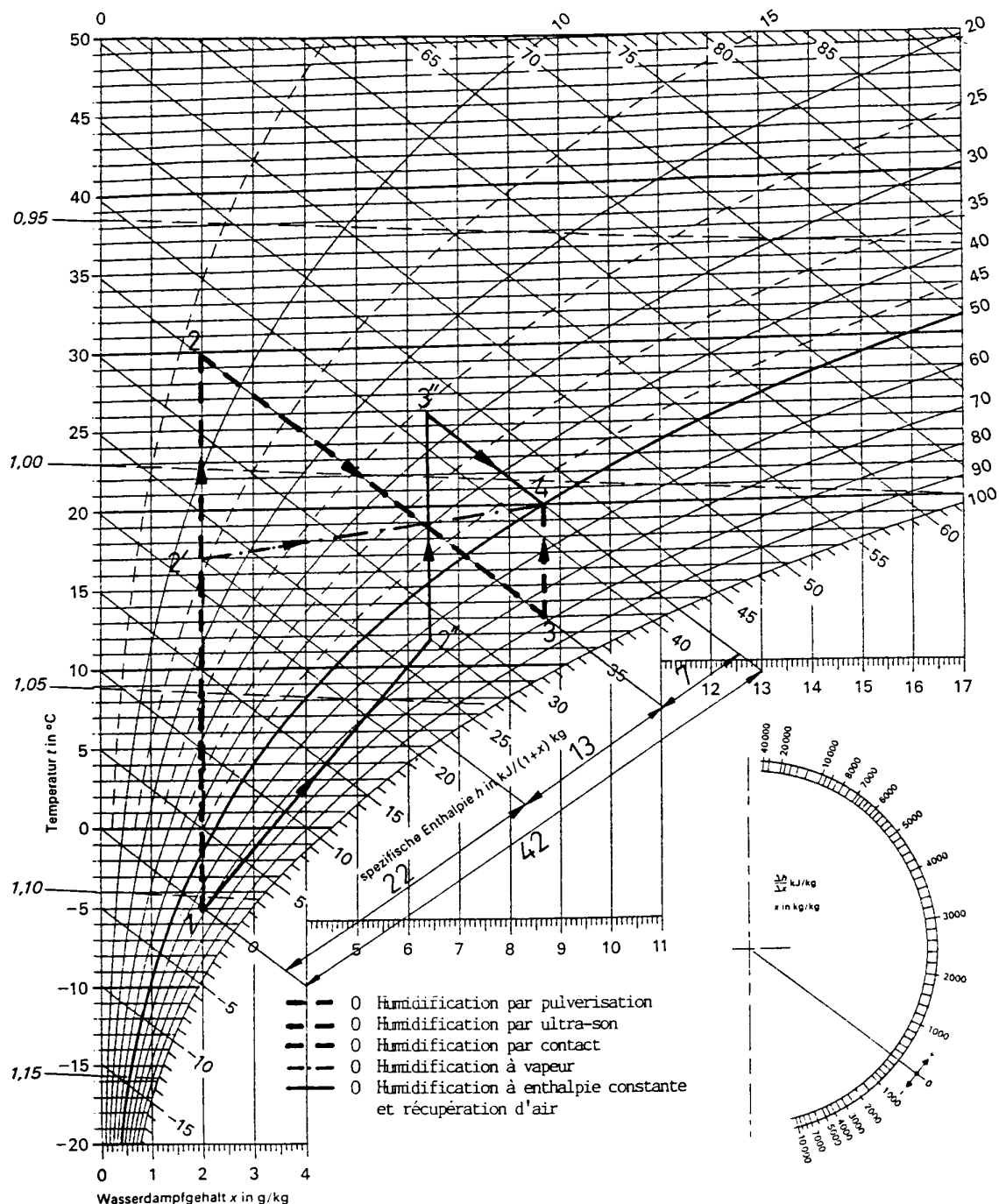
Pour minimiser les risques de présence excessive de légionnelles, on peut donner les conseils suivants

- se rappeler qu'en été la température de l'eau de ville est plus élevée qu'en hiver. Un bac stockant de l'eau risque d'être un bouillon de culture.
- Eviter des tuyauteries plastiques transparentes. L'eau déminéralisée semble être sensible à la lumière et cela favorise l'apparition d'algues.
- les humidificateurs travaillant avec de l'eau à une température supérieure à 60 °C ne présentent pas de risque, pour autant qu'il n'y ait pas de longues interruptions sans vidange.
- les humidificateurs à eau froide doivent être régulièrement entretenus. L'eau doit être filtrée, propre, claire. Il est recommandé d'installer des appareils avec rayons ultra-violetts. En effet les rayons UV ont la propriété de tuer les légionnelles.

6. BILAN ÉNERGÉTIQUE DES PROCÉDÉS D'HUMIDIFICATION

La figure ci-dessous représente trois cycles d'humidification possible :

- 6.1 Cycles 1 - 2 - 3 - 4 : chauffage puis humidification par pulvérisation, par contact ou par ultrasons. Enfin post-chauffage.
- 6.2 Cycles 1 - 2' - 4 : chauffage puis humidification à vapeur
- 6.3 Cycles 1-2"-3"-4 : Récupération d'enthalpie (air de roulement, roue hygroscopique) puis chauffage et humidification à enthalpie constante.



Cas de figure :

Pulser de l'air à 20 °C et 50 % h.r.

nota hr - humidité relative

nota ha - humidité absolue

Air extérieur	T = - 5 °C
point 1	hr = 70 %
	h = 0 kJ/kg
	ha = 2 g d'eau/kg d'air

Air pulsé	T = 20°C
point 4	hr = 50 %
	h = 42 kJ/kg
	ha = 8,7 g d'eau/kg d'air

6.1 Humidification à enthalpie constante (Pulvérisation, ultrasons, contact).

L'air extérieur est chauffé de l'état (1) (T = - 5°C ha 2 g d'eau/kg d'air) à l'état (2) (T = 30°C ha - 2 g d'eau/kg d'air). Son énergie interne, l'enthalpie, passe de 0 à 35 kJ/kg. L'humidification à pulvérisation, ultrasons ou contact refroidit l'air et le fait passer de l'état (2) à l'état (3) (T = 13°C ha - 8,7 g d'eau/kg d'air). Un postchauffage relève la température de l'air du point (3) au point (4). Variation d'enthalpie m 42 kJ/kg.

6.2 Humidification à vapeur

Ici un préchauffage fait passer l'état thermodynamique de (1) à (2') (T = 17°C ha m 2 g d'eau/kg d'air) l'apport de vapeur humidifie et réchauffe l'air jusqu'au point (4). Variation d'enthalpie - 42 kJ/kg.

6.3 Humidification à enthalpie constante et récupération d'air (Roue hygroscopique, air de roulement)

On admet que 2/3 de l'enthalpie peut être récupérée. Dans ce cas l'air va passer de l'état (1) à l'état (2'') (T m 11,5°C ha - 6,5 g d'eau/kg d'air). Un postchauffage permet d'atteindre le point (3'') (T = 26°C ha - 6,5 g d'eau/kg d'air). Puis l'humidification à enthalpie constante refroidit l'air jusqu'au point (4). Variation d'enthalpie - 42 kJ/kg.

Dans le cas de figure étudié, on constate que quelques soient les procédés d'humidification, l'air s'est chargé de 6,7 g d'eau par kg d'air et cela a nécessité 42 kJ/kg. Certains processus utilisent 100 % d'électricité pour fournir cette énergie; par exemple, les humidificateurs à vapeur à électrodes.

D'autres processus utilisent exclusivement la chaleur d'origine non électrique.

7. JUSTIFICATION DES BESOINS EN HUMIDIFICATION

7.1 Définitions

Le besoin en humidification est souvent lié au besoin en climatisation. Afin de mieux cerner le problème, il est nécessaire de rappeler certaines définitions.

a. Ventilation naturelle

La ventilation naturelle de locaux se fait par infiltration d'air au travers des fenêtres, de grilles de façade ou de courettes. On admet actuellement que le taux de renouvellement d'air doit être d'environ 0,6.

b. Ventilation mécanique

La ventilation mécanique de locaux nécessite une installation de ventilation. Son but est de garantir une température (par exemple 20 °C) et un taux de renouvellement d'air (par exemple 1,5).

c. Climatisation

Une installation de climatisation garantit une température et une hygrométrie dans les locaux, par exemple 20 °C et 60 % d'humidité relative; en cas de nécessité, cette garantie est valable été comme hiver. Cela peut imposer de déshumidifier en été et d'humidifier en hiver.

d. Humidification

Une installation d'humidification est souvent intégrée dans le monobloc d'une installation de ventilation ou de climatisation. Son but est de garantir que l'hygrométrie ne descendra pas au dessous d'une grandeur de consigne, par exemple 35 %.

7.2 Comment définir les besoins en humidification ?

Trois anecdotes véridiques sont assez éloquentes

a. une animalerie est climatisée. Pourquoi humidifier ? Plusieurs locaux contiennent des élevages de rats. Il semble que le cycle de reproduction des rats soit plus court en fonction du taux d'humidité relative. Les programmes de recherche sur la transmission de certaines caractéristiques de génération en génération s'en trouvent accélérés. Cependant, la facture d'électricité due à l'humidification s'élève à près de Frs 100'000,—/an.

b. Une grande bibliothèque est ventilée et humidifiée par un laveur d'air. Suite à des difficultés techniques le laveur d'air est mis hors service depuis plusieurs années. Aucun usager n'a fait la moindre remarque. Aucune réaction, comme si personne n'avait remarqué de différence.

c. Un institut de musique est ventilé et humidifié. Un professeur travaillant dans un local se plaint que l'air est trop sec. Un autre professeur travaillant dans un autre local se plaint que l'air est trop humide. Des contrôles faits sur place ont montré que les conditions climatiques étaient sensiblement les mêmes. Même température et écart de 4 % sur le taux d'humidité

7.3 Critères de décision pour humidifier

Habitat	Humidification			
	Déconseillée	pas nécessaire	conseillée	nécessaire
0 à 25 % air très sec				X
25 à 35 % air sec			X	
35 à 50 % conditions normales		X		
50 à 65 % air humide		X		
65 à 100% air très humide	X			

	Humidification			
Matériaux hygroscopiques	Déconseillée	pas nécessaire	conseillée	nécessaire
Industrie du papier				X
Industrie du tabac				X
Industrie textile				X
Bibliothèques, Musées			X	
Archives oeuvres d'art			X	
Institut de musique			X	
Fabrication de certains fromages				X

	Humidification			
Hygiène et électrostatique	Déconseillée	pas nécessaire	conseillée	nécessaire
Animalerie		X		
Industrie électronique				X
Laboratoires chimie, biologie, etc.		X		
Locaux en sous-sol	X			
Salles propres, salles d'opération				X

8. CONCEPT D'INSTALLATION ET REGULATION

Le concept de l'installation doit être fait selon un cahier des charges suffisamment précis. Les points les plus importants sont les suivants :

a. Souplesse de l'infrastructure technique

S'il faut s'attendre à des modifications à court terme, l'installation de ventilation doit être prévue suffisamment souple. Par exemple, lorsque l'hygrométrie est variable d'un local à l'autre et que l'attribution des locaux peut changer en cours d'année, il peut être intéressant de concevoir une installation qui assure l'hygrométrie minimum. Chaque local nécessitant plus d'humidité peut être équipé après coup d'un humidificateur individuel. Il suffit, par exemple de réserver l'espace nécessaire à un humidificateur à disque rotatif et éventuellement d'une batterie de chauffage. Les installations de chauffage et sanitaire doivent aussi pouvoir être adaptées de façon à pouvoir alimenter ces appareils.

b. Contrôle du renouvellement horaire

Le taux de renouvellement d'air joue un grand rôle sur le degré d'hygrométrie en hiver. Il y a lieu de définir précisément les besoins réels en renouvellement d'air. Si un local nécessite un taux horaire de 5 sans garantie obligatoire de taux d'humidité alors que les autres locaux n'ont besoin que d'un taux de 1 mais avec nécessité d'humidifier; il peut être intéressant de concevoir deux installations différentes.

c. Distinguer récupération d'énergie et récupération d'enthalpie

Le monobloc d'une installation de ventilation comprend souvent une section de récupération. L'idée est qu'en hiver on récupère la chaleur de l'air évacué pour la transmettre à l'air frais. On oublie trop souvent que l'énergie spécifique de l'air, qu'on appelle enthalpie, est fonction de deux paramètres; par exemple la température et l'humidité. Nous donnons quelques valeurs approximatives d'enthalpie

Description	Température moyenne en °C	Humidité relative [hr en %]	Enthalpie [KJ/Kg]	Récupération de chaleur possible seulement chaleur [KJ/Kg]	Récupération d'enthalpie (chaleur et humidité) [KJ/Kg]
Hiver : air extérieur	3 °C	60 %	10	---	---
Hiver : air intérieur non humidifié	20 °C	20 %	28	9	9
Hiver : air intérieur humidifié	20 °C	50 %	40	9	15
Hiver : air intérieur très humidifié	20 °C	75 %	50	9	20
Automne : air extérieur	13 °C	80 %	33	---	---
Automne : air intérieur non humidifié	20 °C	env. 50 %	40	3,5	3,5
Automne : air intérieur très humidifié	20 °C	75 %	50	3,5	8,5
Eté : air extérieur	22 °C	60 %	49	---	---
Eté : air intérieur très humidifié	20 °C	75 %	45	---	2

La comparaison de l'énergie récupérée avec ou sans récupération d'humidité montre qu'on a tout intérêt à récupérer l'enthalpie plutôt que seulement la chaleur, et ce spécialement en hiver. La récupération d'humidité se fait soit par un caisson de mélange, soit par une roue hygroscopique.

d. Régulation

Les points essentiels sont les suivants, pour l'humidification et la déshumidification

- contrôle de la température par un thermostat se trouvant de préférence dans le local ou sur la gaine de reprise. Le thermostat pilote la vanne de la batterie (chaud ou froid).
- Contrôle de l'humidité par un hygromètre placé dans le local. L'hygromètre pilote l'organe de réglage (vanne si alimentation en vapeur, pompe si laveur d'air pour l'humidification).

- Si plusieurs locaux, choisir comme local de référence celui ayant à même température, le taux d'humidité le plus bas.
Eviter de poser une sonde dans un endroit où il y a trop d'infiltration d'air, ou dans un local où les fenêtres sont ouvrantes.

- Caisson ou section de mélange pratiquement indispensable au-dessus de 3000 m³/h.

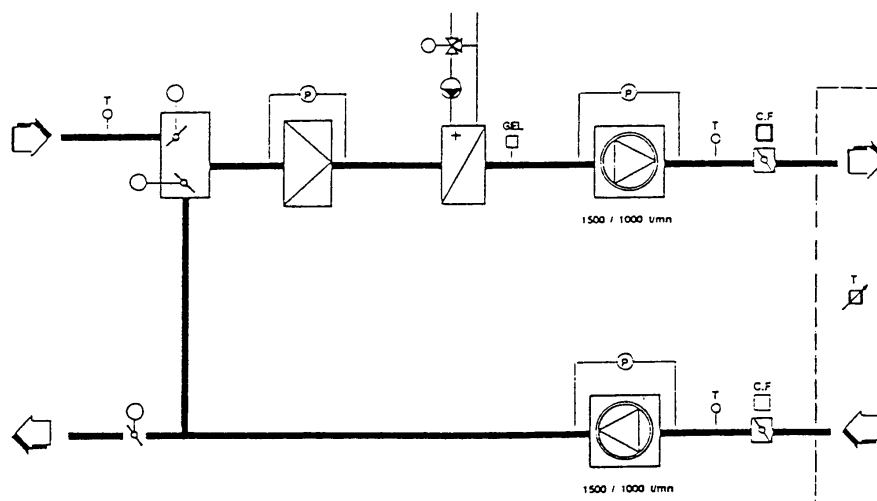
9. CHOIX DES APPAREILS ET LEUR APPLICATION

En matière d'humidification, le choix des appareils dépend de nombreux facteurs, tels que l'encombrement, la maintenance, l'importance de l'installation, l'adaptabilité, l'investissement, les frais d'exploitation, etc.

Nous donnons ci-dessous un tableau avec quelques critères de choix. Les différents points seront commentés un à un.

N°	Description	* = faible ** = moyen *** = important					Utilisation pour un débit d'air en m ³ /h
		encombrement	maintenance	adaptabilité	investissement	Frais d'exploitation	
1	Caisson de mélange	*	*	---	*	*	≥ 3000
2	Récupérateur rotatif	*	*	---	**	*	≥ 5000
3	humidification par contact	*	*	**	*	*	≥ 2000
4	Humidification par ultrasons	*	*	**	**	*	≤ 2000
5	laveur d'air	***	***	---	**	*	≥ 10'000
6	Humidificateur électrique à vapeur	*	*	***	*	***	≤ 3000
7	Humidification par climatiseur individuel (vapeur froide)	*	*	***	***	*	≤ 2000
8	Chaudière à vapeur	***	**	---	***	*	≥ 10'000
9	Chaudière électrique à vapeur	***	***	---	***	***	≥ 10'000

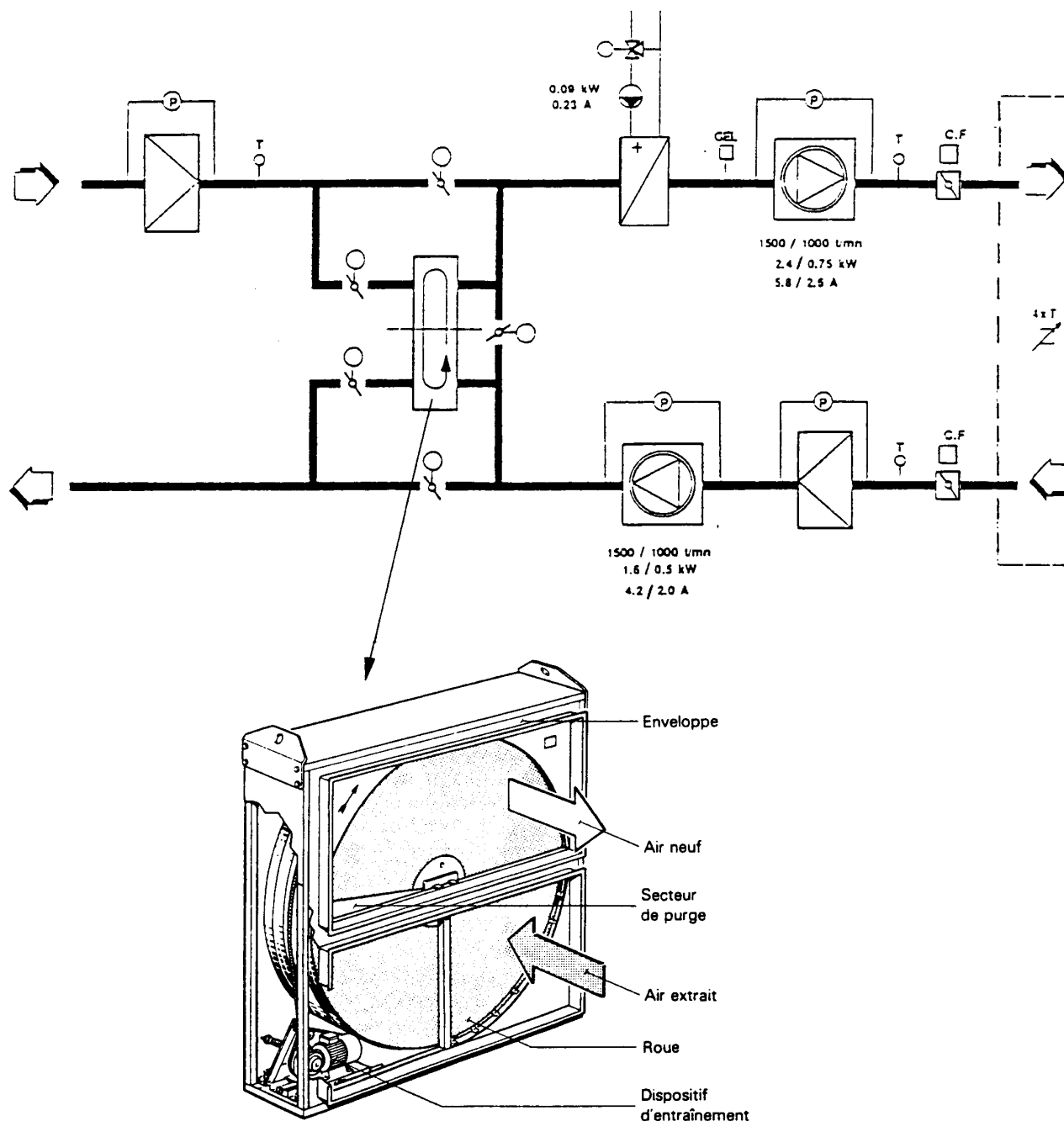
9.1 Caisson de mélange



Le caisson de mélange est incorporé dans le monobloc de l'installation de ventilation. Il n'est pas un système d'humidification, mais il récupère l'enthalpie. En particulier si l'installation fonctionne avec 1/3 d'air neuf et 2/3 d'air recyclé, le rendement de récupération est de 66 %.

Peu coûteux, le caisson de mélange devrait être prévu pour toute installation d'un débit supérieur à 3000 m³/h.

9.2 Récupérateur rotatif

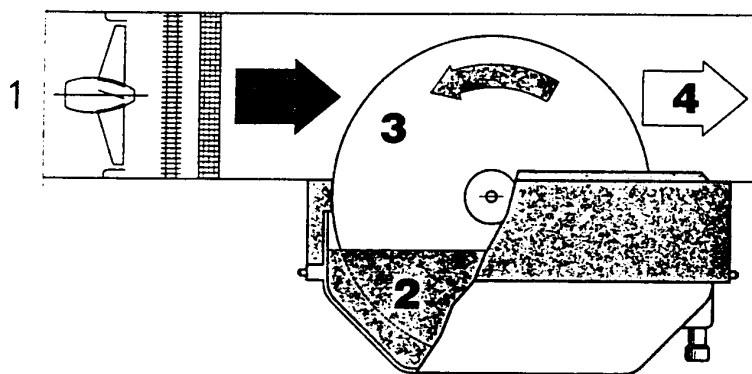


Le récupérateur rotatif peut être incorporé dans le monobloc. Sa fonction est également de récupérer l'enthalpie. Son rendement est d'environ 60 %.

La maintenance est très limitée, tout au plus vérification des surfaces d'échanges et du système d'entraînement de la roue. Par contre, le prix est assez élevé ce qui rend ce système rentable à partir de 5000 m³/h environ.

9.3 Humidification par contact

9.3.1 Roues à treillis, disques rotatifs



1 L'air sec et poussiéreux est aspiré par le ventilateur de la gaine. L'air franchit le filtre et le réchauffeur à air.

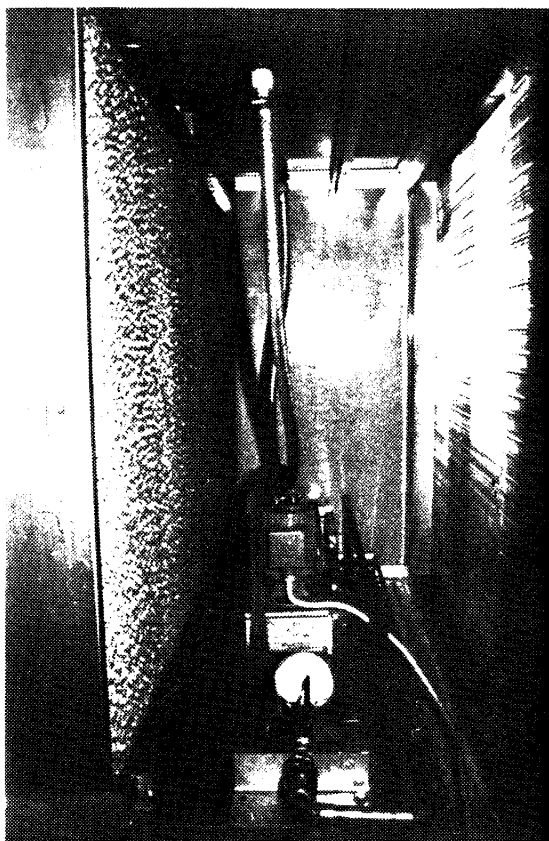
2 Les disques d'évaporation en rotation sont mouillés en permanence dans le bac à eau.

3 L'air de la gaine circule entre les disques d'évaporation et s'humidifie sans tarte ni gouttes.

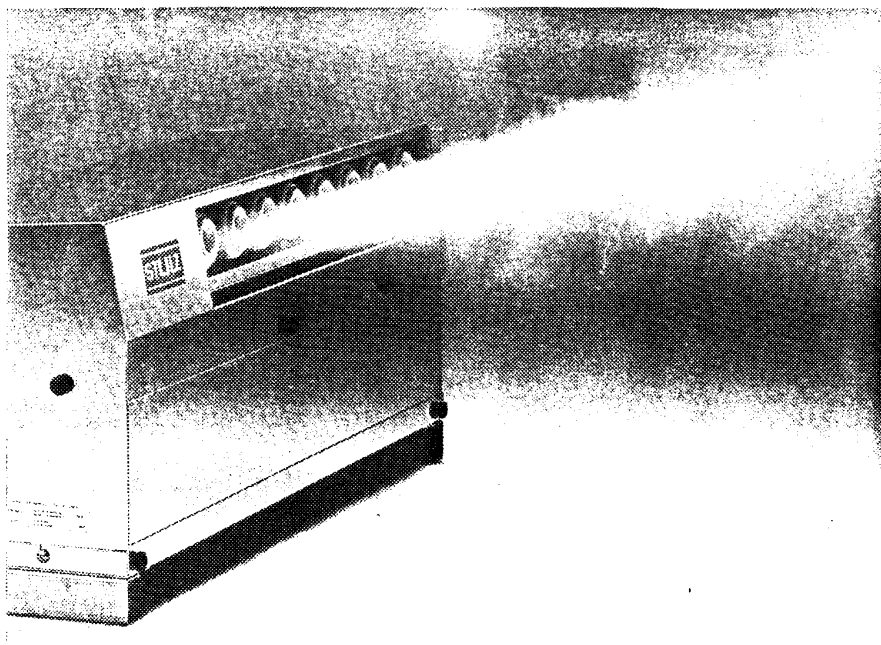
4 L'air humidifié est mené au lieu de destination par la gaine.

L'appareil peut être posé dans la gaine de pulsion. La roue tourne lentement. Sa partie inférieure s'imbibe d'eau lors du passage dans le bac, puis restitue cette eau par contact avec l'air pulsé dans la gaine. L'énergie utilisée pour l'entraînement de la roue est très faible. On peut utiliser de l'eau du réseau. Lorsque l'eau est calcaire, il faut changer la roue environ une fois par an, en même temps qu'un nettoyage de l'appareil. Prévoir une vidange par mois.

En cas d'utilisation d'eau déminéralisée, les conduites doivent être d'un matériau approprié (PVC ou inox). L'investissement pour un tel appareil est modéré. On peut donc le recommander pour toute installation où une grande adaptabilité est nécessaire.

9.3.2 Agrégat en 'nid d'abeille'

L'appareil est incorporé dans un monobloc, à l'intérieur d'un bac. Une pompe fait ruisseler l'eau depuis le dessus de l'appareil. Le "nid d'abeille" s'imbibe d'humidité, elle-même transmise à l'air passant au travers de l'appareil. Il est préférable d'utiliser de l'eau faible en calcaire. Un nettoyage par an est nécessaire; ainsi qu'une vidange par mois. Si on ne le fait pas, le bac peut contenir des sels, et éventuellement des bactéries. Lors des premières mises en service, il peut arriver qu'on sente une légère odeur de poisson dans les locaux. La section en "nid d'abeille" est en effet souvent assemblée avec de la colle à poisson. L'investissement est plus élevé que pour la roue à treillis, mais reste modéré.

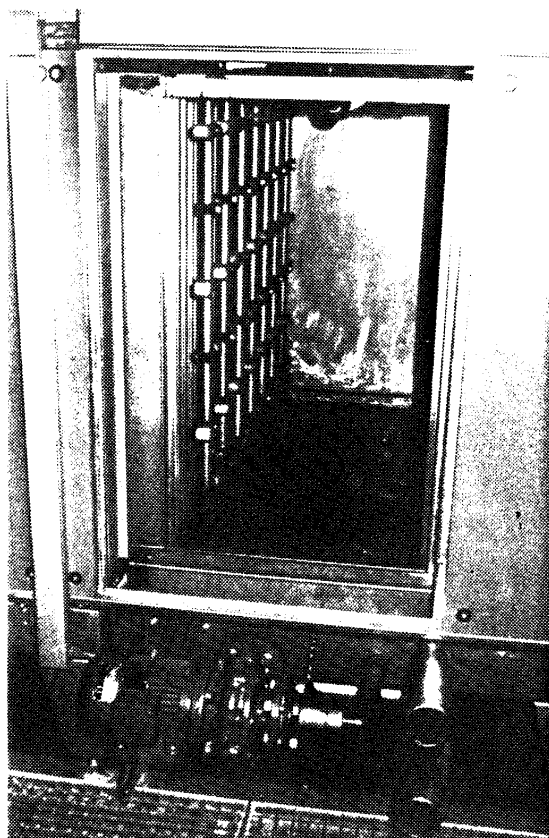
9.4 Humidificateur à ultra-sons

L'humidificateur à ultra-sons existe en appareil portatif ou peut être intégré dans une gaine de ventilation. Les vibrations de haute fréquence produisent de la vapeur froide.

L'énergie nécessaire est faible. La maintenance est très réduite. Suivant le genre d'appareil, une cartouche de déminéralisation est à remplacer occasionnellement. Inconvénient de ce genre d'humidification: lorsqu'on utilise de l'eau du réseau, le calcaire se décompose et se mélange à la vapeur froide. Il a tendance à se déposer sous forme de fine poussière sur les meubles et parois du local à humidifier.

L'investissement pour ce genre d'appareil est modéré. Cependant, il ne peut être utilisé que pour de petites installations.

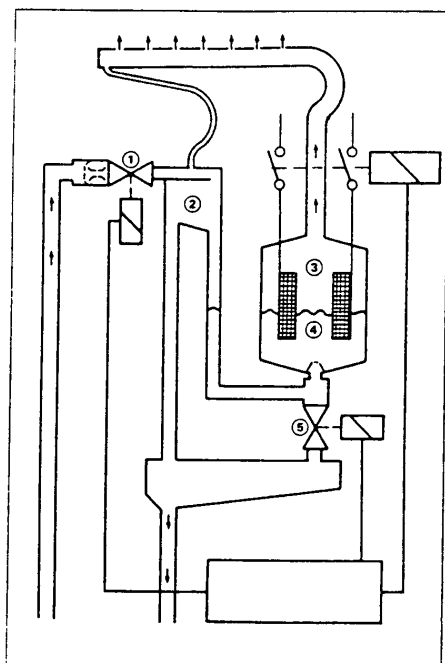
9.5 Humidification Dar laveur d'air



Le laveur d'air est un agrégat conséquent constitué de nombreux tubes équipés de buses de giclage. L'eau amenée sous pression est giclée contre le flux d'air qui s'en charge en humidité. L'avantage de ce système est qu'il utilise peu d'énergie électrique. Inconvénient : les orifices des buses étant très petits, elles s'encrassent facilement. Un entretien régulier est donc indispensable. Un nettoyage au jet, avec savon et dépoussiérage est recommandé une fois par mois. Les buses doivent être également nettoyées une fois par an au moins. A noter aussi qu'en été, le laveur d'air ne marche généralement pas et les buses ont tendance à s'encrasser. C'est pourquoi, il est indiqué de faire fonctionner les pompes à raison de 15 minutes/jour,

Le laveur d'air doit obligatoirement être alimenté avec de l'eau traitée. La déminéralisation est souvent effectuée par osmose inverse, qui a l'avantage, de n'utiliser aucun réactif de régénération et ne nécessite pas d'installation de traitement des eaux usées par neutralisation.

L'investissement pour un laveur d'air est conséquent et l'entretien fréquent revient assez cher. Ce type d'appareil n'est donc indiqué qu'à partir de gros débit d'air, supérieur à 10'000 m³/h. Pour ces dimensions, le laveur d'air est intéressant.

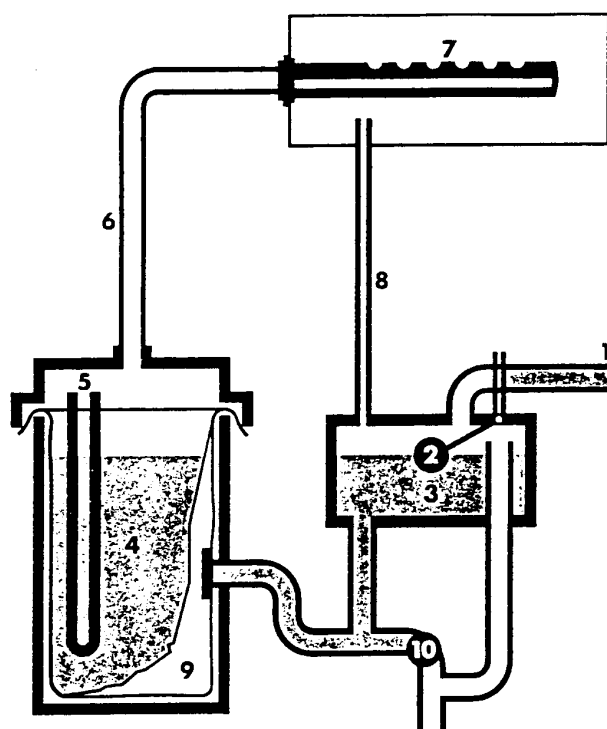
9.6 Humidificateur électrique9.6.1 Humidificateur à électrode

- 1 vanne d'admission d'eau
- 2 godet de remplissage
- 3 cylindre de production de vapeur
- 4 électrodes
- 5 vanne de vidange

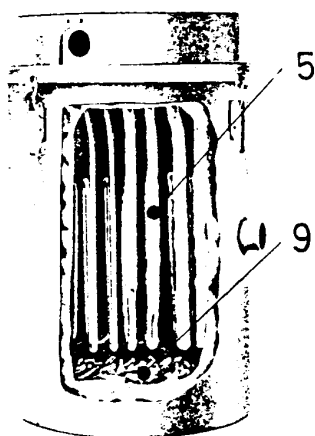
Cet appareil est constitué de deux ou trois électrodes. L'eau, conductrice, va s'échauffer et se vaporiser sous l'effet du courant électrique qui la traverse. Cet appareil fonctionne efficacement avec une eau conductrice, il fonctionne très mal avec de l'eau déminéralisée. Alimenté avec de l'eau du réseau, il produit facilement de la vapeur. Conséquence : le cylindre contenant les électrodes s'entartre vite et il faut le remplacer environ une fois par année.

On l'emploie souvent avec une rampe à vapeur montée dans la gaine de ventilation. L'investissement est très faible. Par contre, les frais d'exploitation sont élevés.

9.6.2 Humidificateur à effet Joule

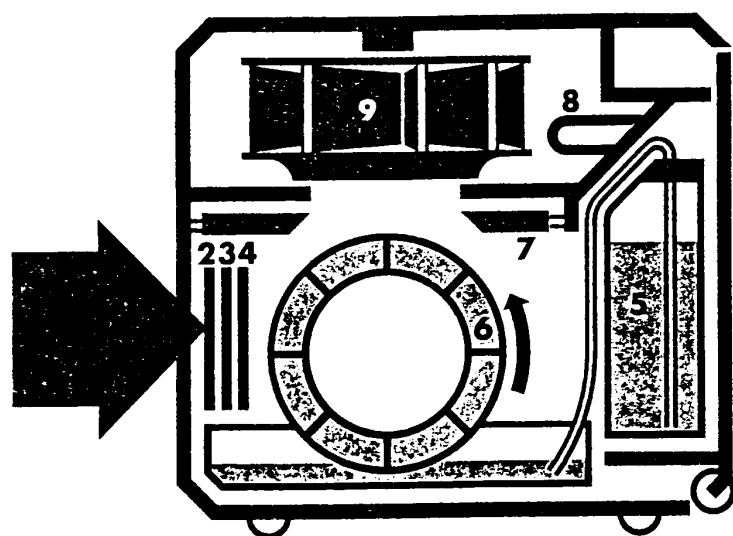


- 1 Conduite d'alimentation en eau
- 2 Flotteur
- 3 Réservoir
- 4 Cylindre de production vapeur
- 5 Résistances chauffantes
- 6 Sortie vapeur
- 7 Rampe de diffusion
- 8 Equilibrage de pression
- 9 Volume pour dépôt calcaire
- 10 Vidange ou rinçage



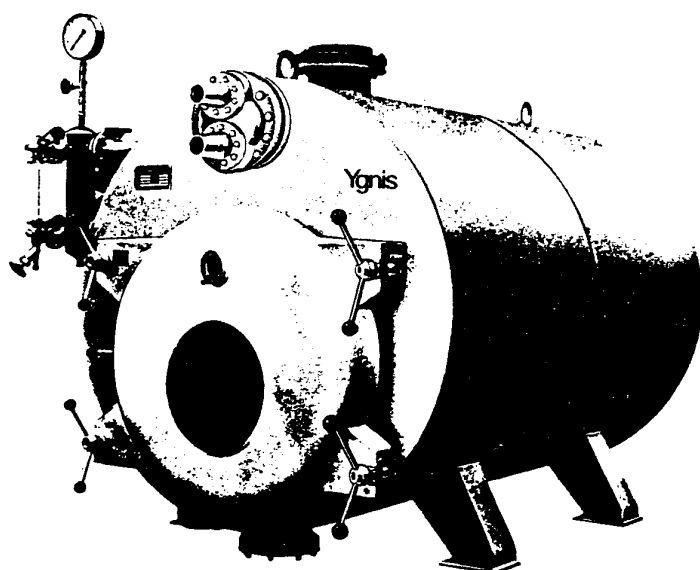
Cet appareil diffère du précédent par le fait que les électrodes sont remplacées par des corps de chauffe. Le courant électrique passe dans chaque serpentin, l'échauffe. La chaleur est transmise à l'eau par conduction, convection et rayonnement.

On peut utiliser de l'eau de ville ou de l'eau déminéralisée. Egalement utilisé avec une rampe à vapeur, cet appareil est bon marché, mais a des frais d'exploitation élevés.

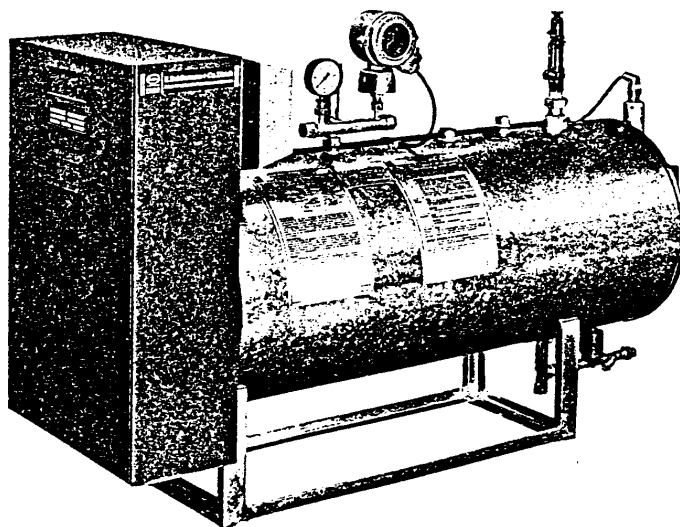
9.7 Humidificateur individuel à vapeur froide

- 1 Entrée d'air
- 2 Filtre grossier
- 3 Filtre à charbon actif
- 4 Filtre fin
- 5 Réservoir
- 6 Roue d'humidification
- 7 Lampe ultra-violet
- 8 Post-chauffage
- 9 Ventilateur

Cet appareil fonctionne de manière indépendante. Produisant de la vapeur froide il peut être alimenté en eau de ville. Un stérilisateur à ultra-violets est fréquemment incorporé à l'appareil. L'entretien est quasi nul. L'investissement est assez important. Les frais d'exploitation sont par contre faibles.

9.8 Chaudière à vapeur thermique

Ce genre d'installation est assez rare, sauf dans l'industrie. L'investissement est très élevé, si on compte tout l'équipement nécessaire. Les frais d'exploitation sont modérés. Un entretien doit être effectué au moins une fois par an.

9.9 Chaudière à vapeur électrique

Cet appareil utilise l'effet Joule produit par des résistances immergées. Plusieurs séquences sont possibles qui permettent une production de vapeur étagée. Un entretien est indispensable au moins une fois par an.

A titre indicatif, un essai a été fait avec de l'eau de ville. Après un an, les électrodes étaient enrobées de 4 cm de tartre !

Inconvénient de cet appareil : on ne peut pas utiliser de l'eau trop calcaire à cause du tartre, mais on ne peut pas utiliser de l'eau trop déminéralisée, sinon elle n'est pas assez conductrice !

L'investissement est élevé, tout comme les frais d'exploitation. Utilisation d'une chaudière à vapeur électrique est donc liée à des conditions particulières.

10. COMPARAISON DES COÛTS PAR M2

Par m2: admis 250 MJ d'énergie d'humidification
Coût en FrS/M2@ valeurs indicatives

Description	Maintenance coût annuel	Coût annuel de l'énergie thermique	Coût annuel de l'énergie électrique	Total (1)	Amortissement sur 10 ans (2)	Total (1)+(2)
Caisson de mélange	0,1	---	0	0,1	0,2	0,4
Récupérateur rotatif	0,1	---	0	0,1	1,5	1,7
Contact	0,2	2,4	0,1	2,7	0,2	2,9
Ultrasons	0,1	2,4	0,1	2,6	2	4,6
Laveur	0,75	2,4	0,15	3,3	2	5,3
Humidification à vapeur électrique	1,5	---	8,3	9,8	0,7	10,5
Humidificateur individuel à vapeur froide	0,1	2,4	0,2	2,7	12	14,7
Vapeur thermique	0,1	2,4	---	2,5	13	15,5
Chaudière électrique à vapeur	0,2	---	8,3	8,5	10	18,5

Remarque

Les valeurs ci-dessus sont estimées à partir de données fournies par le personnel de maintenance des installations étudiées.

Les prix des appareils sont fonction de la taille et de l'année.

Les frais d'électricité fluctuent en fonction des cantons et des années. Les frais de l'énergie thermique évoluent en fonction de l'offre et de la demande, ainsi que des normes antipollution. Pour toutes ces raisons, les valeurs ci-dessus ne peuvent être qu'indicatives. Elles reflètent cependant une tendance.

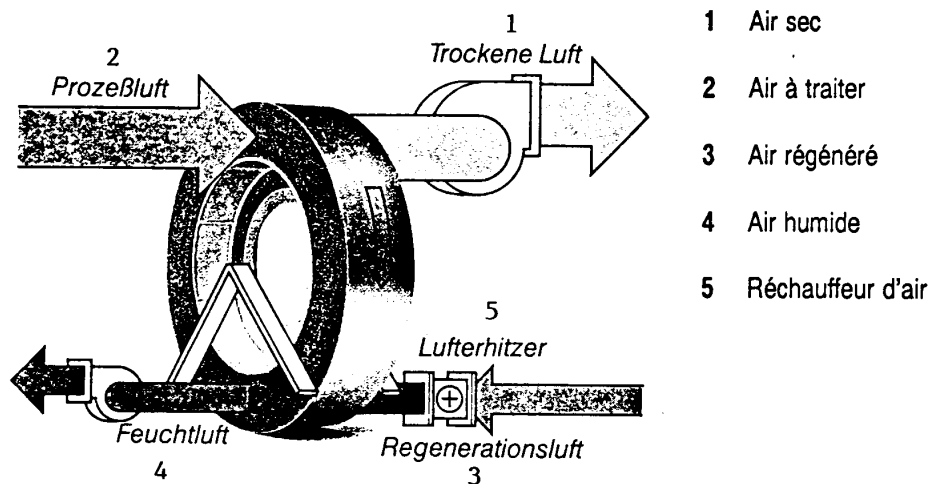
11. DESHUMIDIFICATION : LES DIFFERENTS PROCEDES

Lorsqu'on a épuisé les méthodes conventionnelles (isolation, élévation de la température, action sur le renouvellement d'air) on peut utiliser des déshumidificateurs. Ils sont classés en deux catégories, soit

- à absorption
- à condensation.

a) Déshumidification par absorption

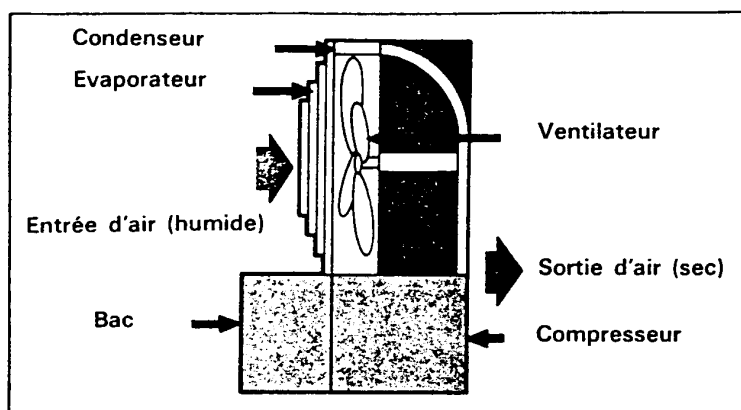
Le procédé est le suivant : une roue comportant de grandes surfaces d'échanges tourne très lentement (5 à 10 tours/heure). De l'air humide passe au travers d'un secteur de la roue (par exemple l'hémisphère nord). Le matériau de la roue se charge en humidité. La rotation de la roue amène ensuite ce secteur en contact avec de l'air chaud et sec. Il y a transfert d'humidité depuis la roue vers l'air chaud. L'énergie est utilisée essentiellement pour produire l'air chaud à une température souvent supérieure à 60 °C. Cet air chaud chargé en humidité est évacué à l'extérieur.



Il existe 2 matériaux connus pour leur propriété d'absorption :

- le chlorure de lithium
- le silicagel.

b) Déshumidification par condensation



Le procédé est le suivant : l'air humide passe au travers d'un échangeur de chaleur (il s'agit là le plus souvent de l'évaporateur d'un groupe frigorifique). Au contact de la paroi froide de l'échangeur, l'humidité dans l'air va condenser. Son hygrométrie va donc baisser.

12. SALUBRITE, MAINTENANCE, PLAGE D'UTILISATION 12.1 Salubrité

Selon les renseignements obtenus, le procédé par absorption est sans problème. Le seul risque mentionné est que la roue puisse se charger de particules de poussières.

Le procédé par condensation est plus problématique. En effet, le fluide frigorigène (souvent du Fréon RI 2 ou R22) est très volatile et des pertes de Fréon sont possibles. Cela n'a pas d'incidence pour l'air de la ventilation. Par contre, le local machine peut occasionnellement contenir des aérosols au Fréon.

12.2 Maintenance

La roue à absorption peut être contrôlée une fois par année.

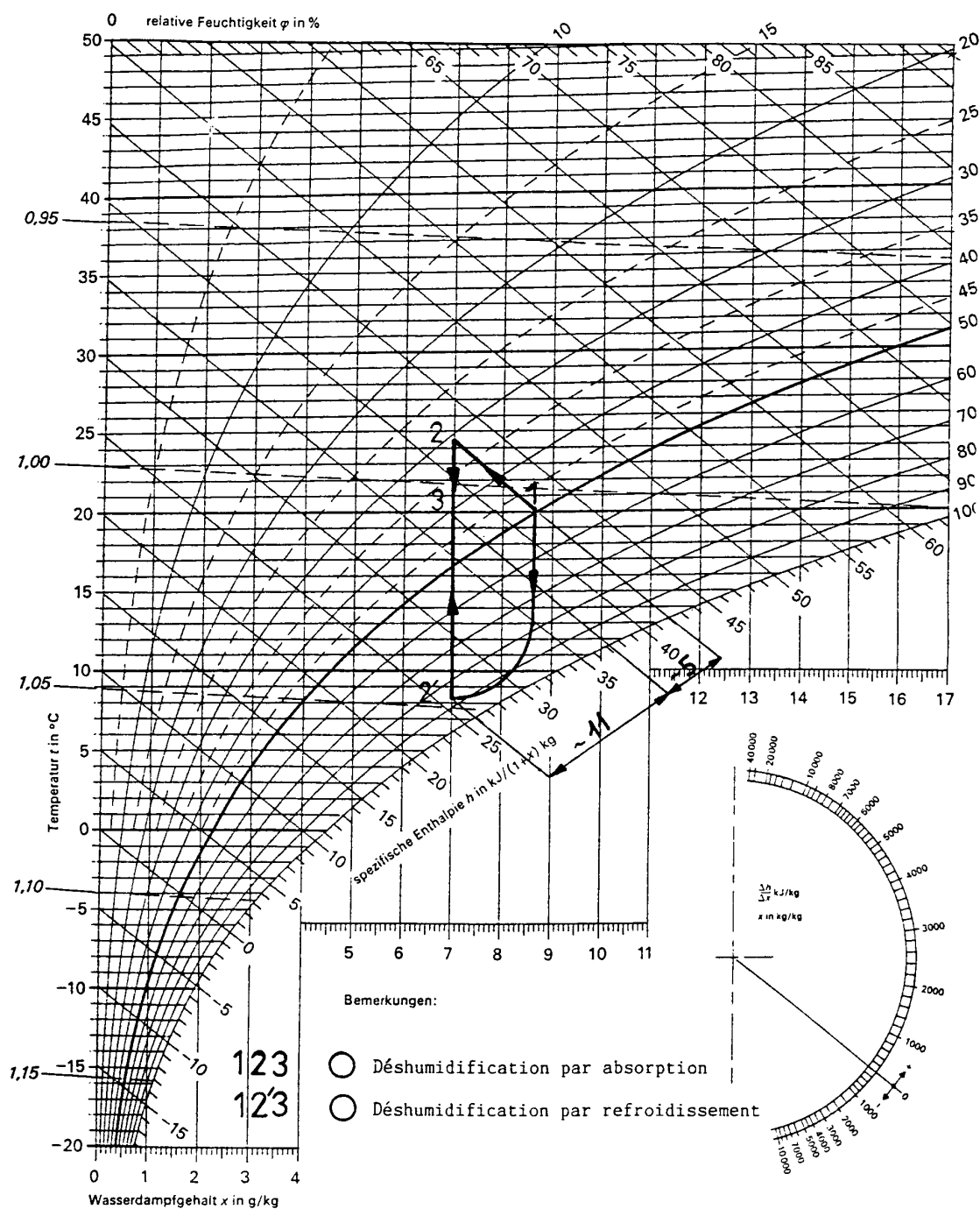
Pour des raisons citées plus haut, les déshumidificateurs à condensation doivent être fréquemment contrôlés. L'idéal serait une alarme en cas de perte de Fréon.

12.3 Plage d'utilisation

Le procédé par absorption a tendance à réchauffer l'air ambiant. Le procédé par condensation a tendance à refroidir l'air ambiant. De plus, le groupe frigorifique a très souvent un point de fonctionnement où le rendement est optimal. Lorsque la température ambiante est basse, le rendement peut chuter. C'est pourquoi on peut admettre la plage d'utilisation des déshumidificateurs comme suit:

- température ambiante inférieure à $T - 15\text{ OC}$: déshumidification par absorption
- température ambiante supérieure à $T - 15\text{ OC}$: déshumidification par condensation, éventuellement par absorption.

La figure ci-dessous représente les deux procédés :



Exemple : déshumidification de l'air de 20 °C et 50 % hr à 20 °C et 40 % hr

13.1 Déshumidification par absorption

L'air ambiant passe de l'état (1) ($T = 20\text{ °C}$ et $h_r = 50\%$) au point (2) ($T = 24,5\text{ °C}$ et $h_r = 30\%$) avant d'être refroidi jusqu'au point (3) ($T = 20\text{ °C}$ et $h_r = 40\%$). Variation d'enthalpie : $h = 5\text{ kJ/kg}$. Le refroidissement entre le point (2) et le point (3) se fait très souvent par apport d'air neuf. Notons que l'énergie totale utilisée pour ce procédé nécessite plus que 5 KJ/Kg .

13.2 Déshumidification par condensation

L'air ambiant passe de l'état thermodynamique (1) à l'état (2') ($T = 8\text{ °C}$ et $h_r = 85\%$) puis il est réchauffé jusqu'au point (3).

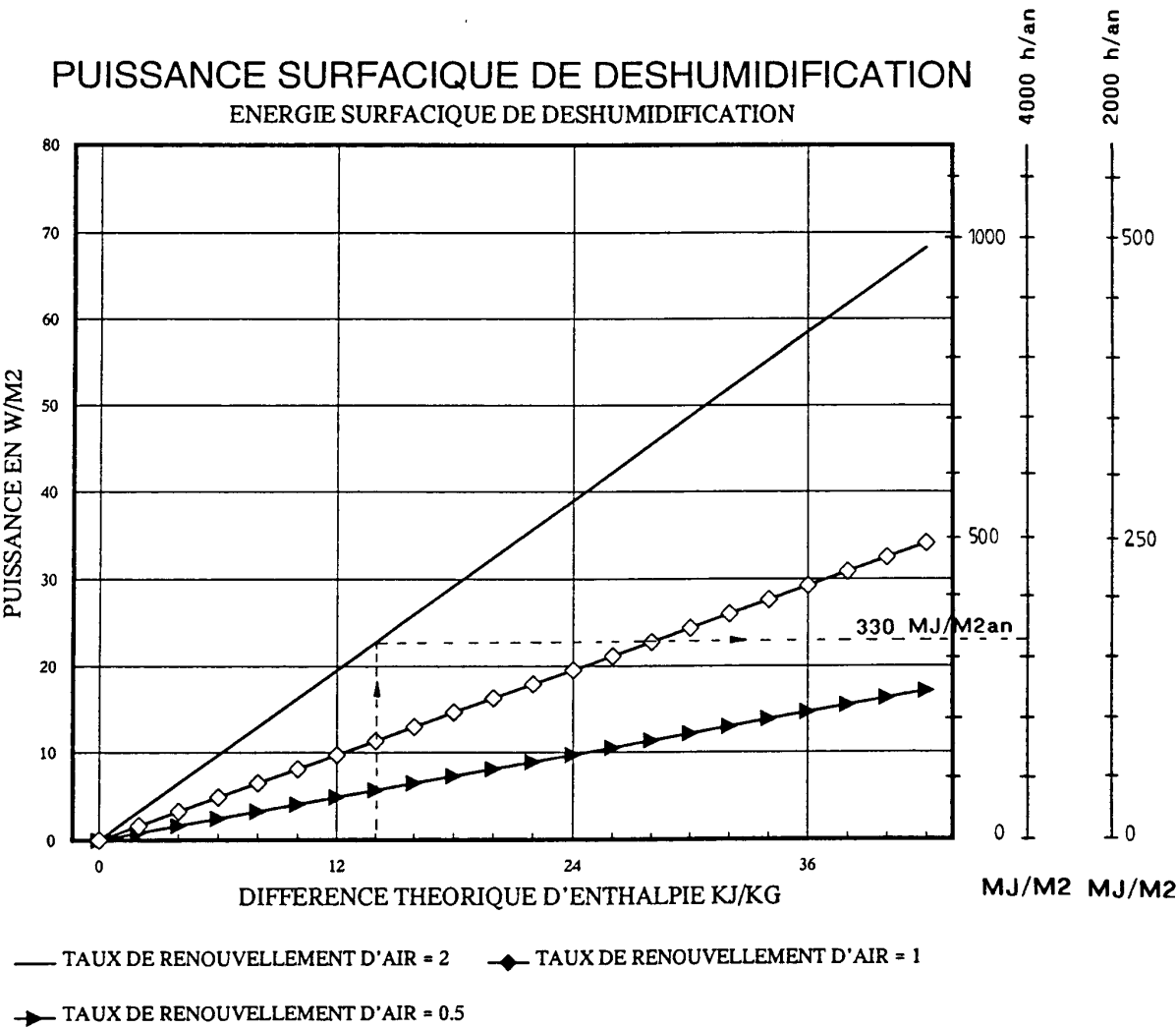
La variation d'enthalpie entre le point (1) et le point (3) est aussi $h = 5\text{ kJ/kg}$. Cependant, l'appareil doit au minimum fournir une énergie $h' = 16\text{ kJ/kg}$ à laquelle s'ajoute éventuellement le réchauffage $h'' = 11\text{ kJ/kg}$. Ce réchauffage est rarement obtenu par apport d'air neuf. En effet, en été par exemple, l'air extérieur est lui-même très humide.

13.3 Puissance surfacique de déshumidification Energie surfacique de déshumidification

Cas de figure

SRE = 1 m²
V = 2,5 m³

Heure de déshumidification - 4000
Renouvellement d'air = 2



14. JUSTIFICATION DES BESOINS EN DESHUMIDIFICATION

14.1 Définition

La déshumidification est relativement rare. Elle consiste à abaisser le taux d'humidité relative dans un local, par exemple de 85 % à 70 % afin d'éviter l'apparition de condensation sur les parois froides et une éventuelle dégradation des matériaux. Rappelons plusieurs moyens

a. Ventilation naturelle

La nécessité de déshumidifier existant surtout en été dans des locaux froids, le renouvellement d'air doit être généralement maintenu à un minimum; par exemple, avec un taux inférieur à 0,3.

b. Ventilation mécanique

Pour les mêmes raisons, la ventilation mécanique devrait limiter le taux d'air neuf en été à 0,3 dans la plupart des cas de déshumidification.

c. Climatisation

Dans une telle installation on garantit un taux d'humidité et une température. S'il y a déshumidification, cela peut se faire à l'intérieur du monobloc de l'installation.

d. Déshumidification

Ici on s'intéresse essentiellement à abaisser l'hygrométrie, le plus souvent grâce à un déshumidificateur séparé de l'installation de ventilation.

14.2 Comment définir les besoins en déshumidification ?

C'est en général le constat fait sur place pendant une longue période qui va imposer de déshumidifier. Les locaux réputés humides tels que réservoirs, certaines caves, certains locaux en sous-sol sont les cas les plus fréquents.

14.3 Critères de décision pour déshumidifier

Habitat

- De cas en cas pour toute construction neuve
- Lorsque le taux d'humidité est supérieur à 80

Matériau sensible à l'humidité

- Archives
- Oeuvres d'art

15. CONCEPT D'INSTALLATION ET REGULATION

Au niveau du concept, plusieurs points doivent être d'abord contrôlés

a. Souplesse de fonctionnement

Les conditions climatiques pouvant évoluer en cours d'année, il faut donc éviter qu'une déshumidification ait une plage de fonctionnement trop étroite. D'autre part, si on sait qu'un local sera spécialement humide il y a lieu d'étudier s'il faut ou non le séparer des autres et le ventiler différemment des autres.

b. Contrôle du renouvellement d'air

Le taux de renouvellement d'air doit pouvoir être contrôlé et adapté.

c. Distinguer température et humidité

Plus l'air est chauffé, plus il est sec, plus l'air est refroidi, plus il est humide.

d. Régulation

Le contrôle de l'humidité doit se faire en plusieurs points, car souvent les mouvements d'air sont faibles. Sinon, il convient d'imposer un brassage de l'air soit constant, soit piloté par une horloge ou par les hygrostats.

16. CHOIX DES APPAREILS

N°	Description	* = faible ** = moyen *** = important					Utilisation
		encombrement	maintenance	adaptabilité	investissement	Frais d'exploitation	
1	Augmentation de la température	---	---	***	*	*	tout débit
2	Limitation du renouvellement d'air	---	---	***	---	---	tout débit
3	Déshumidificateur par absorption	*	*	**	**	**	
4	Condensation et réchauffage thermique	**	***	*	***	***	

Il existe peu d'appareils différents. Citons

16.1 Augmentation de la température

Lorsque cela est possible, c'est un des procédés les plus simples et peu onéreux.

16.2 Limitation du renouvellement d'air

Il s'agit là aussi d'un procédé très simple qui peut être obtenu

- par surveillance des apports naturels (fenêtres, portes, etc.)
- par limitation des débits de ventilation
- par l'installation par exemple de sas

16.3 Déshumidificateur par absorption

Cet appareil fonctionne de manière autonome. Son entretien pose peu de problème. Comme il a tendance à chauffer l'air, il est à installer dans les locaux froids, jusqu'à une température de 15 °C environ.

L'investissement est moyen, les frais d'exploitation dûs à la consommation d'électricité pour le circuit d'air chaud sont relativement élevés. En cas de gros débit, une récupération de chaleur (mais pas d'humidité) doit être envisagée.

16.4 Humidificateur à condensation

Cet appareil nécessite un compresseur et un détendeur pour le circuit de refroidissement (le plus souvent au Fréon).

Comme il a tendance à refroidir l'air, il sera d'autant plus efficace s'il est installé dans des locaux chauds par exemple, ayant une température supérieure à 15 °C. Ce genre d'installation doit être constamment contrôlée et entretenue, spécialement le circuit de refroidissement : les pertes de fluide frigorigène ne sont pas rares. Des pannes ou mauvais fonctionnement peuvent se produire, car la technologie est plus complexe.

L'investissement est conséquent. Les frais d'exploitation dûs à la consommation d'énergie électrique sont également importants.

17. COMPARAISON DES COUTS PAR M2

Admis 250 MJ/m² d'énergie de déshumidification.
Coût en Frs/m²/an, valeurs indicatives.

Description	Maintenance	Coût de l'énergie thermique	Coût de l'énergie électrique	Total (1)	Amortissement sur 10 ans (2)	Total (1) + (2)
Absorption	0,2	---	4,4	4,6	6	10,6
Condensation réchauffage thermique	0,5	2	16	18,5	11	29,5
Condensation réchauffage électrique	0,5	11	16	27,5	10	37,5

Remarque

Les valeurs ci-dessus sont estimées à partir de données fournies par le personnel de maintenance des installations étudiées.

Les prix des appareils sont fonction de la taille et de l'année.

Les frais d'électricité fluctuent en fonction des cantons et des années. Les frais de l'énergie thermique évoluent en fonction de l'offre et de la demande, ainsi que des normes antipollution. Pour toutes ces raisons, les valeurs ci-dessus ne peuvent être qu'indicatives. Elles reflètent cependant une tendance.

18. CONCLUSIONS

L'humidification, la déshumidification de locaux peut être un gros poste en dépense énergétique. Les frais d'exploitation sont noyés dans la masse des frais techniques et l'utilisateur n'a pas les moyens d'en vérifier le bien-fondé.

Pour éviter un gaspillage inutile, on peut recommander au moins les points suivants

- justifier les besoins d'humidification/déshumidification à faire par le client et un spécialiste en climatisation,
- dans le devis, indiquer à la fois le prix de l'installation et les frais d'exploitation annuels,
- l'énergie de chauffage devrait être thermique plutôt qu'électrique,
- un compteur d'énergie devrait être installé afin de pouvoir suivre et contrôler la consommation,
- un entretien et des contrôles périodiques sont indispensables,
- la Confédération devrait encourager la création d'un label "d'indice énergétique" pour les installations techniques.

Bibliographie et illustrations

- Recknagel-Sprenger-Hönnmann, PYC Editions 1986
- L'eau dans les installations du bâtiment, Office fédéral des questions conjoncturelles 1988
- Energie électrique dans le bâtiment, SIA 380/4
- Legionellen : Ein Hygiene - Technisches Problem. Bericht des Arbeitsgruppe, eingesetzt vom Bundesamt für Gesundheitswesen 1989.

Les illustrations proviennent entre autres de la bibliographie et des documentations de fabricants suivants :

- Humidificateurs : Défensor, Munters, Esco-Schönmann, Ygnis, Stulz
- Déshumidificateurs : Munters, Dehumyd, Pretema.

MB/cj

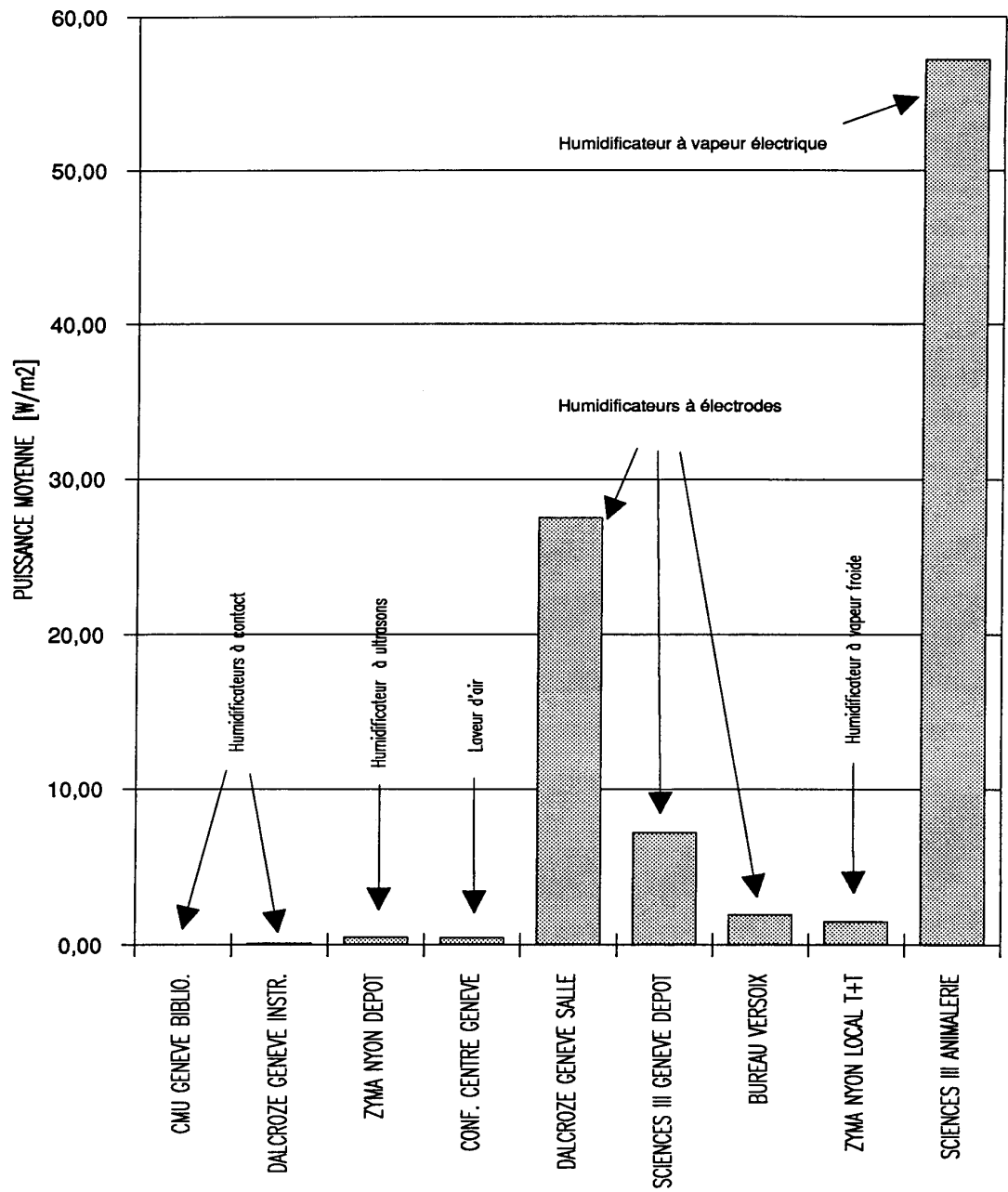
31 janvier 1992



RESULTAT DES MESURES**EXPLICATIONS GENERALES**

- Les mesures ont porté sur les différents systèmes d'humidification et de déshumidification. Pour l'aspect théorique et illustration, on peut se reporter au rapport du même projet 11.54.
- En règle générale, chaque objet a été mesuré pendant environ une semaine type. Les humidificateurs ont été mesurés pendant la période froide, les déshumidificateurs pendant la période chaude.
- Les consommations d'eau ont été mesurées lors de la semaine type, puis extrapolées.
Exception : pour les laveurs d'air et les chaudières électriques à vapeur, les consommations d'eau pour l'humidification ont été mesurées pendant un an, respectivement six mois.
- Les tableaux de résultats de mesure comportent une rubrique énergie thermique. Ce terme représente la compensation en énergie nécessaire pour atteindre les conditions climatiques après humidification.
- Les autres abréviations sont conformes au projet de norme SIA 380/4 "Energie électrique dans le bâtiment"

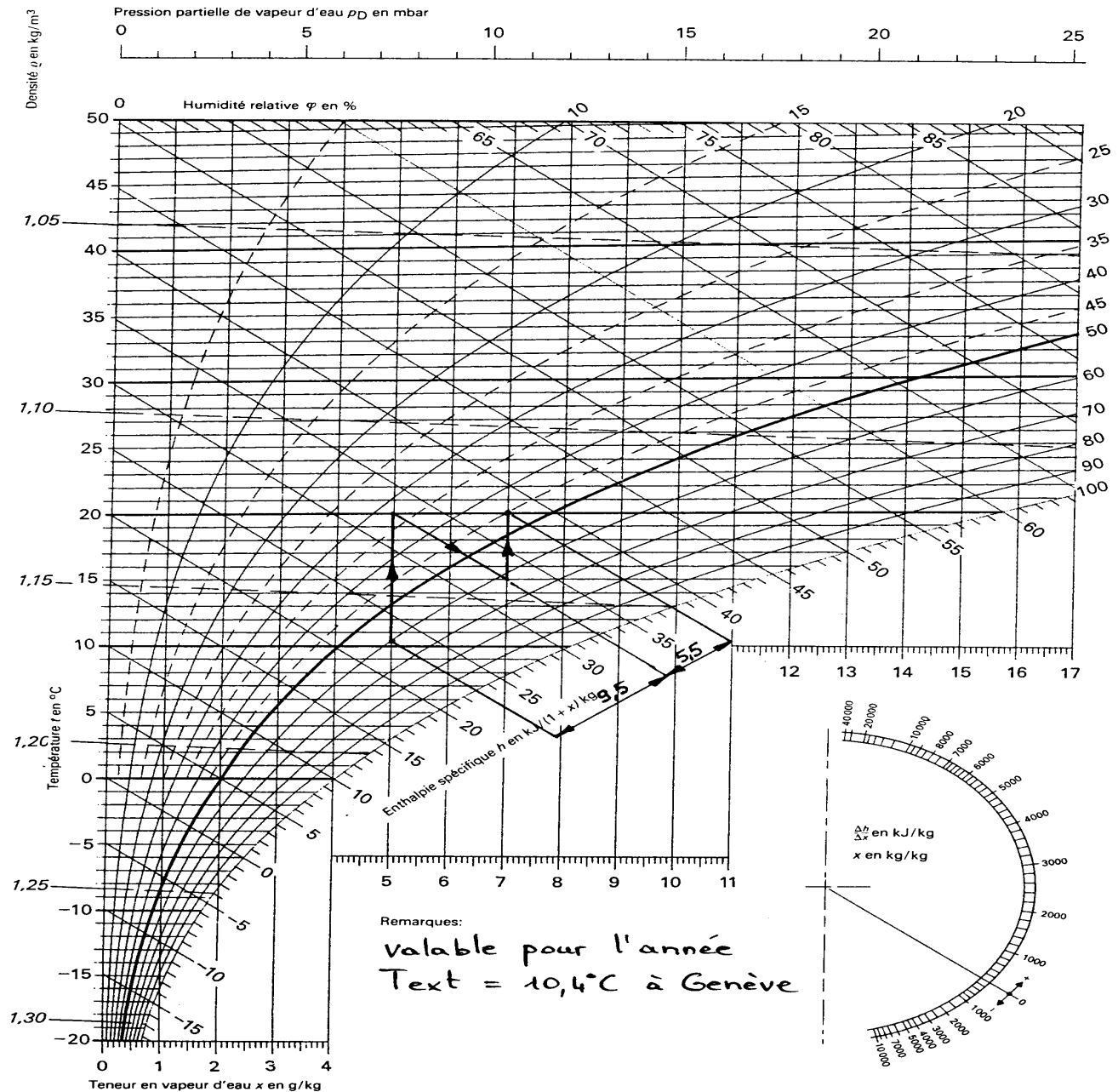
HUMIDIFICATION



Type d'installation	Humidificateur à contact
Lieu de mesure	CMU - Genève, dépôt livres
Température	20 ° C
Taux d'humidité	45 %
Débit d'air m ³ /h	5'740
Surface de plancher M ²	660
Volume humidifié M ³	1'900
Taux de renouvellement d'air	3,0
Description des locaux	Bibliothèques avec usagers et dépôts de livres
Description de l'installation	Humidificateur à disques rotatifs incorporé dans la gaine de pulsion. 1/3 d'air neuf et 2/3 d'air repris
Fonctionnement	Très satisfaisant. Contrôle une fois par an nécessaire
Besoin en humidification	Les livres et brochures doivent être entreposés dans des conditions climatiques adéquates
Remarque	Dépenses énergétiques très faibles. Bon système.

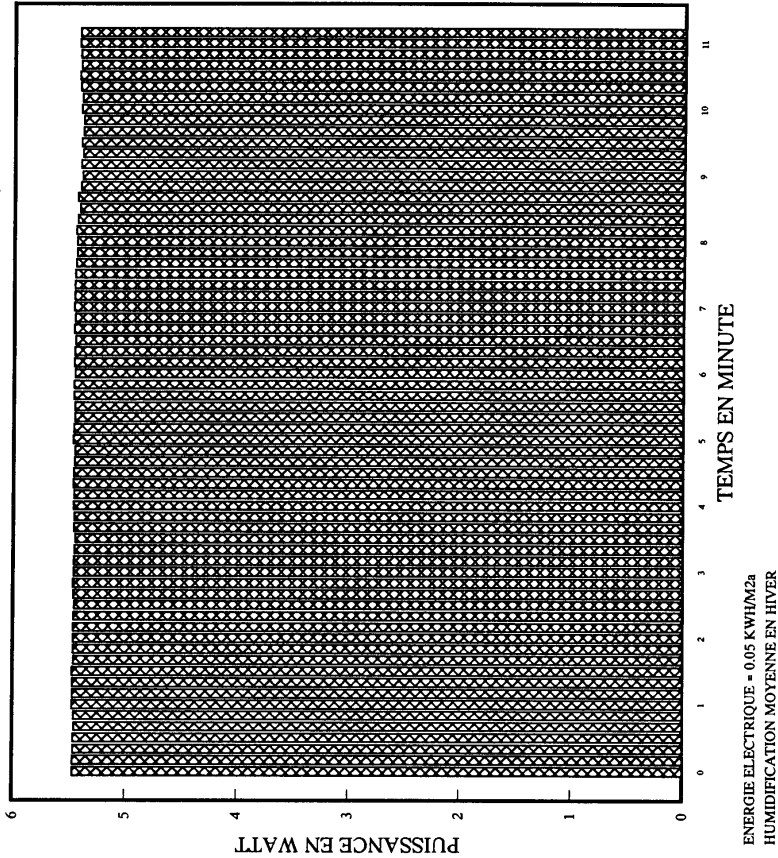
HUMIDIFICATION/DESHUMIDIFICATION										RAVEL Projet 11.54	
Procédé : Humidificateur à contact			Installation : Dépôts - lires								
Objet : CHU			Volume ventilé : 1900 m ³								
Lieu : Genève			Surface ventilée : 660 m ²								
Date : mars 1991			Fonctionnement : satisfaisant								
Données techniques et mesures :											
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P 		h _b	Energie Totale	Thermique	Electrique	Grandeurs caractéristiques
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	W/m ²	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	V = 5.740 [m ³ /h] T = 20 [°C] hr = 45 [%]
	8,7	3,0	~6	0,002	0,007	0,01	~5000	83	83	0,05	P ₀ = 0 [W/m ²] Ha = 8.760 [h/a] Pm = 0.0006 [W/m ²] Pmax = 0.044 [W/m ²] fb = 0.5 [-] E _{RN} = 0.05 [kwh/m ²]
Grandeurs théoriques :											
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P		h _b	Energie Totale	Energie Thermique	E _{RN} Electrique	P _i
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	W/m ²	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	[W/m ²]
Remarques :											

ASOV	Diagramme h, x pour air humide			$p = 950 \text{ mbar}$	$H = 540 \text{ m alt.}$	Date:
	Doss. No:	No de comm.		Chargé d'affaire:		Feuille:
	Objet: Humidificateur à contact					
	Client: CMU / Genève					



HUMIDIFICATEURS ELECTRIQUES

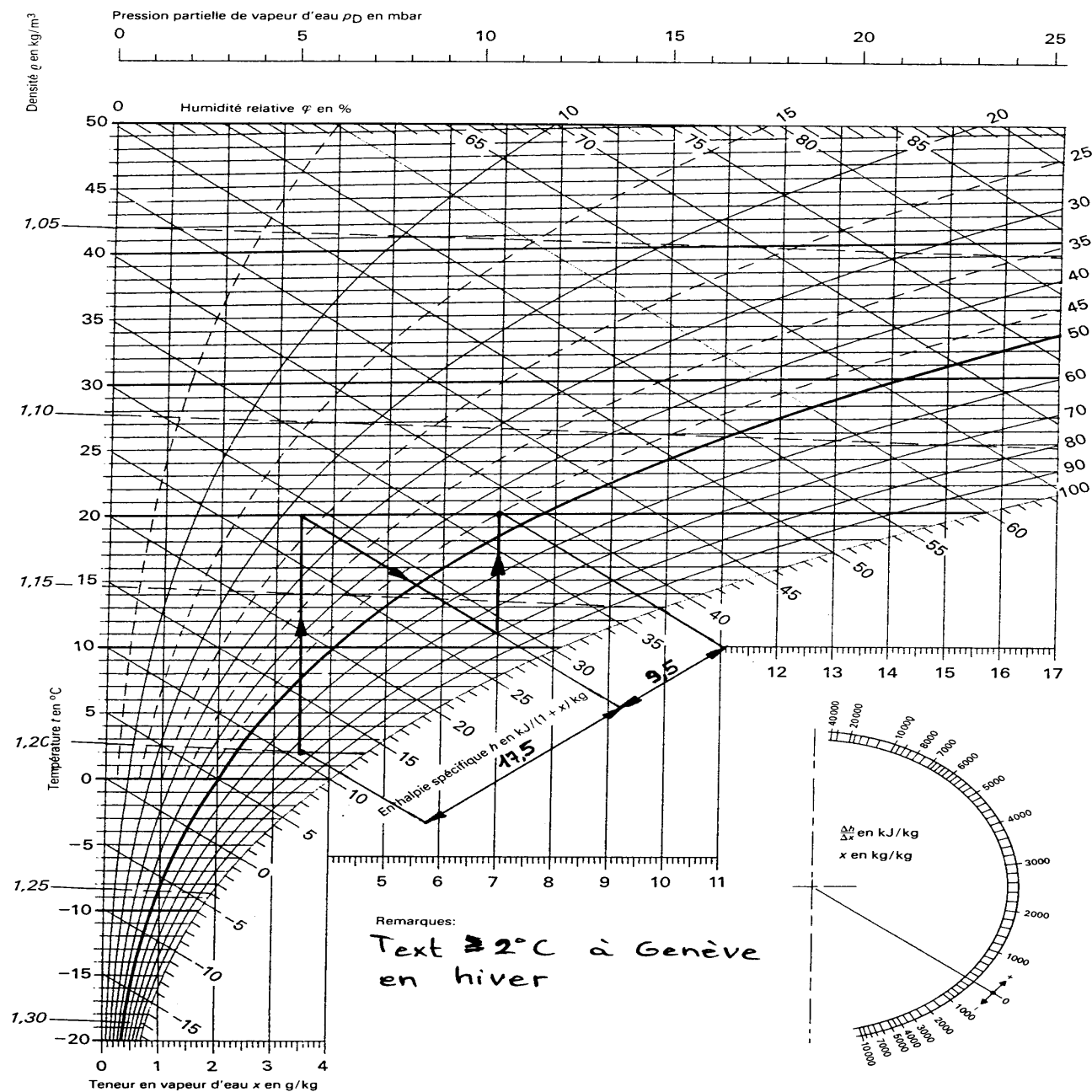
CMU ARCHIVES ET DEPOTS HUMIDIFICATEUR A DISQUE ROTATIF



Type d'installation	Humidificateur à contact
Lieu de mesure	Dalcroze - Genève, 4ème et 5ème étage
Température	20°C
Taux d'humidité	45 %
Débit d'air m3/h	7'520
Surface de plancher M2	450
Volume humidifié M3	1'400
Taux de renouvellement d'air	5,4
Description des locaux	Petites salles avec instruments de musique
Description de l'installation	Humidificateur en nid d'abeille. 1/3 d'air neuf et 2/3 d'air repris
Fonctionnement	Satisfaisant. Maintenance au moins une fois par an.
Besoin en humidification	Les instruments de musique doivent être entreposés dans des conditions d'humidité adéquates : au moins 35 %
Remarque	Dépenses énergétiques modérées. Le taux de renouvellement d'air peut être abaissé.

HUMIDIFICATION/DESHUMIDIFICATION										RAVEL Projet 11.54	
Procédé : Humidificateur à contact			Installation : salles de musique 4 ^{me} et 5 ^{me} étage								
Objet : Dalcroze			Volume ventilé : 1400 m ³								
Lieu : Genève			Surface ventilée : 450 m ²								
Date : 19.2.1991			Fonctionnement : satisfaisant								
Données techniques et mesures :											
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P 		h _b	Energie Totale	Thermique Electrique		Grandeurs caractéristiques
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	W/m ²	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	V = 352.0 [m ³ /h] T = 20... [°C] hr = 45... [%]
hiver	16,7	5,4	~10	0,08	0,08	0,2	2300	123	122	0,4	P ₀ = 0 [W/m ²] H _a = 4000 [h/a] P _m = 0,1 [W/m ²] P _{max} = 0,2 [W/m ²] f _b = 0,5 [-] E _{RN} = 0,4 [kwh/m ²]
Grandeurs théoriques :											
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P		h _b	Energie Totale		E _{RN} Electrique	P _i
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	W/m ²	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	[W/m ²]
Remarques :											

ASGV	Diagramme h, x pour air humide		$p = 950 \text{ mbar}$	$H = 540 \text{ m alt.}$	Date:
	Doss. No:	No de comm.	Chargé d'affaire:		Feuille:
	Objet: Humidificateur à contact				
	Client: Dalcroze 4^{me} et 5^{me} étage				



Type d'installation	Humidificateur à ultra-sons
Lieu de mesure	Zyma / Nyon
Température	24 °C
Taux d'humidité	33 - 40 %
Débit d'air m/h	70
Surface de plancher m2	33
Volume humidifié m3	86
Taux de renouvellement d'air	0,8
Description des locaux	Petit local jouxtant une chaufferie
Description de l'installation	Appareil individuel de petite dimension
Fonctionnement	Bon fonctionnement. Aucun problème n'a été mentionné
Besoin en humidification	Air chaud et sec d'où besoin d'humidifier
Remarque	Dépense énergétique très faible. Inconvénients de cet appareil - seulement pour petits locaux - dépôt d'une fine couche de calcaire sur les meubles et paroi du local

HUMIDIFICATION/DESHUMIDIFICATION											RAVEL Projet 11.54	
Procédé : Humidificateur à ultrasons Objet : ZYHA Lieu : Nyon Date : avril 1991				Installation : local indépendant "chaufferie" Volume ventilé : 86 m ³ Surface ventilée : 33 m ² Fonctionnement : satisfaisant								
Données techniques et mesures :												
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P $\neq$		h _b	Energie Totale	Thermique	Electrique	Grandeurs caractéristiques	
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	W/m ²	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	V = 70... [m ³ /h] T = 24... [°C] hr = 40... [%]	
	2,1	0,8	~7	0,014	0,04	1,2	~1800	10,7	8,5	2,2	P ₀ = 0... [W/m ²] H _a = 4380 [h/a] P _m = 0,5 [W/m ²] P _{max} = 1,2 [W/m ²] fb = 0,4 [-] E _{RN} = 2,2 [kwh/m ²]	
Grandeurs théoriques :												
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P		h _b	Energie Totale		Thermique	E _{RN} Electrique	P _i
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	W/m ²	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	[W/m ²]
Remarques :												

$p = 950 \text{ mbar}$

H = 540 m alt.

Date:

56

Doss. No:

No de
comm

Chargé d'affaire:

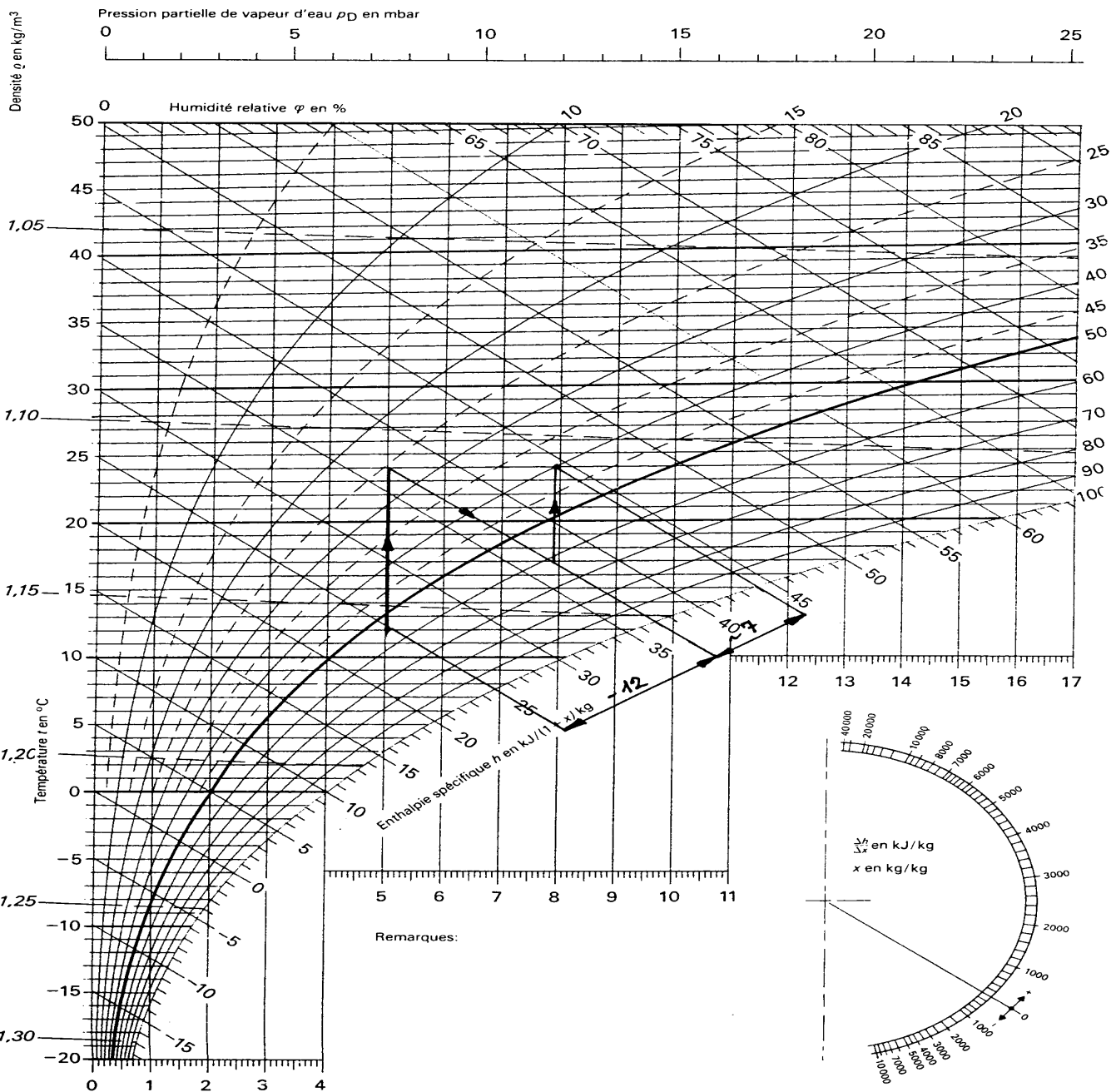
Feuille:

Objet:

Zyma "chaufferie"

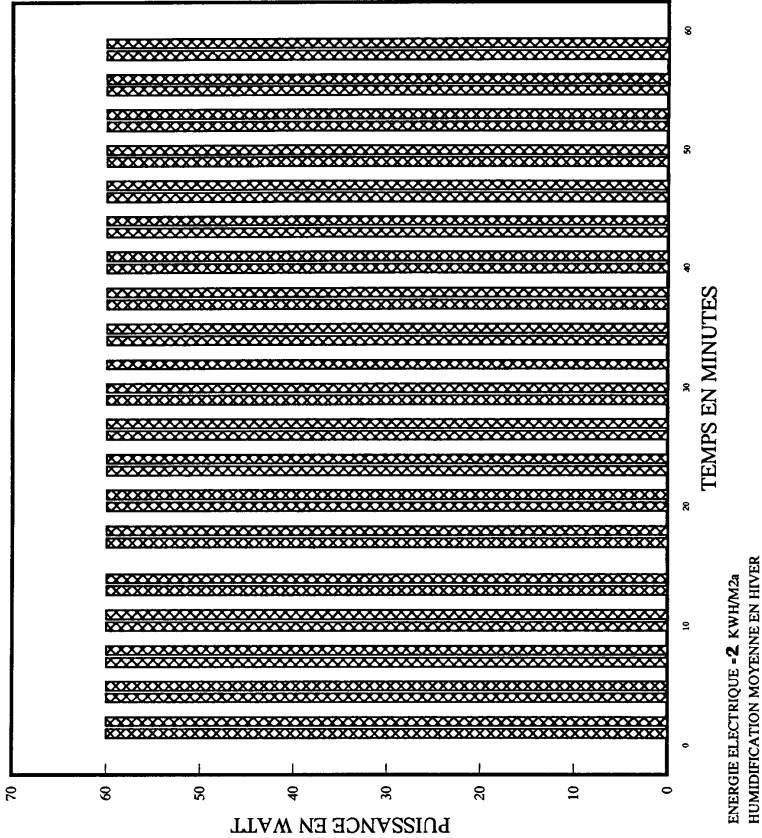
Client:

Humidificateur à ultrasons



HUMIDIFICATEURS ELECTRIQUES

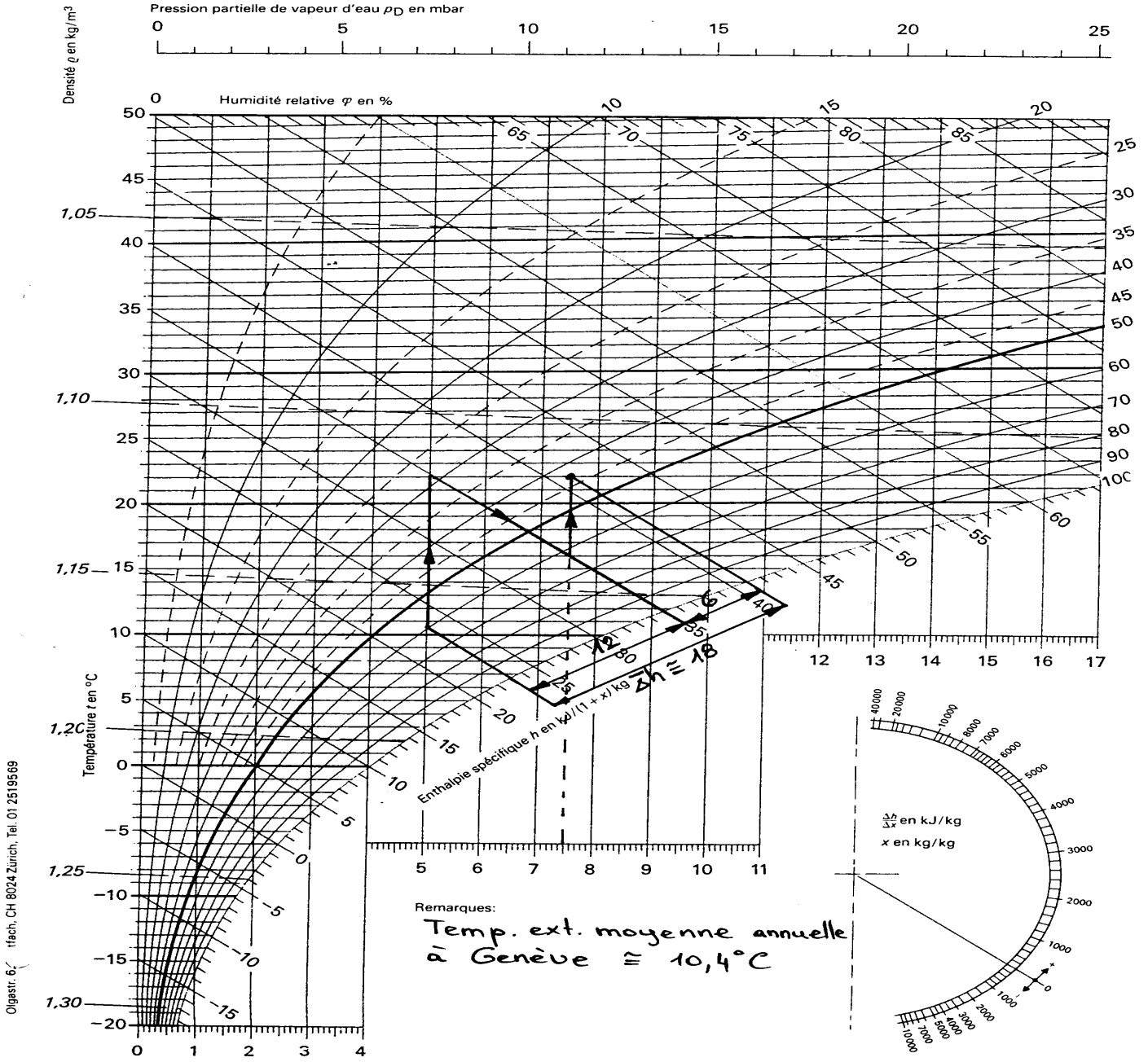
ZYMA HUMIDIFICATEUR A ULTRASONS



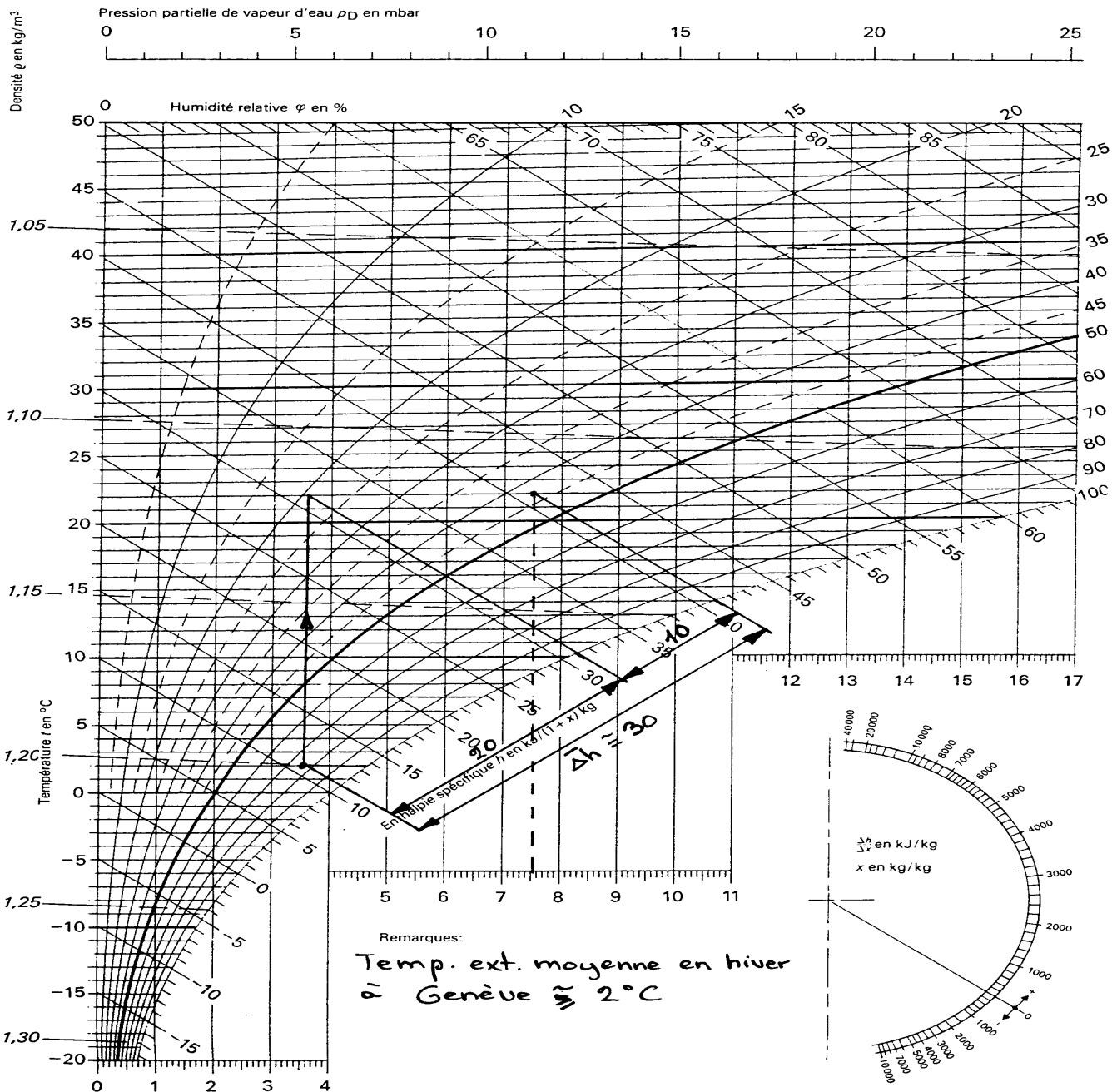
Type d'installation	Laveurs d'air
Lieu de mesure	Confédération Centre - Genève
Température	22 °C
Taux d'humidité	45 %
Débit d'air m ³ /h	320'000
Surface de plancher m ²	34'000
Volume humidifié m ³	89'000
Taux de renouvellement d'air	3,6
Description des locaux	Commerces de haut de gamme et bureaux. Forts dégagements de chaleur dus à l'éclairage artificiel
Description de l'installation	100 % air neuf. 24 monoblocs avec récupérateurs rotatifs
Fonctionnement	Satisfaisant moyennant une maintenance de qualité. Les récupérateurs rotatifs fonctionnent suffisamment bien, de sorte qu'on n'a pas besoin de préchauffer l'air neuf.
Besoin en humidification	Il s'agit là surtout d'une question de standing.
Remarque	Dépenses énergétiques considérables. Des économies substantielles pourraient être envisagées, par exemple par -diminution du taux de renouvellement d'air -remplacement de l'éclairage artificiel par des systèmes à meilleur rendement lumière

HUMIDIFICATION/DESHUMIDIFICATION										RAVEL Projet 11.54	
Procédé : Laveurs d'air et récupérat. rotatifs	Installation : Commerces, banques, bureaux										
Objet : Confédération centre	Volume ventilé : 89'000 m ³										
Lieu : Genève	Surface ventilée : 34'000 m ²										
Date : 1991	Fonctionnement : satisfaisant										
Données techniques et mesures :											
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P 		h _b	Energie Totale	Thermique	Electrique	Grandeurs caractéristiques
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	W/m ²	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	V = 320'000 [m ³ /h] T = 22... [°C] hr = 40:45 [%]
en 1991	9,4	3,6	~ 6	0,025	22	0,65	2900	52	50,1	1,9	Po = 0..... [W/m ²] Ha = 4000,0 [h/a] Pm = 0,48 [W/m ²] Pmax = 0,8 [W/m ²] fb = 0,6 [-] E _{FW} = 1,9 [kwh/m ²]
été 1991	9,4	3,6	—	0,002							
hiver 1991	9,4	3,6	~ 10	0,032							
Grandeurs théoriques :											
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P		h _b	Energie Totale		E _{FW} Electrique	P _i
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	W/m ²	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	[W/m ²]
	9,4	3,6		0,027							
Remarques : En moyenne 75 litres d'eau/m ² /an pour l'humidification. Environ 248000 litres d'eau/an pour les laveurs d'air dont 140'000 litres d'eau/an sont évacuées dans les EC sanitaires.											

ASCH	Diagramme h, x pour air humide		$p = 950 \text{ mbar}$	$H = 540 \text{ m alt.}$	Date:
	Doss. No:	No de comm.	Chargé d'affaire:		Feuille:
	Objet: Confédération Centre Laveurs d'air				
	Client:				

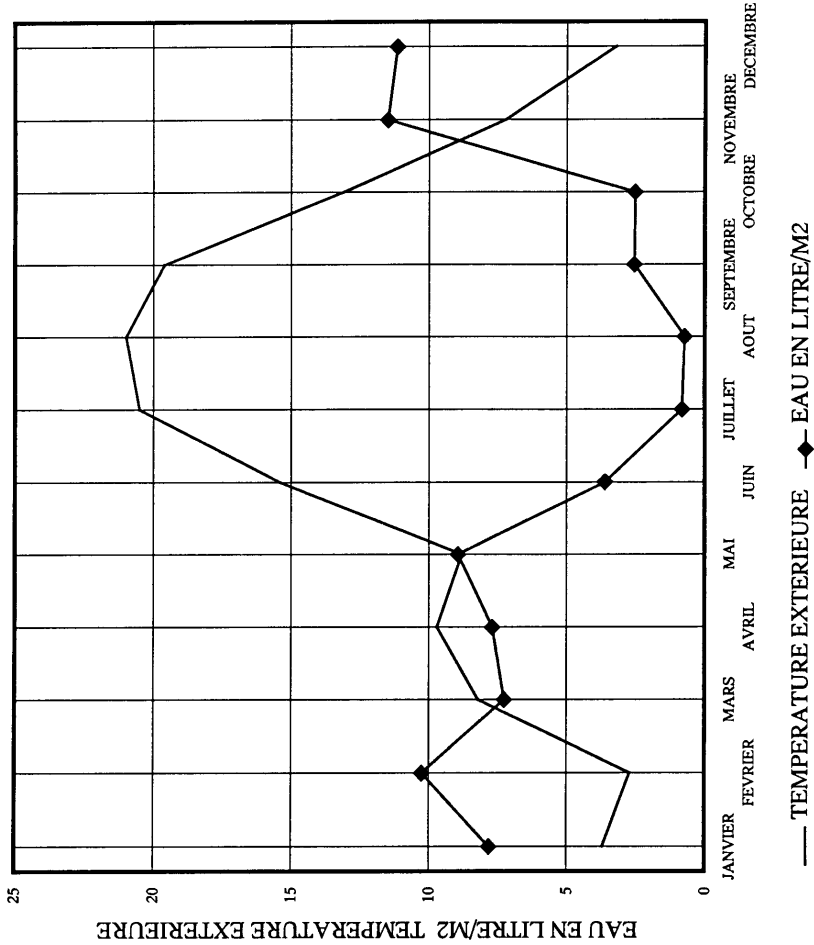


ASGV	Diagramme h, x pour air humide		$p = 950$ mbar	$H = 540$ m alt.	Date:
	Doss. No:	No de comm.	Chargé d'affaire:		Feuille:
	Objet: Confédération Centre				
	Client: Laveurs d'air				

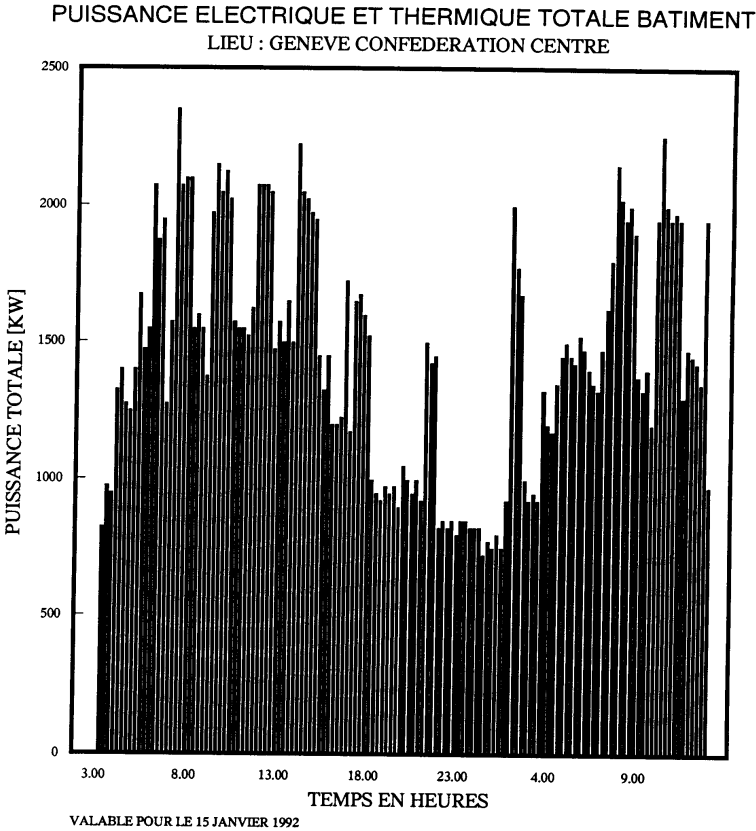


HUMIDIFICATION PAR LA VEAURS D'AIR

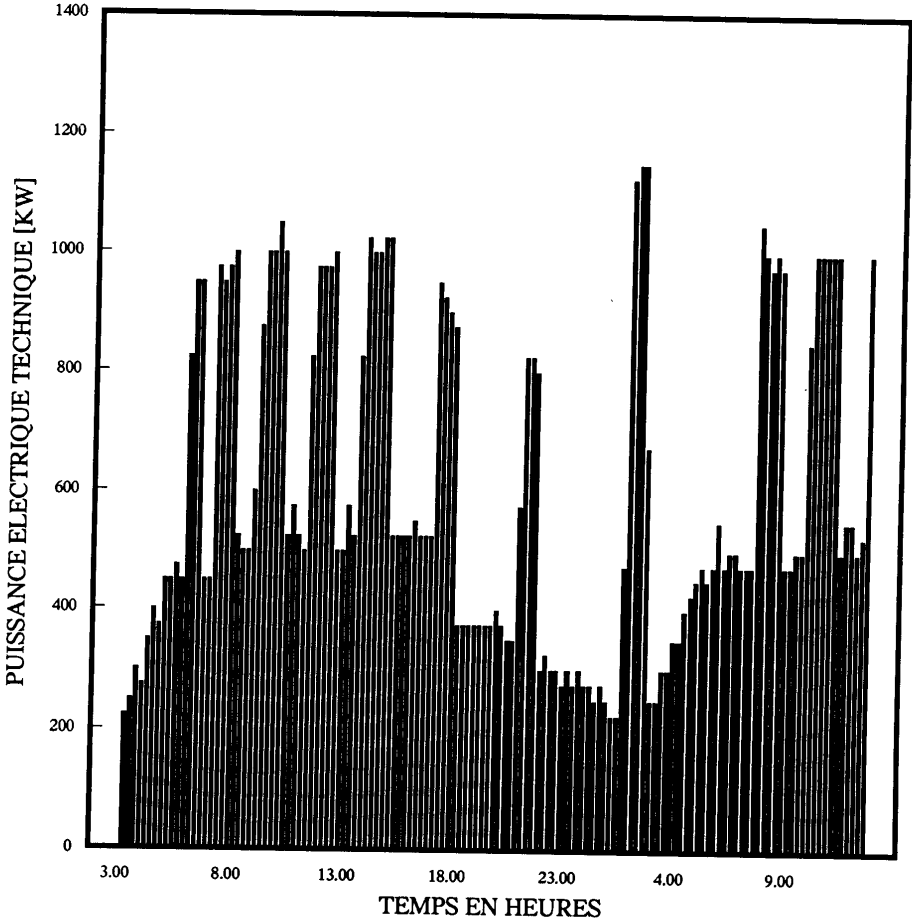
GENEVE COMMERCES ET BUREAUX



TAUX DE RENOUVELLEMENT D'AIR = 3.6



PUISSANCE ELECTRIQUE POUR LA TECHNIQUE
 LIEU : GENEVE CONFEDERATION CENTRE

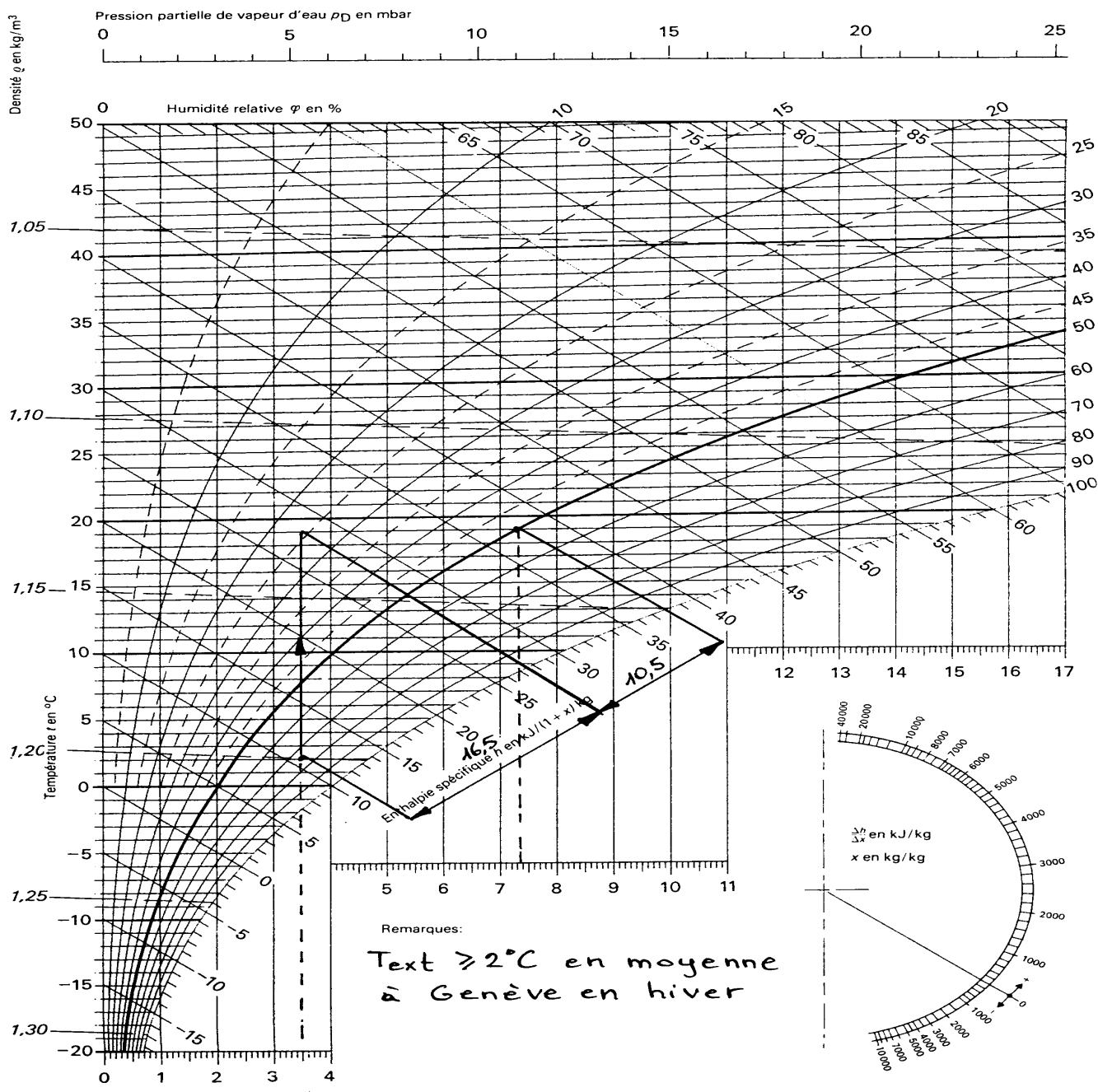


VALABLE POUR LE 15 JANVIER 1992

Type d'installation	Humidificateur à électrodes
Lieu de mesure	Dalcroze sous-sol
Température	19 °C
Taux d'humidité	50%
Débit d'air m ³ /h	3600
Surface de plancher M ²	172
Volume humidifié M ³	760
Taux de renouvellement d'air	4,7
Description des locaux	Grande salle de musique pour récitals avec piano à queue
Description de l'installation	Environ 1/3 d'air neuf et 2/3 d'air repris
Fonctionnement	l'humidificateur avait un très mauvais fonctionnement dû à - mauvais branchement d'une phase - régulation d'humidité sur la pulsion - fonctionnement quasi continu - fréquence vidanges trop élevée
Besoin en humidification	les instruments de musique ayant une valeur de près de Frs 100'000.—, un contrôle de l'humidité est nécessaire, spécialement en hiver
Remarque	la salle n'étant pas fréquemment utilisée, il serait énergétiquement judicieux d'abaisser la température à 16°C en cas de non utilisation, ce qui évite d'humidifier de manière trop conséquente.

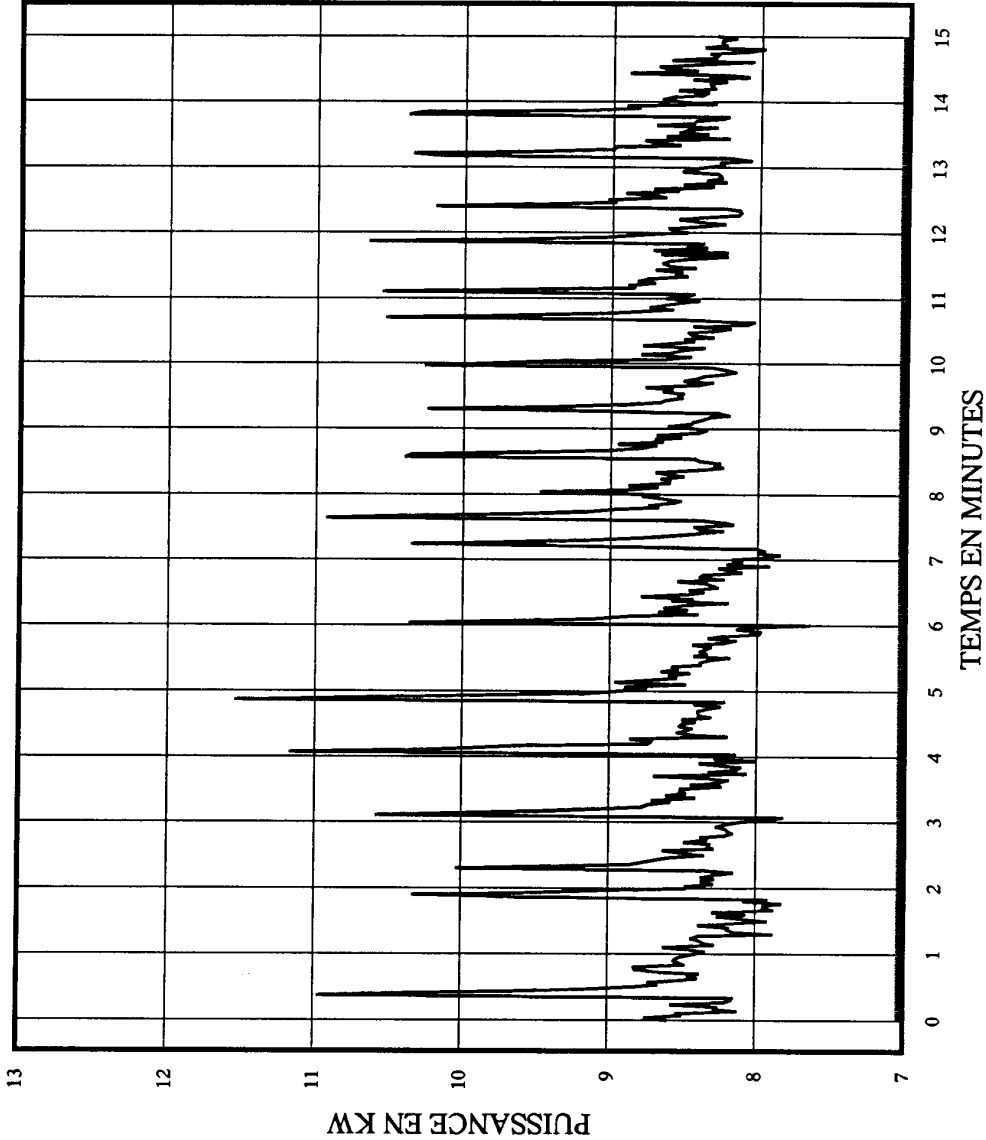
HUMIDIFICATION/DESHUMIDIFICATION										RAVEL Projet 11.54	
Procédé : Humidificateur à électrode		Installation : salle de récital sous-sol									
Objet : Dalcroze		Volume ventilé : 760 m ³									
Lieu : Genève		Surface ventilée : 172 m ²									
Date : 1991		Fonctionnement : pas satisfaisant									
Données techniques et mesures :											
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P 		h _b	Energie Totale	Thermique	Electrique	Grandeurs caractéristiques
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	W/m ²	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	V = 36.00 [m ³ /h] T = 19 [°C] hr = 50 [%]
hiver	20,9	4,7	~10	0,08	8,2	48	2300	410	—	110	Po = 7 [W/m ²] Ha = 4.000 [h/a] Pm = 28 [W/m ²] Pmax = 87 [W/m ²] fb = 0,3 [-] E _{FN} = 110 [kwh/m ²]
Grandeurs théoriques :											
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P		h _b	Energie Totale		E _{FN} Electrique	P _i
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	W/m ²	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	[W/m ²]
Remarques : Pour chaque vidange, 8 litres d'eau à 40°C l'énergie "thermique" est assurée par l'électricité											

ASOV	Diagramme h, x pour air humide		$p = 950 \text{ mbar}$	$H = 540 \text{ m alt.}$	Date:
	Doss. No:	No de comm.	Chargé d'affaire:		Feuille:
	Objet: Dalcroze réctal sous-sol				
	Client: Humidificateur à électrodes				

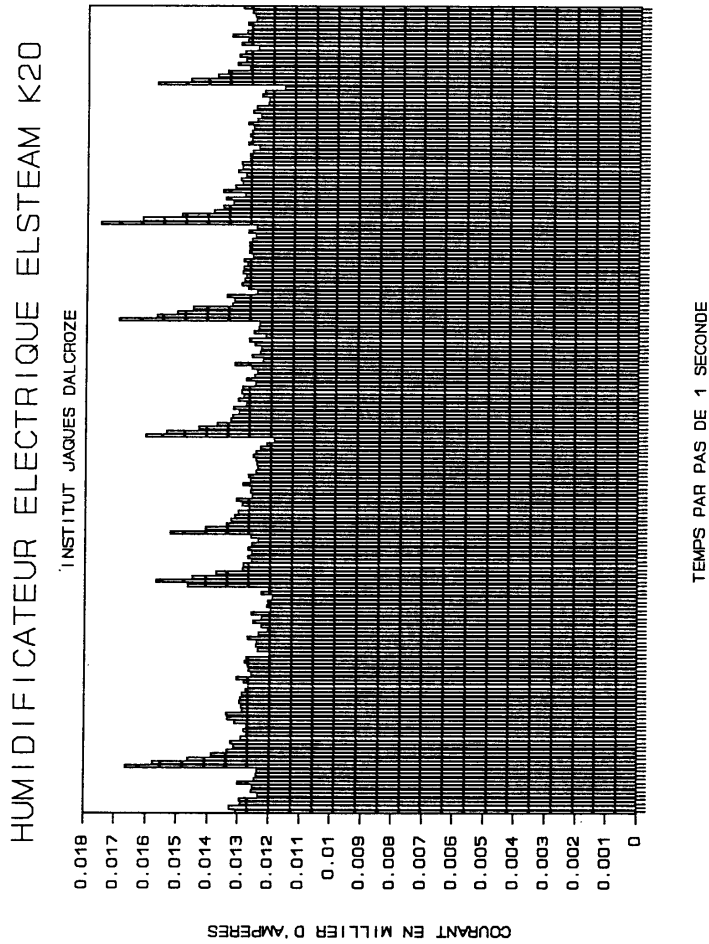


HUMIDIFICATEUR A ELECTRODES

DALCROZE HUMIDIFICATEUR PUISSANCE = 15 KW

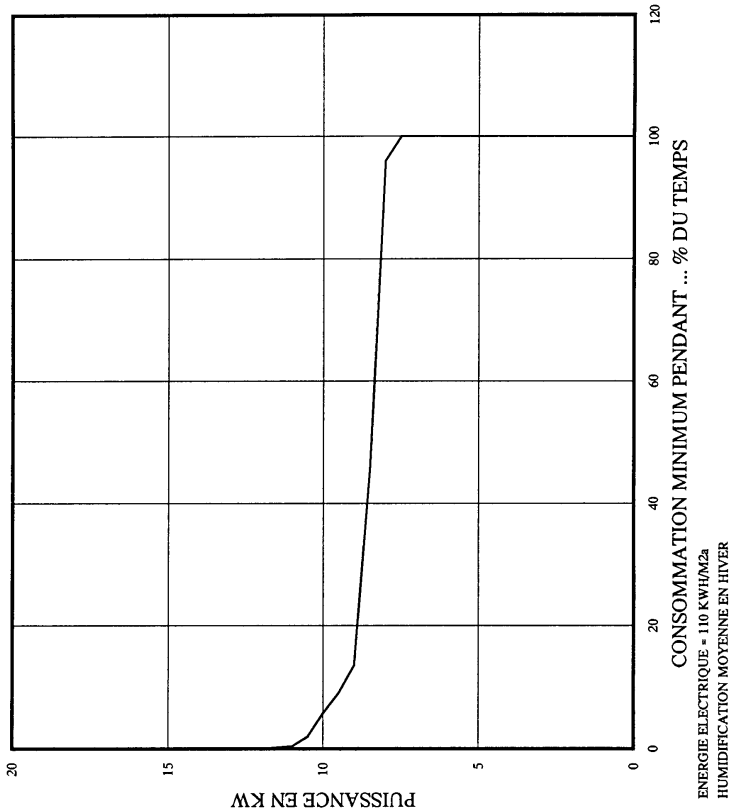


ENERGIE ELECTRIQUE = 110 KWH/M2a
HUMIDIFICATION MOYENNE



HUMIDIFICATEURS ELECTRIQUES

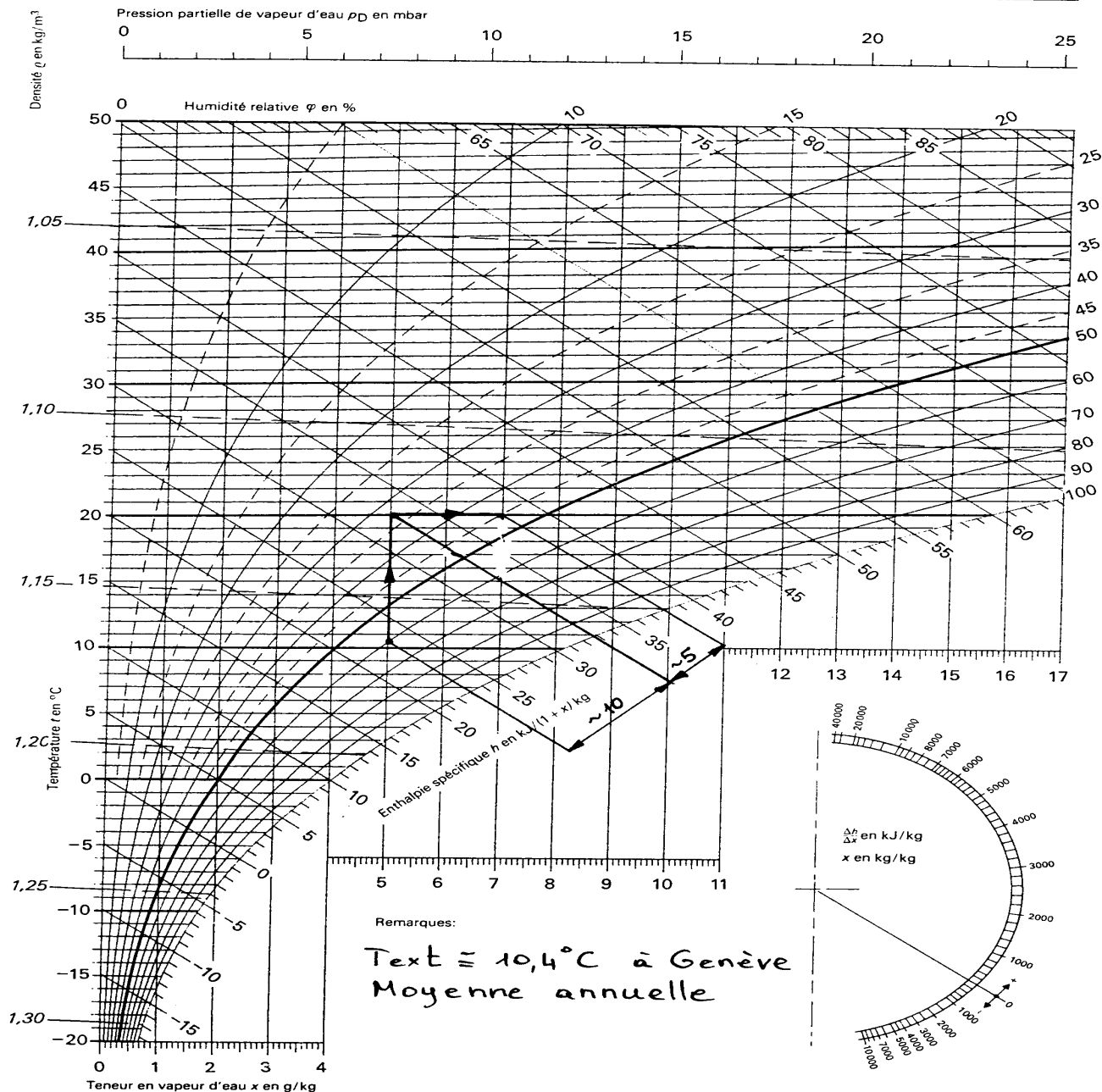
DALCROZE HUMIDIFICATEUR ELSTEAM K20



Type d'installation	Humidificateur à électrodes
Lieu de mesure	SCIENCES III, dépôt archives
Température	20 ° C
Taux d'humidité	45 %
Débit d'air m3/h	1300
Surface de plancher M2	130
Volume humidifié m3	450
Taux de renouvellement d'air	2,8
Description des locaux	Dépôt de livres et brochures
Description de l'installation	1/3 d'air neuf et 2/3 d'air repris
Fonctionnement	L'humidificateur fonctionne correctement. Le contrôle de l'humidité est fait dans le local même.
Besoin en humidification	Les livres et brochures doivent être conservés dans des conditions d'hygrométrie adéquates, entre 35 et 45 %
Remarque	Une économie d'énergie est concevable par abaissement de la température et du taux de renouvellement d'air.

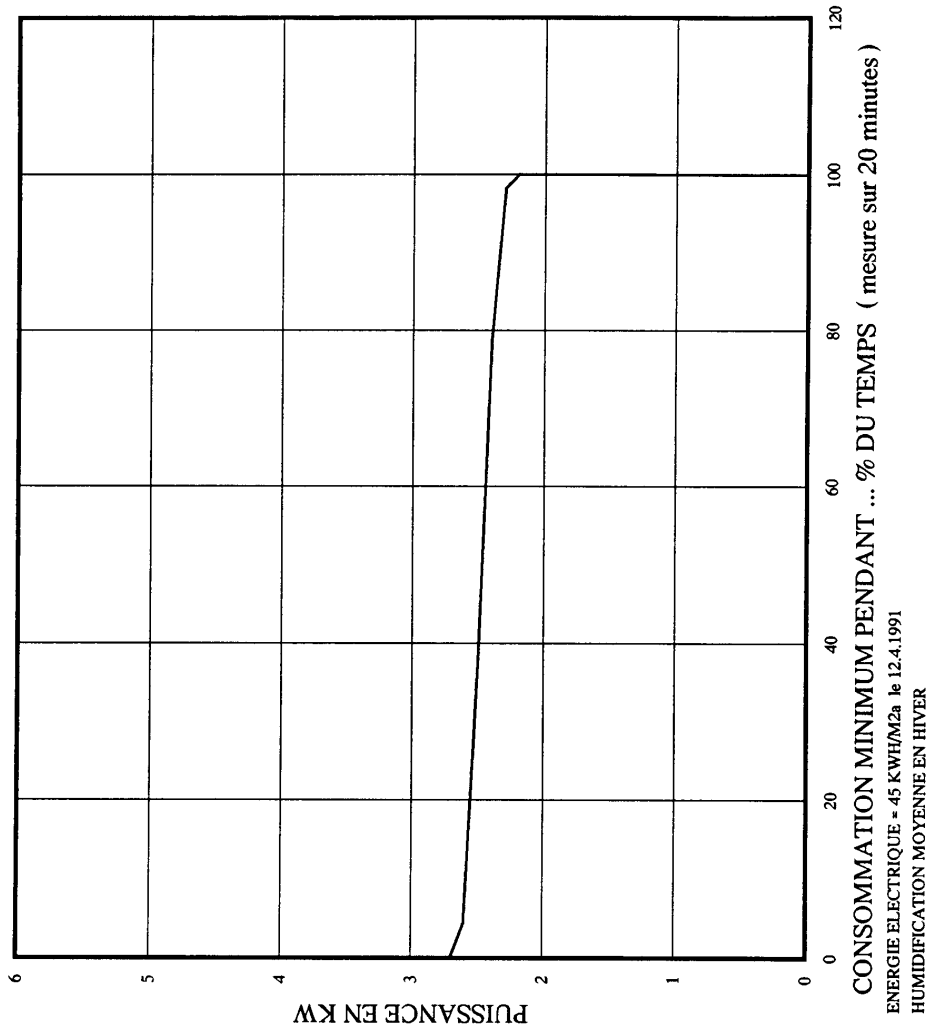
HUMIDIFICATION/DESHUMIDIFICATION											RAVEL Projet 11.54	
Procédé : Humidificateur à électrodes			Installation : Archives			4 ^{me} étage						
Objet : SCIENCES III			Volume ventilé :			450 m ³						
Lieu : Genève			Surface ventilée :			130 m ²						
Date : du 4 au 11.4.1991			Fonctionnement :			satisfaisant						
Données techniques et mesures :												
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P		h _b	Energie Totale	Thermique	Electrique	Grandeurs caractéristiques	
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	W/m ²	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	V = 1300 [m ³ /h] T = 20 [°C] hr = 45 [%]	
fct. normal standby	10	2,8	~ 5	0,015	2÷2,3	19	~2500	63	—	63	Po = 10... [W/m ²] Ha = 8760 [h/a] Pm = 1... [W/m ²] Pmax = 23... [W/m ²] fb = 0,3... [-] ERN = 63... [kwh/m ²]	
	10	2,8	—	—	1,3	10	~1500					
Grandeurs théoriques :												
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P		h _b	Energie Totale		Energie Thermique	ERN Electrique	P _i
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	W/m ²	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	[W/m ²]
Remarques :												

ASGV	Diagramme h, x pour air humide			$p = 950 \text{ mbar}$	$H = 540 \text{ m alt.}$	Date:
	Doss. No:	No de comm.	Chargé d'affaire:		Feuille:	
	Objet: Humidificateur à électrode					
	Client: SCIENCES III archives 4^{me} étage					



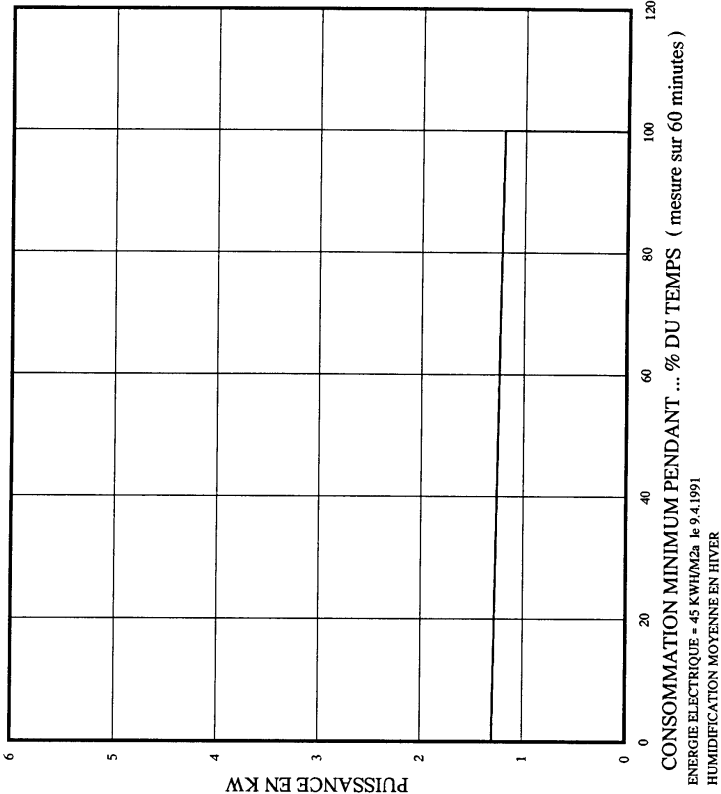
HUMIDIFICATEURS ELECTRIQUES

SCIENCES III ARCHIVES HUMIDIFICATEUR DE 3KW



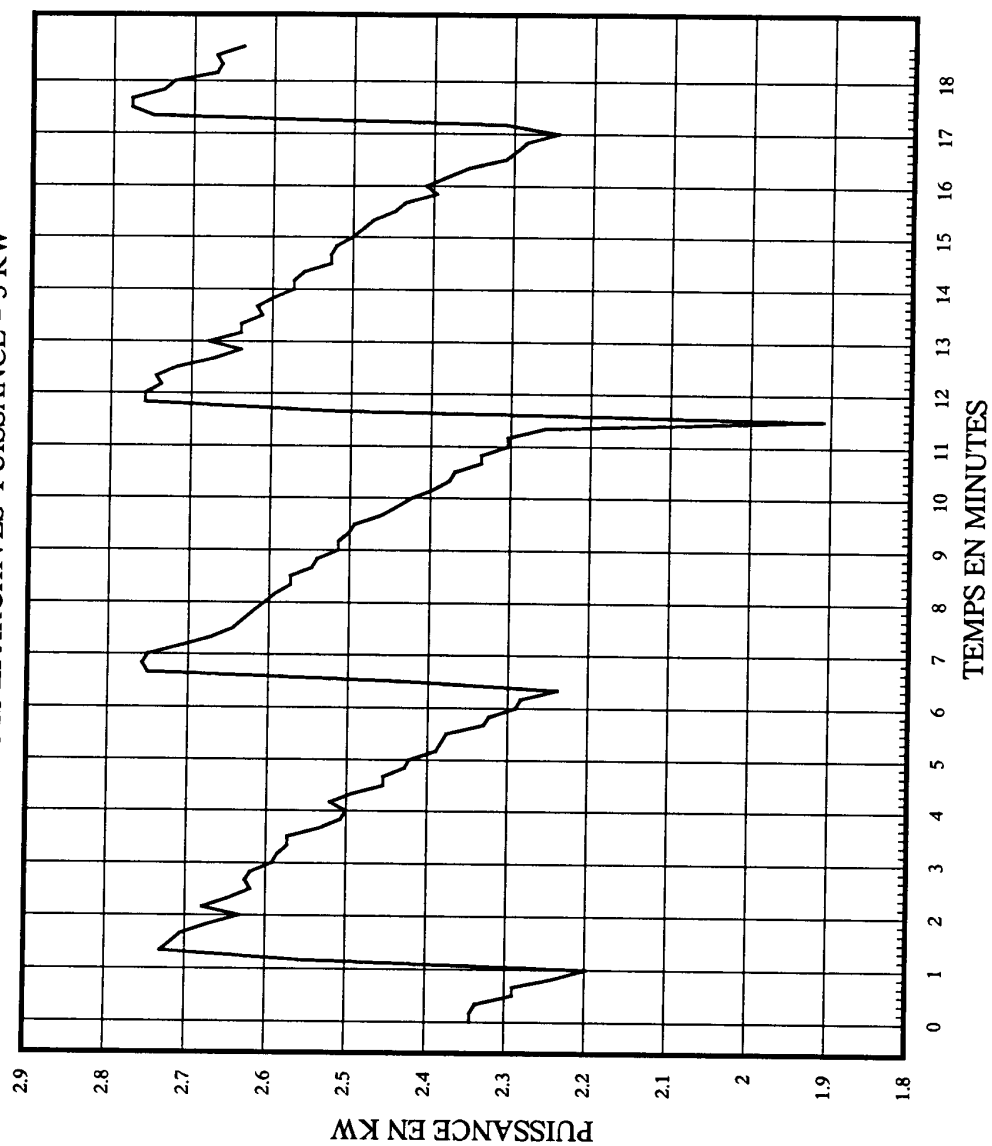
HUMIDIFICATEURS ELECTRIQUES

SCIENCES III ARCHIVES HUMIDIFICATEUR EN STANDBY



HUMIDIFICATEURS A ELECTRODES

SCIENCES III ARCHIVES PUISSANCE = 3 KW

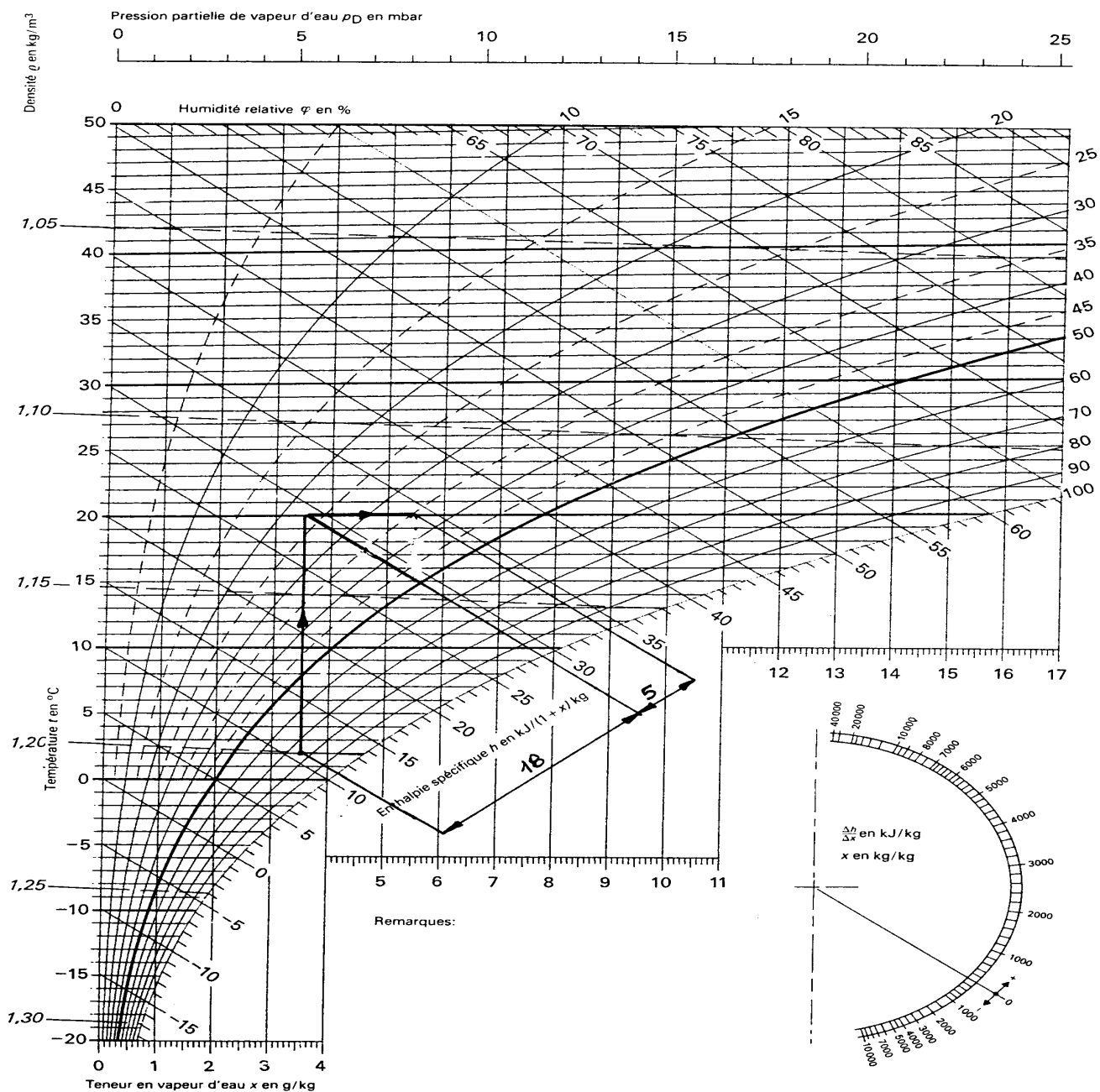


ENERGIE ELECTRIQUE = 45 KWH/M2a le 12.4.1991
HUMIDIFICATION MOYENNE EN HIVER

Type d'installation	Humidificateur à électrodes
Lieu de mesure	Bureau Versoix
Température	20 ° C
Taux d'humidité	35
Débit d'air m3/h	72
Surface de plancher m2	55
Volume humidifié m3	143
Taux de renouvellement d'air	0,5
Description des locaux	Bureau avec informatique, photocopieur etc.
Description de l'installation	Appareil individuel à vapeur chaude
Fonctionnement	Satisfaisant, aucun problème n'a été mentionné
Besoin en humidification	Sans humidification, on mesure 25 % d'humidité relative
Remarque	Aucune régulation

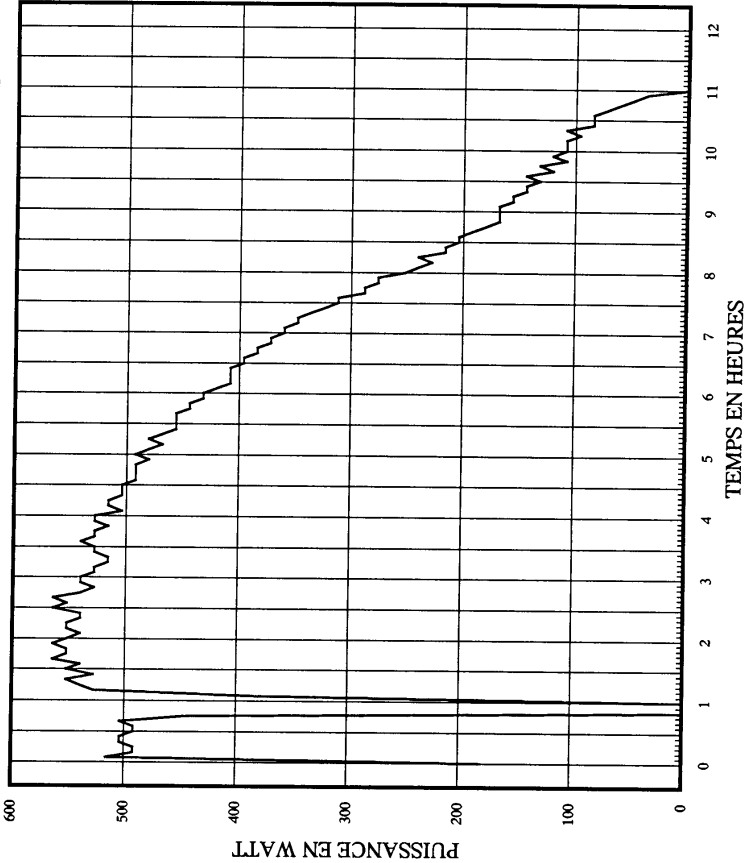
HUMIDIFICATION/DESHUMIDIFICATION										RAVEL Projet 11.54	
Procédé : Humidificateur à électrode		Installation : local technique									
Objet : Bureaux		Volume ventilé : 143 m ³									
Lieu : Versoix		Surface ventilée : 55 m ²									
Date : mars/avril 1994		Fonctionnement : sans régulation									
Données techniques et mesures :											
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P 		h ₀	Energie Totale	Thermique	Electrique	Grandeurs caractéristiques
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	W/m ²	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	V = 72 [m ³ /h] T = 20 [°C] hr = 35 [%]
hiver	1,3	0,5	~5	0,01	0,46	8,4	600	5	—	5	P ₀ = 0 [W/m ²] Ha = 2600 [h/a] Pm = 2 [W/m ²] Pmax = 14,5 [W/m ²] fb = 0,1 [-] E _{RN} = 5 [kwh/m ²]
Grandeurs théoriques :											
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P		h ₀	Energie Totale	Energie Thermique	E _{RN} Electrique	P _i
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	W/m ²	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	[W/m ²]
Remarques: Appareil individuel d'appartement											

ASGV	Diagramme h, x pour air humide			$p = 950 \text{ mbar}$	$H = 540 \text{ m alt.}$	Date:
	Doss. No:	No de comm:		Chargé d'affaire:		Feuille:
	Objet: Humidificateur à électrode d'appartement					
	Client: Bureau Versoix					



HUMIDIFICATEUR A ELECTRODES

HUMIDIFICATEUR D'APPARTEMENT CONTENANCE 8 LITRES

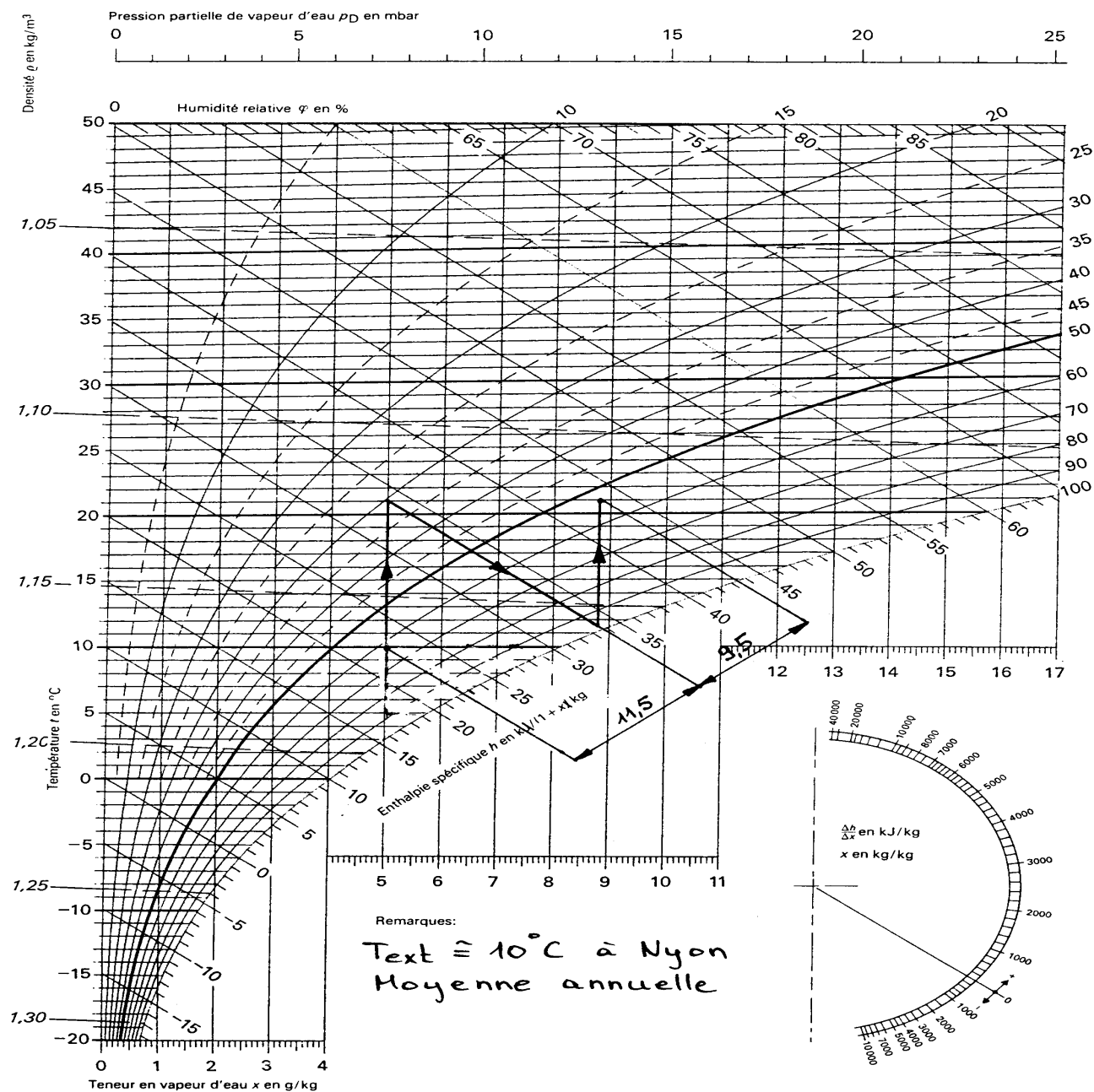


ENERGIE ELECTRIQUE = 5 KWH/M2a
HUMIDIFICATION LIMITEE EN HIVER

Type d'installation	Humidificateur à vapeur froide
Lieu de mesure	Zyma / Nyon, local T+T
Température	21 °C
Taux d'humidité	53%
Débit d'air m3/h	450
Surface de plancher M2	43
Volume humidifié m3	119
Taux de renouvellement d'air	3,8
Description des locaux	Centrale téléphonique avec dégagement de chaleur
Description de l'installation	Appareil individuel à vapeur froide, ultra-violet
Fonctionnement	Très satisfaisant, aucun problème n'a été mentionné
Besoin en humidification	L'humidification permet d'abaisser la température du local
Remarque	La dépense énergétique pour l'humidification est très faible

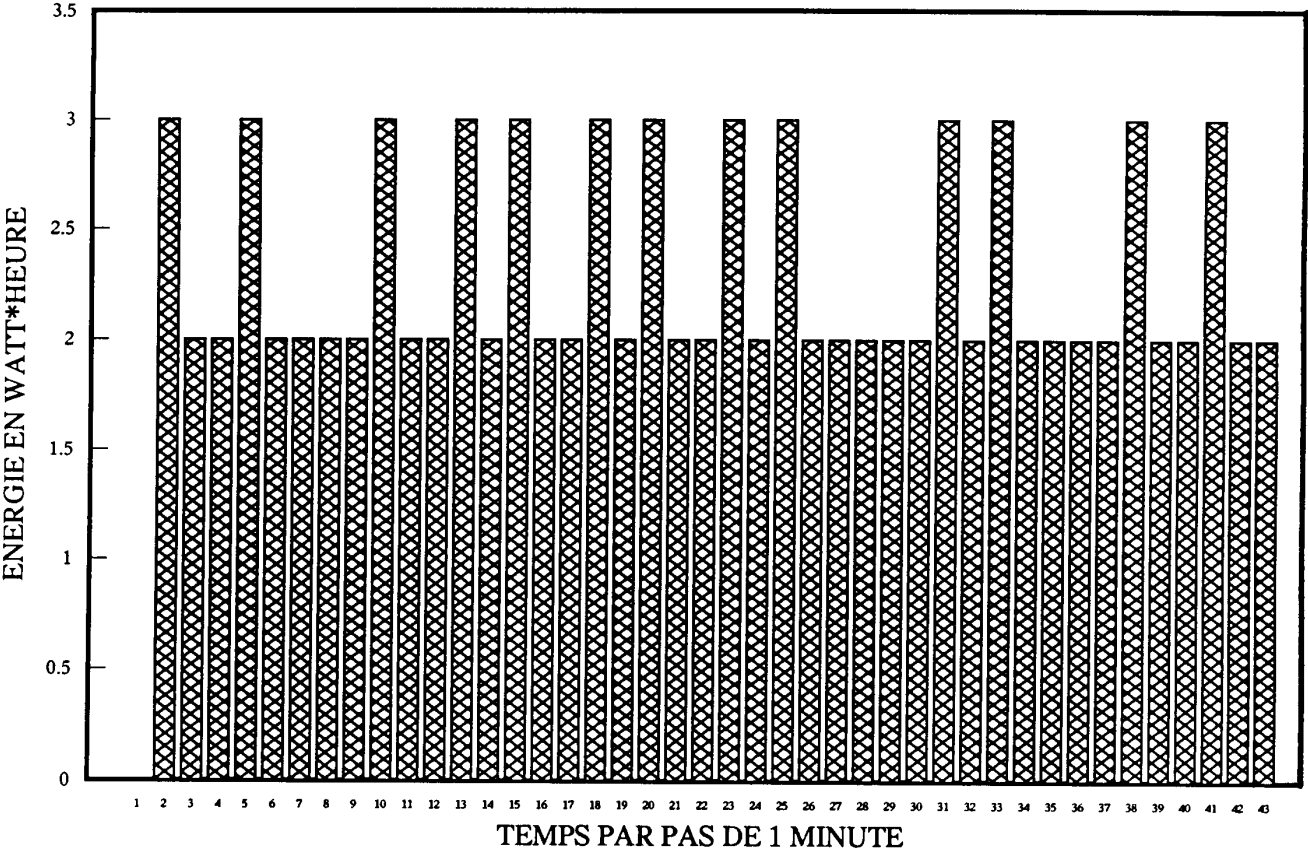
HUMIDIFICATION/DESHUMIDIFICATION										RAVEL Projet 11.54	
Procédé : Humidificateur à vapeur froide			Installation : local T+T								
Objet : ZYMA			Volume ventilé : 119 m ³								
Lieu : Nyon			Surface ventilée : 43 m ²								
Date : avril 1991			Fonctionnement : satisfaisant								
Données techniques et mesures :											
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P $\begin{matrix} \text{W/m}^2 \\ \text{[kW]} \end{matrix}$		h _b	Energie Totale	Thermique	Electrique	Grandeurs caractéristiques
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	W/m ²	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	V = 150 [m ³ /h] T = 21 [°C] hr = 53 [%]
	10,5	3,8	~9	~0,03	0,14	3,2	- 4000	134	121	13	P0 = 0 [W/m ²] Ha = 8760 [h/a] Pm = 15 [W/m ²] Pmax = 12 [W/m ²] fb = 0,4 [-] E _{RN} = 13 [kwh/m ²]
Grandeurs théoriques :											
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P		h _b	Energie Totale		E _{RN} Electrique	P _i
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	W/m ²	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	[W/m ²]
Remarques : Litres d'eau estimés											

ASOV	Diagramme h, x pour air humide		$p = 950 \text{ mbar}$	$H = 540 \text{ m alt.}$	Date:
	Doss. No:	No de comm.	Chargé d'affaire:		Feuille:
	Objet: humidificateur à vapeur froide				
	Client: Zyma local T+T				



ZYMA LOCAL T+T BATIMENT 1

HUMIDIFICATEUR DEFENSOR PH26

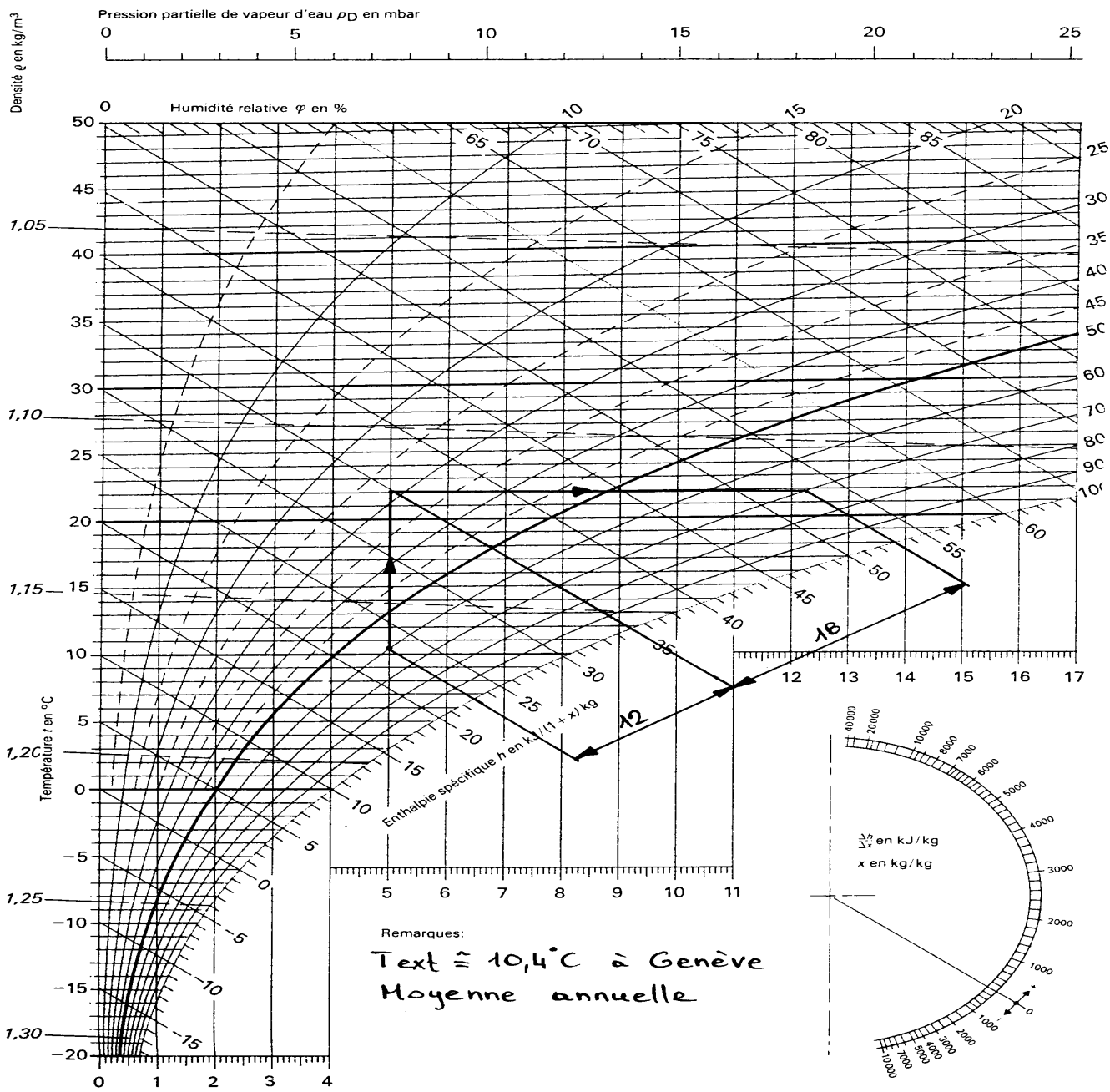


FICHE TECHNIQUE: HUMIDIFICATION

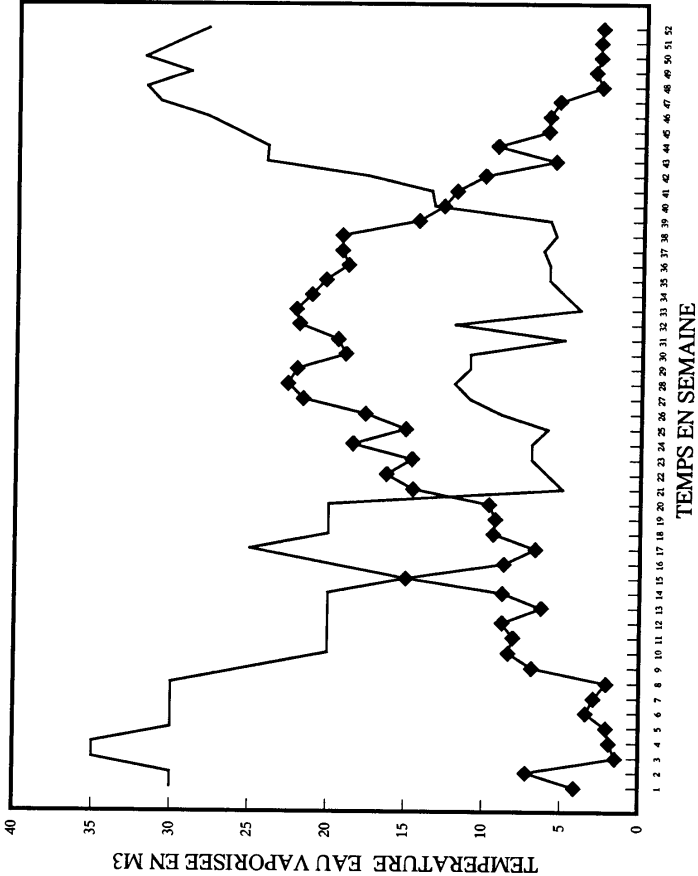
Type d'installation	Chaudière à vapeur électrique
Lieu de mesure	SCIENCES 111 - sous-sol
Température	20 - 24 °C
Taux d'humidité	60 - 80 %
Débit d'air m3/h	34'000
Surface de plancher	M21'030
Volume humidifié m3	3300
Taux de renouvellement d'air	10,3
Description des locaux	Animalerie comprenant rats, grenouilles, sauterelles, microscopes électroniques etc.
Description de l'installation	1/3 d'air neuf, 2/3 d'air repris, récupérateur de chaleur
Fonctionnement	Satisfaisant. La régulation se fait par cascade: deux gaines, une humide (60%) et une très humide (80%)
Besoin en humidification	De cas en cas
Remarque	Grosses dépenses énergétiques en électricité. Economie possible par diminution du taux de renouvellement d'air.

HUMIDIFICATION/DESHUMIDIFICATION											RAVEL Projet 11.54	
Procédé : chaudière électrique à vapeur Objet : SCIENCES III Lieu : Genève Date : 1991				Installation : laboratoires et animalerie Volume ventilé : 3300 m ³ Surface ventilée : 1030 m ² Fonctionnement : satisfaisant								
Données techniques et mesures :												
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P 		h _b	Energie Totale		Thermique	Electrique	Grandeurs caractéristiques
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	[W/m ²]	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a		V = 34.000 [m ³ /h] T = 22 [°C] hr = 60 ÷ 80 [%]
par année	33	10,3	~18	0,11	86	83	~6000	≥ 501	—	501		P ₀ = 0 [W/m ²] H _a = 8760 [h/a] P _m = 57 [W/m ²] P _{max} = 199 [W/m ²] f _b = 0,3 [-] E _{RN} = 501 [kwh/m ²]
Grandeurs théoriques :												
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P		h _b	Energie Totale		Thermique	E _{RN} Electrique	P _i
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	[W/m ²]	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	[W/m ²]	
Remarques: installation récente prévue pour une extension des volumes ventilés Environ 700.000 litres d'eau/an pour l'humidification ! (Au minimum) Consommation réelle plus importante. Problèmes avec la régulation en 1991.												

ASGV	Diagramme h, x pour air humide			$p = 950 \text{ mbar}$	$H = 540 \text{ m alt.}$	Date:
	Doss. No:	No de comm.	Chargé d'affaire:		Feuille:	
	Objet: SCIENCES III sous-sol laboratoires et animalerie					
	Client:					



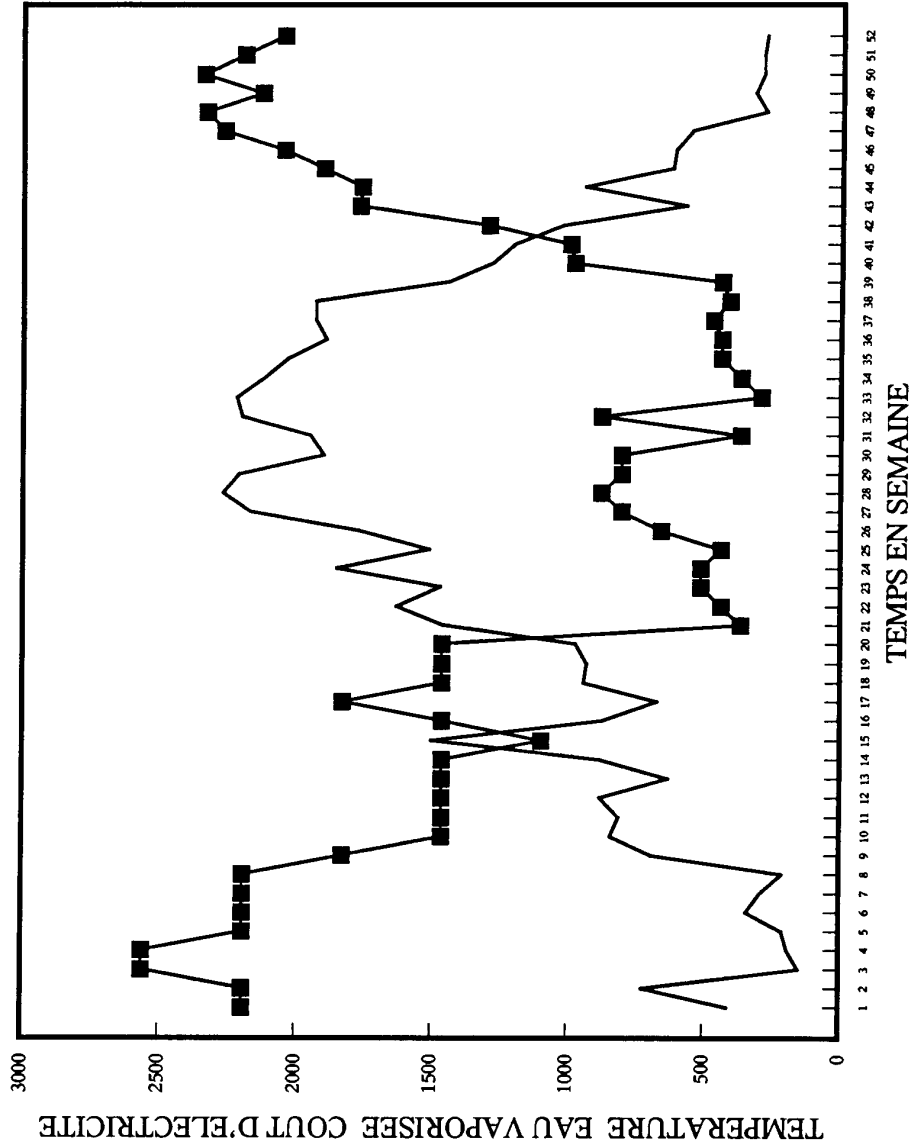
CHAUDIERE ELECTRIQUE A VAPEUR
SCIENCES III GENEVE



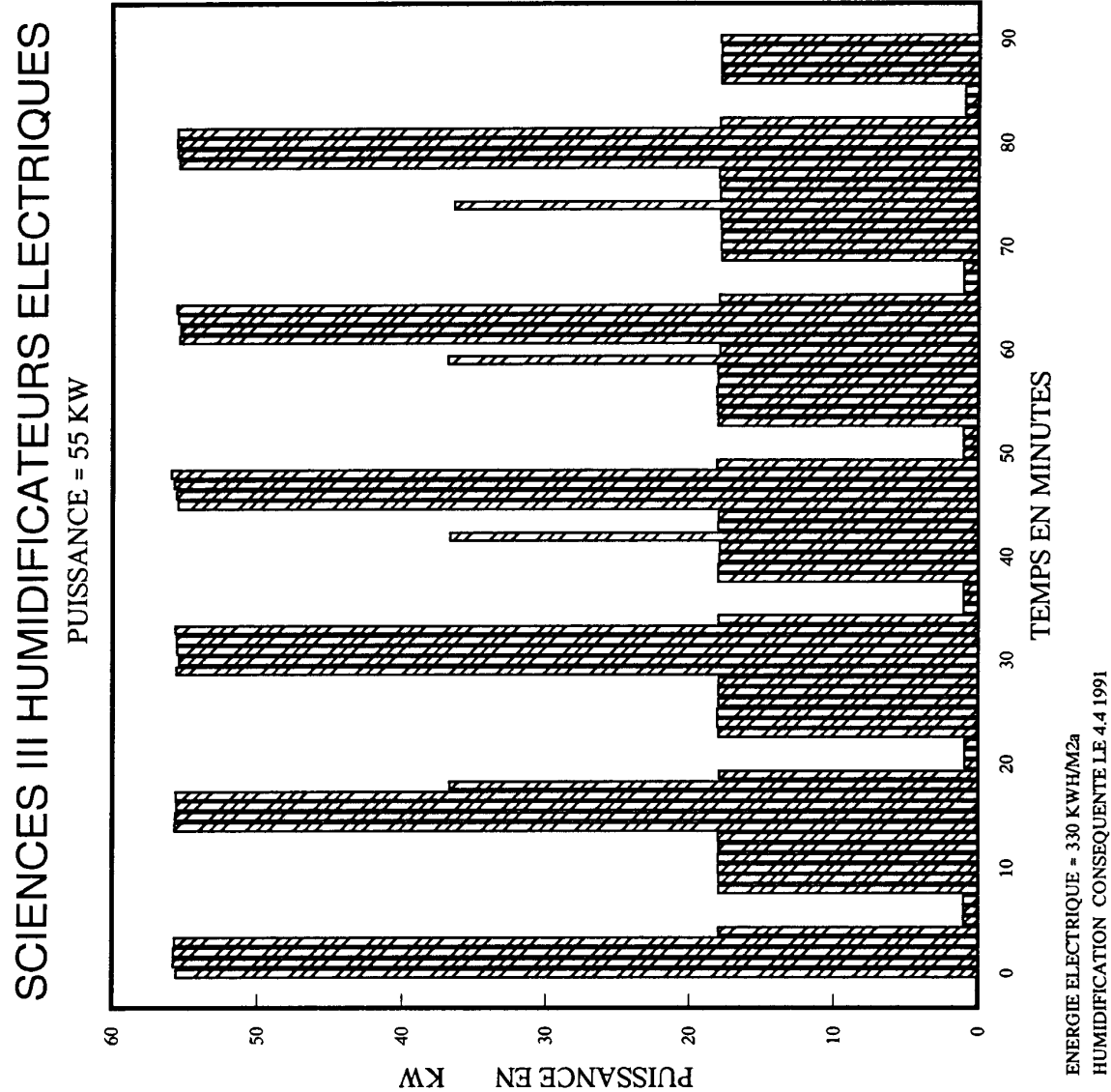
ENERGIE ELECTRIQUE = 725000 KWH/AN
RAVEL CONTI-HERMAN SA M.BOREL 15.12.1991

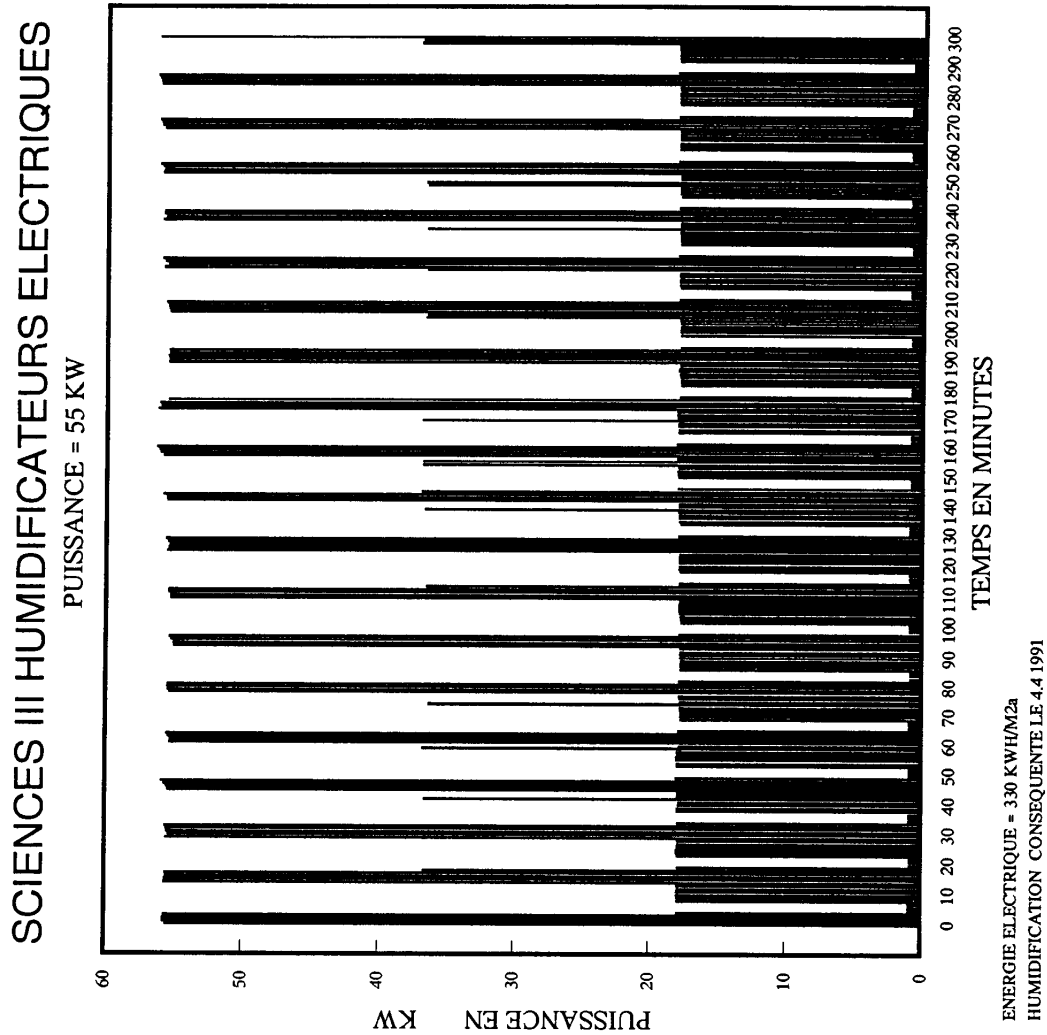
CHAUDIERE ELECTRIQUE A VAPEUR

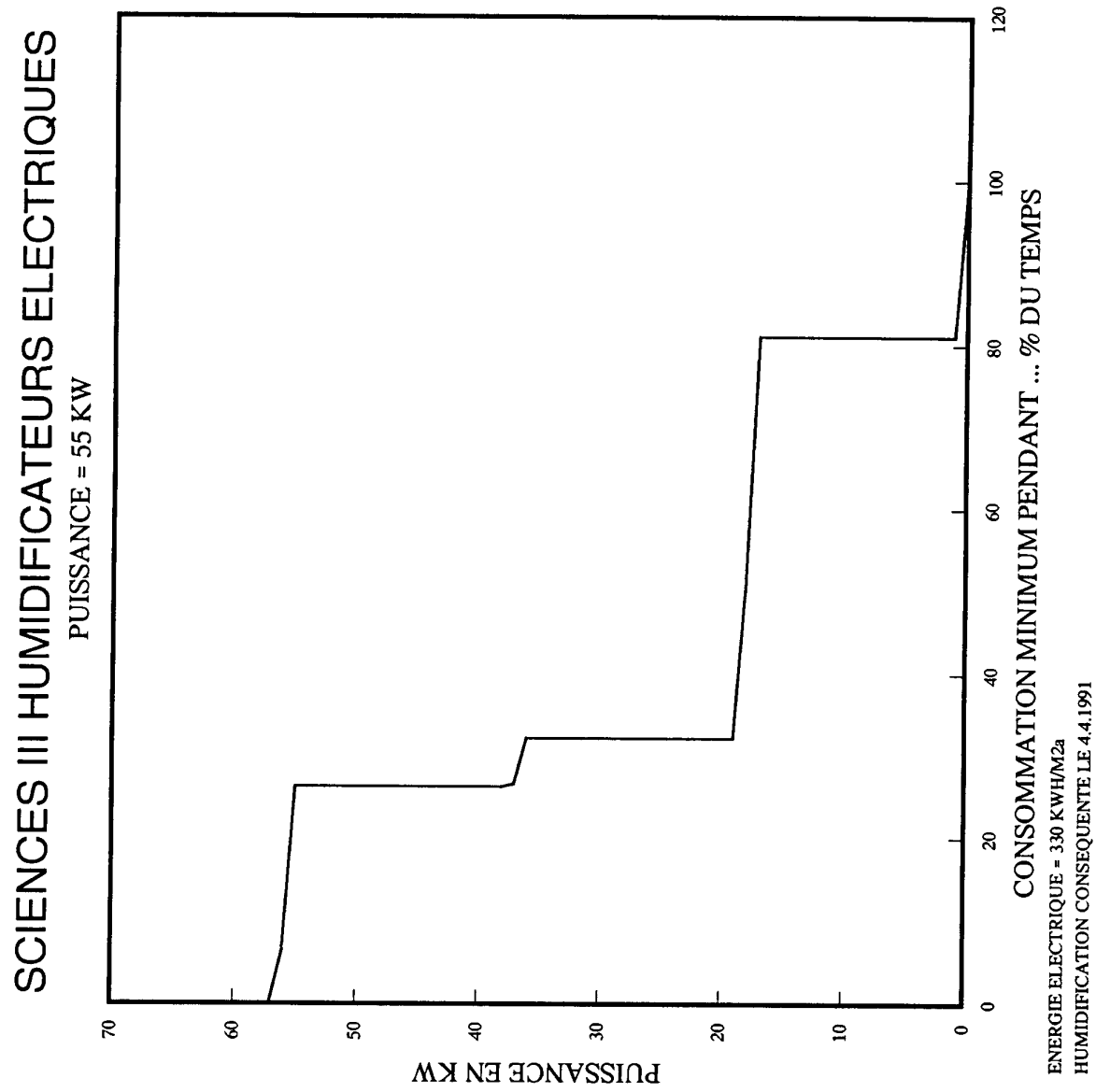
SCIENCES III GENEVE



■ COUT EN ELECTRICITE EN FRANCS — TEMPERATURE EN DEGRE *100
ENERGIE ELECTRIQUE = 725000 KWH/AN
RAVEL CONTI-HERMAN SA M.BOREL 15.12.1991

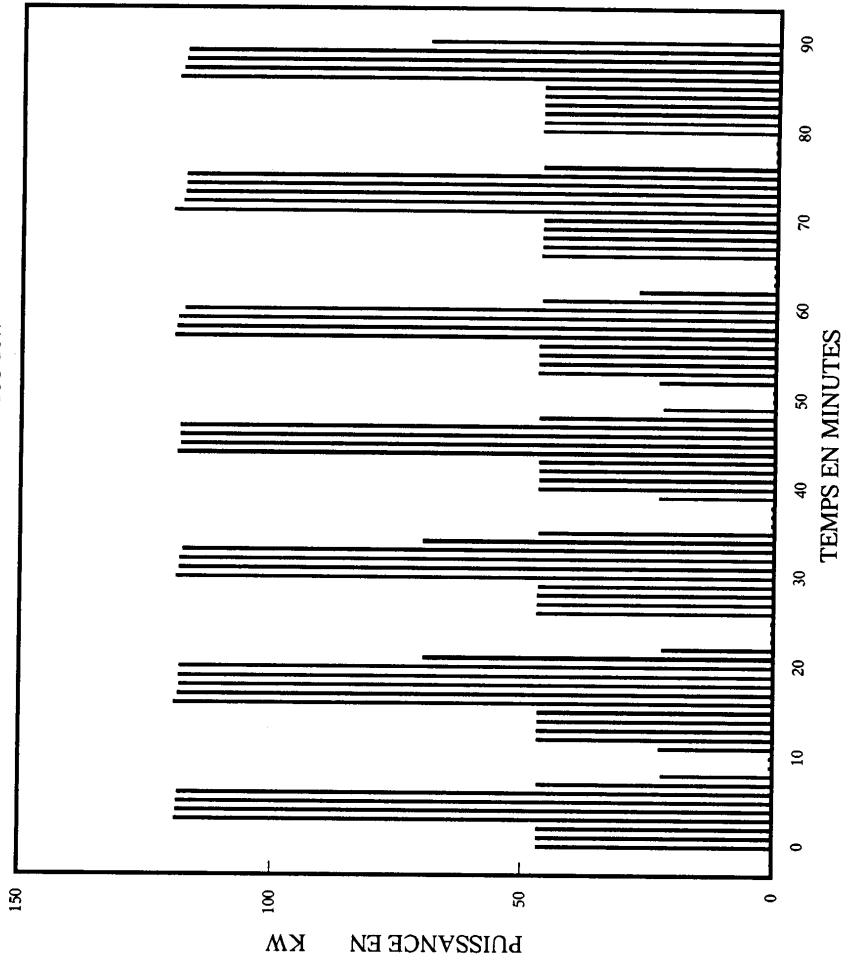






SCIENCES III HUMIDIFICATEURS ELECTRIQUES

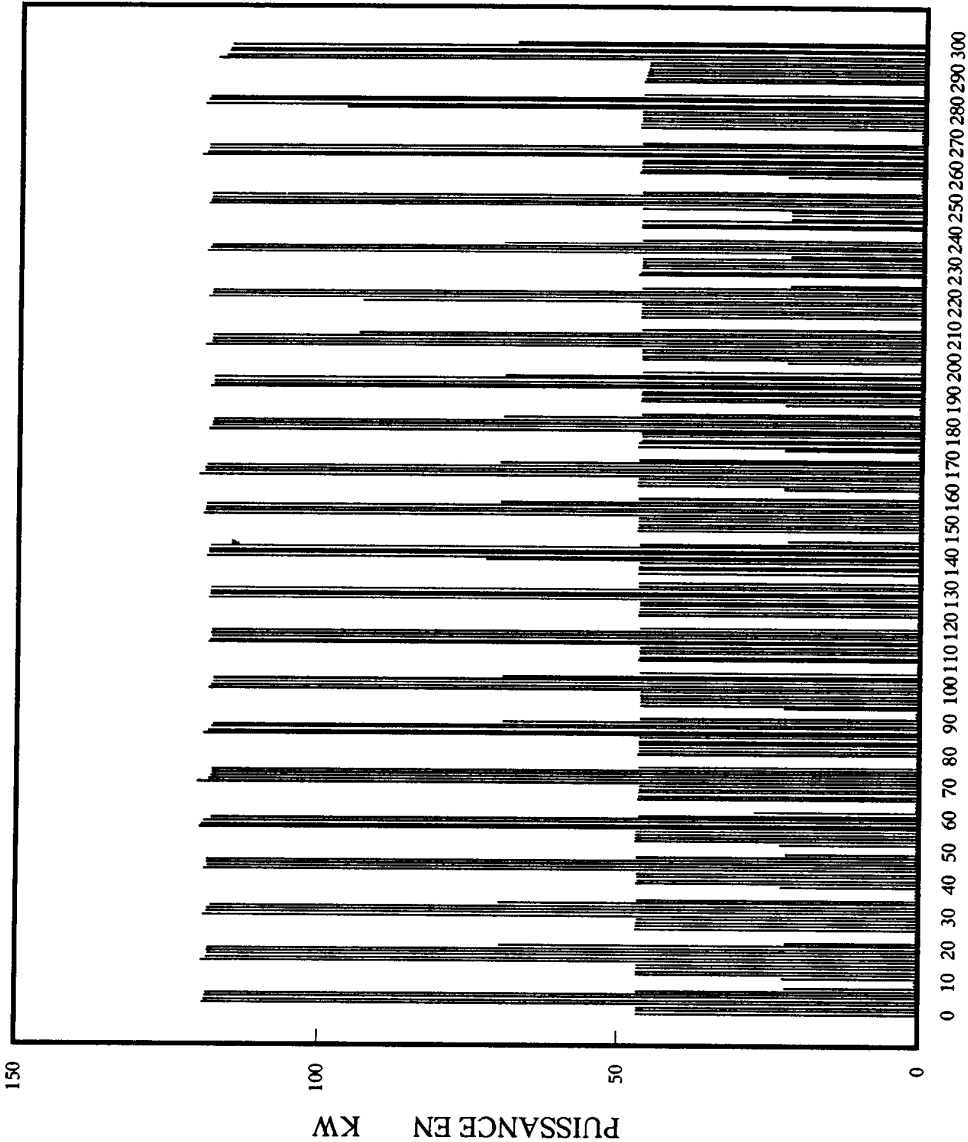
PUISSANCE = 155 KW



ENERGIE ELECTRIQUE = 660 KWH/M2a
HUMIDIFICATION CONSEQUENTE LE 4.4.1991

SCIENCES III HUMIDIFICATEURS ELECTRIQUES

PUISSANCE = 155 KW

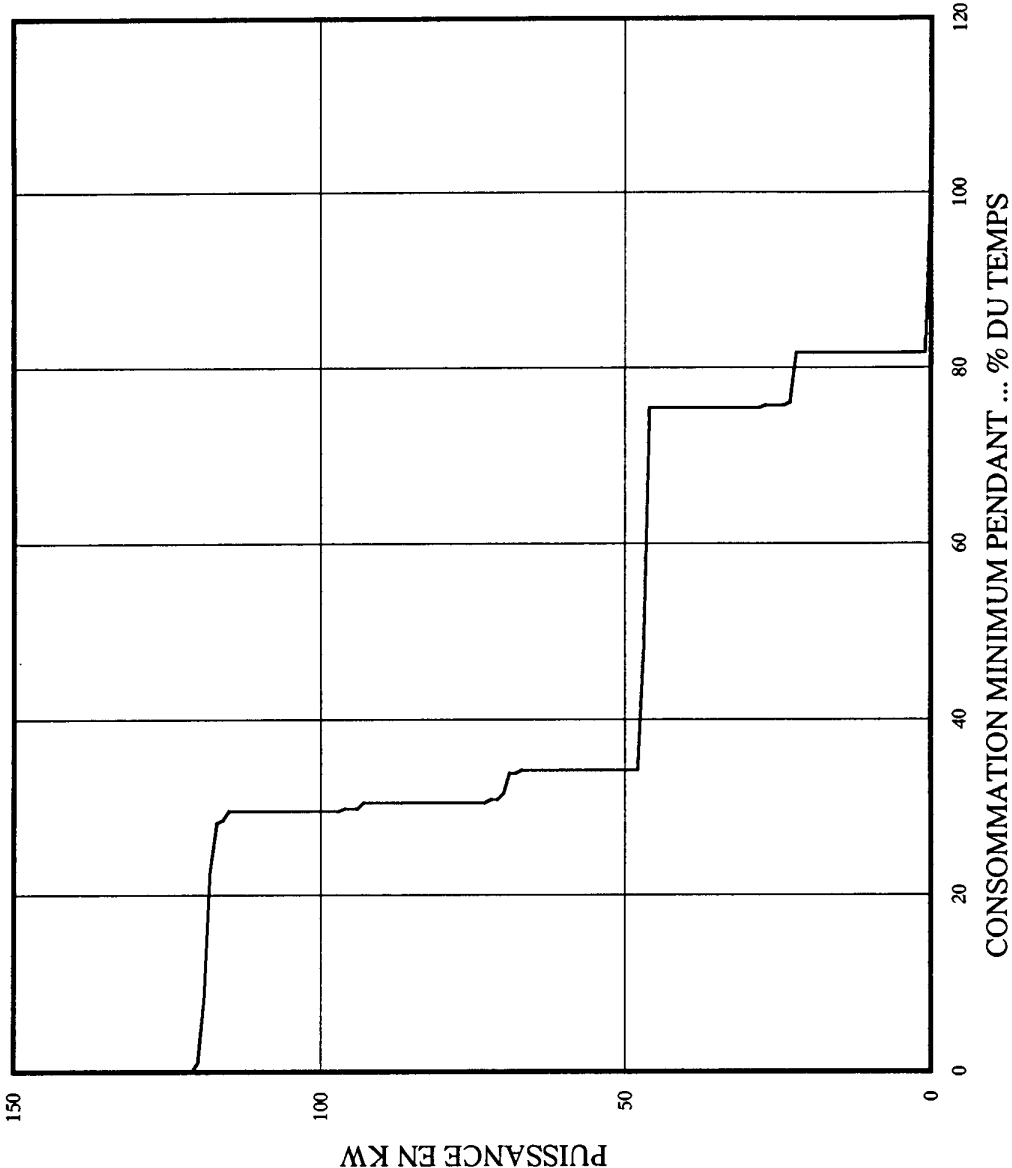


TEMPS EN MINUTES

ENERGIE ELECTRIQUE = 660 KWH/M2a
HUMIDIFICATION CONSEQUENTE LE 4.4.1991

SCIENCES III HUMIDIFICATEURS ELECTRIQUES

PUISSANCE = 155 KW

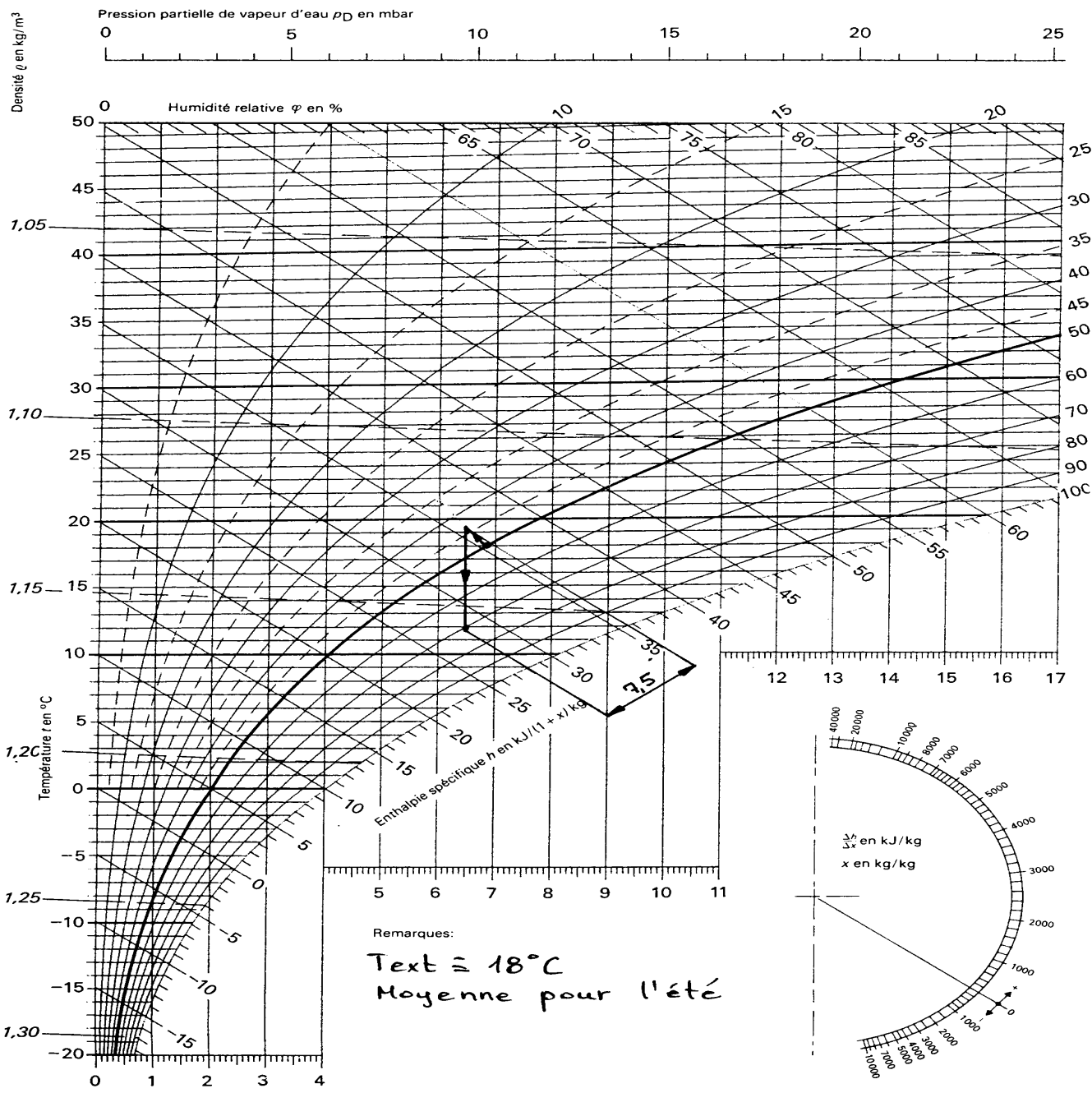


ENERGIE ELECTRIQUE = 660 KWH/M2a
HUMIDIFICATION CONSEQUENTE LE 4.4.1991

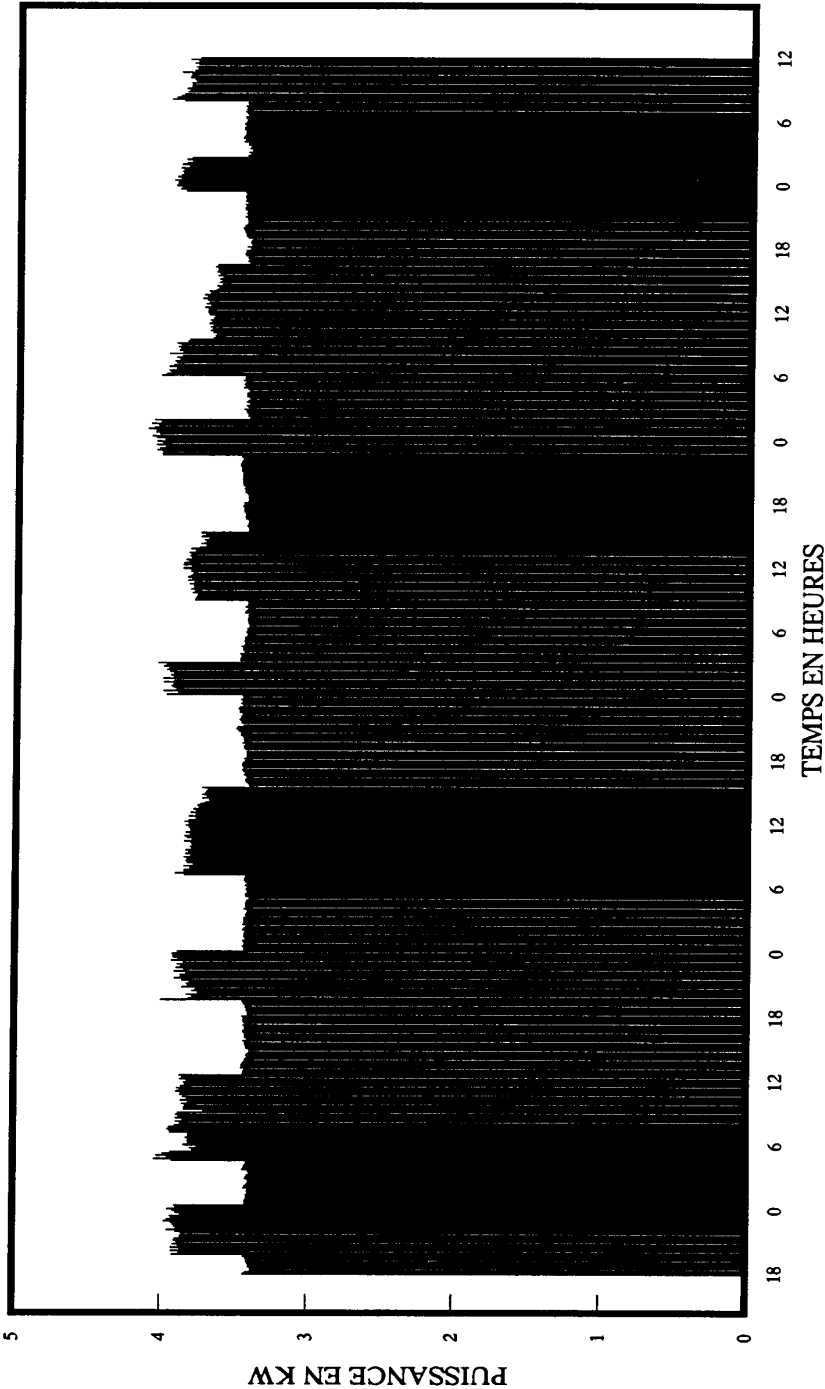
Type d'installation	Déshumidificateur à absorption
Lieu de mesure	Réservoir de Bernex - Genève
Température	12 °C
Taux d'humidité	70 %
Débit d'air m/h	1'200
Surface de plancher	M2302
Volume humidifié M ³	1'600
Taux de renouvellement d'air	0,75
Description des locaux	Local avec réserve d'eau froide
Description de l'installation	Déshumidificateur à absorption : 20% d'air neuf et 80% d'air repris
Fonctionnement	Satisfaisant. Contrôle une fois par an.
Besoin en déshumidification	Surtout en été
Remarque	Dépenses énergétiques assez importantes. Peu d'amélioration possible, fortement dépendantes des conditions locales.

HUMIDIFICATION/DESHUMIDIFICATION											RAVEL Projet 11.54
Procédé : Déshumidificateur à absorption			Installation : galerie sous-sol								
Objet : Réservoir			Volume ventilé : 1600 m ³								
Lieu : Bernex / GE			Surface ventilée : 302 m ²								
Date : été 1991 / automne 1991			Fonctionnement : satisfaisant								
Données techniques et mesures :											
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P ⚡		h _b	Energie Totale	Thermique	Electrique	Grandeurs caractéristiques
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	W/m ²	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	V = 600 [m ³ /h] T = 12 [°C] hr = 30 [%]
	2,0	0,4	7,5	0,006	3,6	11,9	~4000	67	19	48	P ₀ = 0 [W/m ²] H _a = 8,360 [h/a] P _m = 5,5 [W/m ²] P _{max} = 18 [W/m ²] t _b = 0,3 [-] E _{RN} = 48 [kwh/m ²]
Grandeurs théoriques :											
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P		h _b	Energie Totale		E _{RN} Electrique	P _i
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	W/m ²	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	[W/m ²]
Remarques :											

ASCH	Diagramme h, x pour air humide		$p = 950 \text{ mbar}$	$H = 540 \text{ m alt.}$	Date:
	Doss. No:	No de comm.	Chargé d'affaire:		Feuille:
	Objet: Deshumidificateur à absorption				
	Client: Réservoir de Bernex				



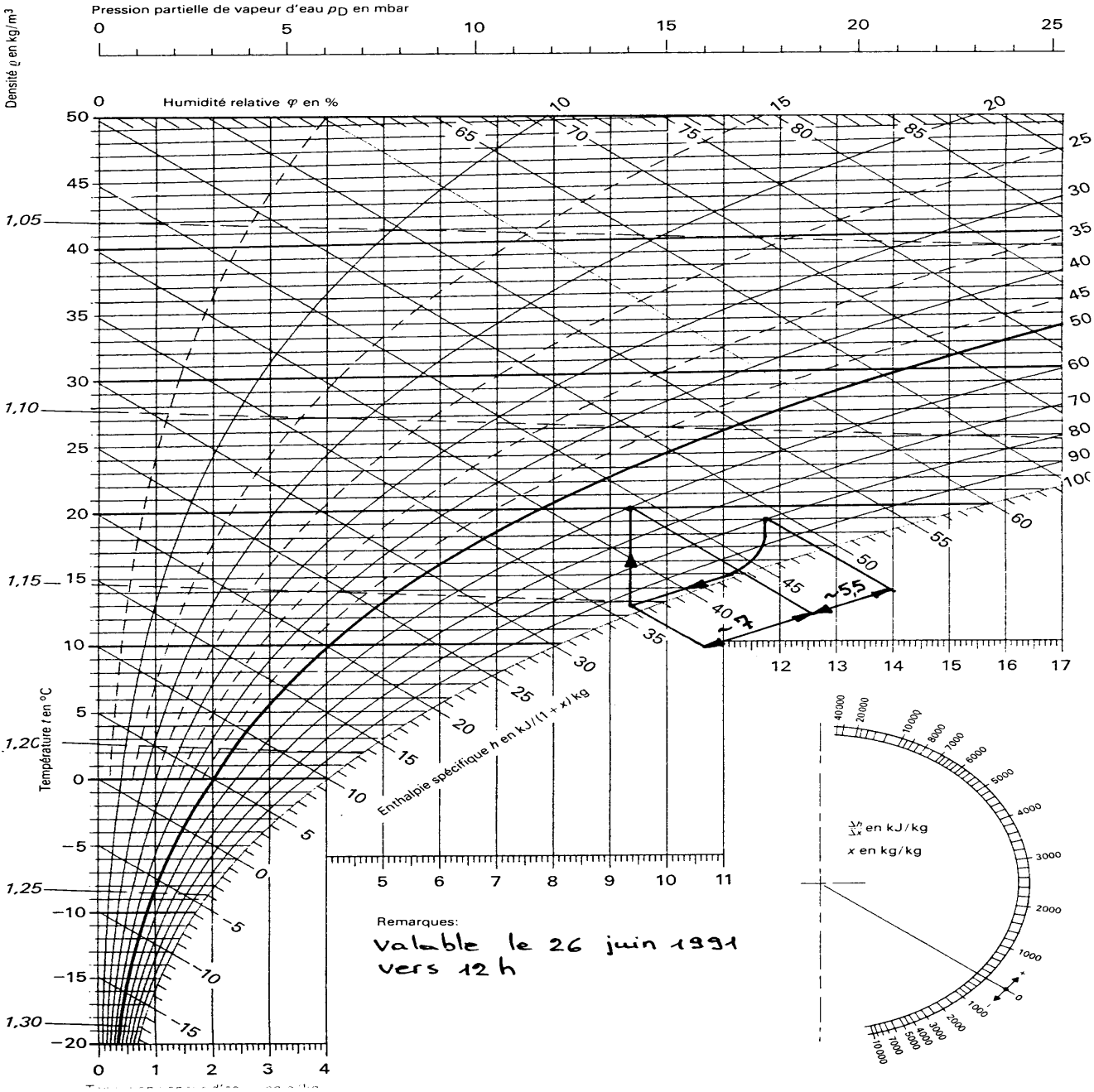
DESHUMIDIFICATEUR A ABSORPTION
RESERVOIR DE BERNEX



MESURE DU 17 AU 21 OCTOBRE 1991
DESHUMIDIFICATION MOYENNE

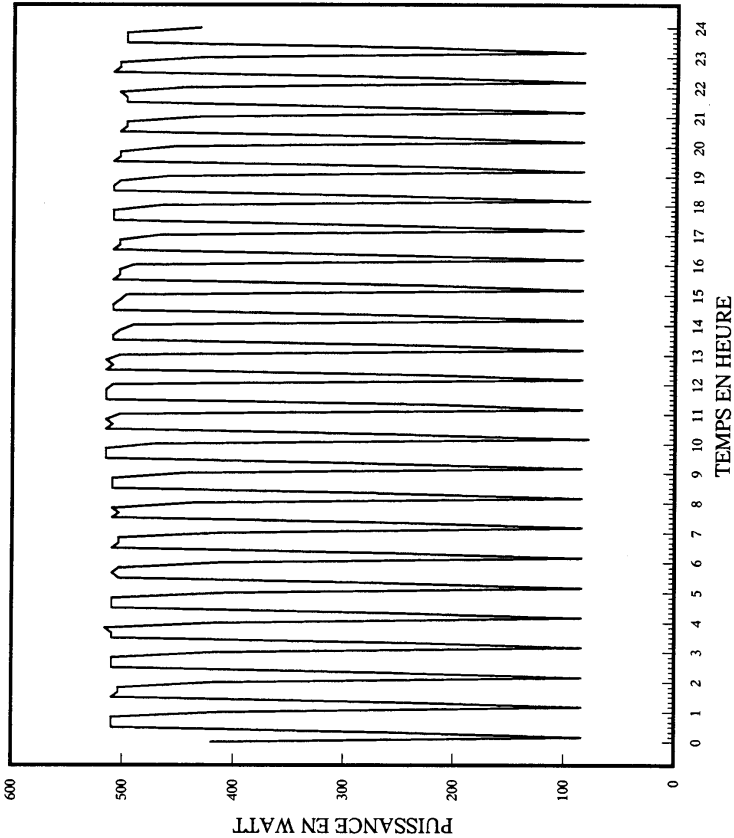
Type d'installation	Déshumidificateur à condensation
Lieu de mesure	Haut-Crêts - Cologny/Genève
Température	20 °C
Taux d'humidité	60 - 70 %
Débit d'air m ³ /h	80
Surface de plancher	M240
Volume humidifié M ³	100
Taux de renouvellement d'air	0,8
Description des locaux	Conduites d'eau froide pour alimentation en eau
Description de l'installation	Petit appareil individuel
Fonctionnement	Très satisfaisant, réglable facilement
Besoin en déshumidification	Pour éviter la condensation et la corrosion. Nécessaire en été surtout
Remarque	Dépenses énergétiques modérées. Peu d'améliorations possibles, fortement dépendantes des conditions locales.

	Diagramme h, x pour air humide			$p = 950 \text{ mbar}$	$H = 540 \text{ m alt.}$	Date:
	Doss. No:	No de comm.	Chargé d'affaire:		Feuille:	
	Objet: Réservoir Hauts Crêts Déshumidificateur à condensation					
	Client:					



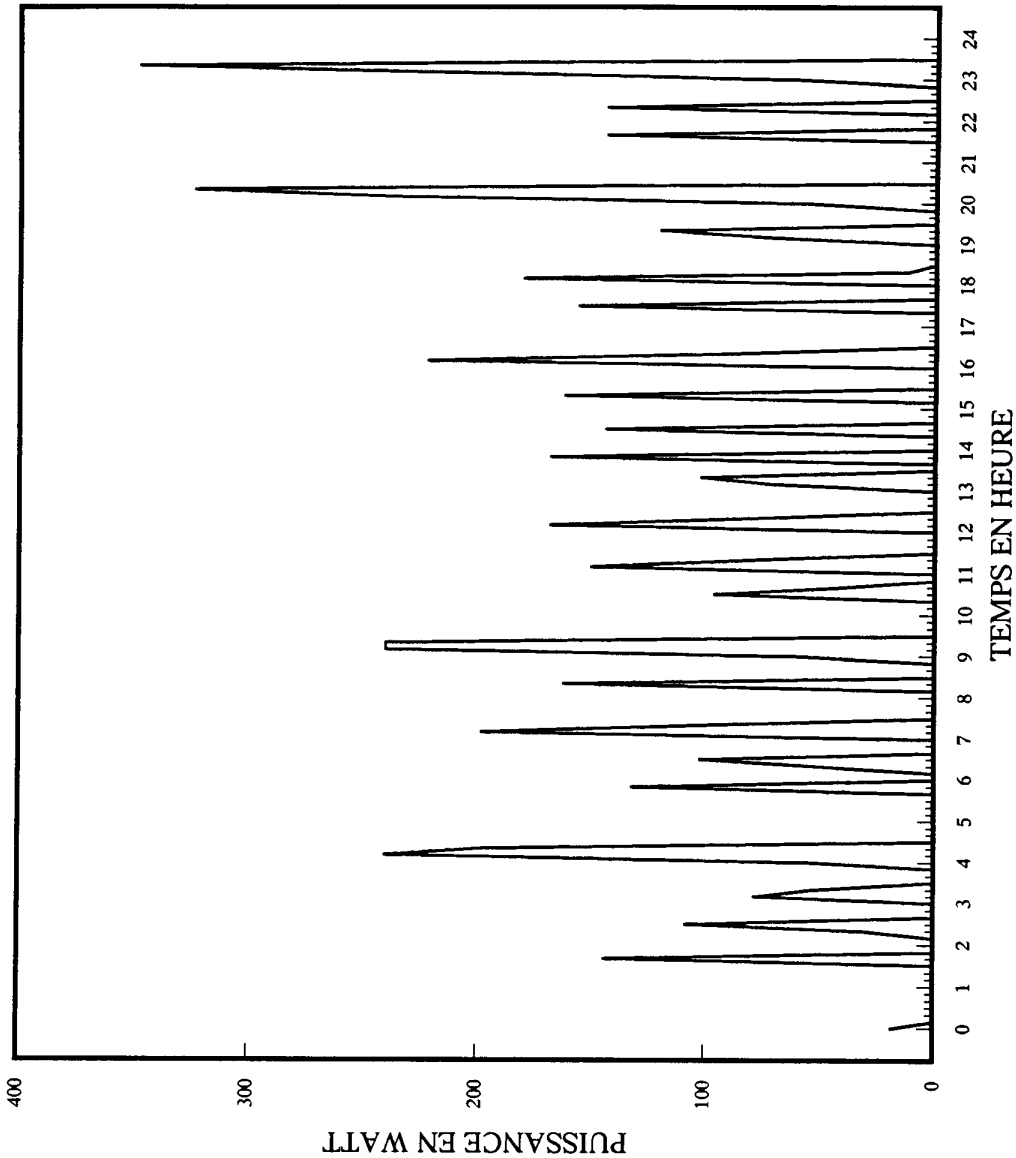
HUMIDIFICATION/DESHUMIDIFICATION										RAVEL Projet 11.54	
Procédé : Déshumidificateur à condensation			Installation : local pompage								
Objet : Réservoir et station pompage			Volume ventilé : 100 m ³								
Lieu : Hauts-Crêts Cologny/GE			Surface ventilée : 40 m ²								
Date : 26-28 juin 1991			Fonctionnement : satisfaisant								
Données techniques et mesures :											
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P $\frac{W}{m^2}$		h _b	Energie Totale	Thermique	Electrique	Grandeurs caractéristiques
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	[W/m ²]	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	V = 80/250 [m ³ /h] T = 20 [°C] hr = 70-60 [%]
Hr = 60%	2	0,8	~7	0,008	0,4	92	~5000	119	70	49 *	P ₀ = 0 [W/m ²] H _a = 8760 [h/a] P _m = 5,6 * [W/m ²] P _{max} = 16,5 [W/m ²] f _b = 0,3 [-] E _{RN} = 49 [kwh/m ²]
Hr = 70%	2	0,8	—	0,0004	0,04	10	~3000	3	—	3	
Grandeurs théoriques :											
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P		h _b	Energie Totale		E _{RN} Electrique	P _i
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	[W/m ²]	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	[W/m ²]
Remarques : Le débit de 250 m ³ /h est celui de l'appareil Le renouvellement d'air est estimé à 80 m ³ /h											

DESHUMIDIFICATEUR A CONDENSATION
GENEVE HAUTS CRETS



ENERGIE ELECTRIQUE = 43 KWH/M2a
DESHUMIDIFICATION CONSEQUENTE

DESHUMIDIFICATEUR A CONDENSATION
GENEVE HAUTS CRETS

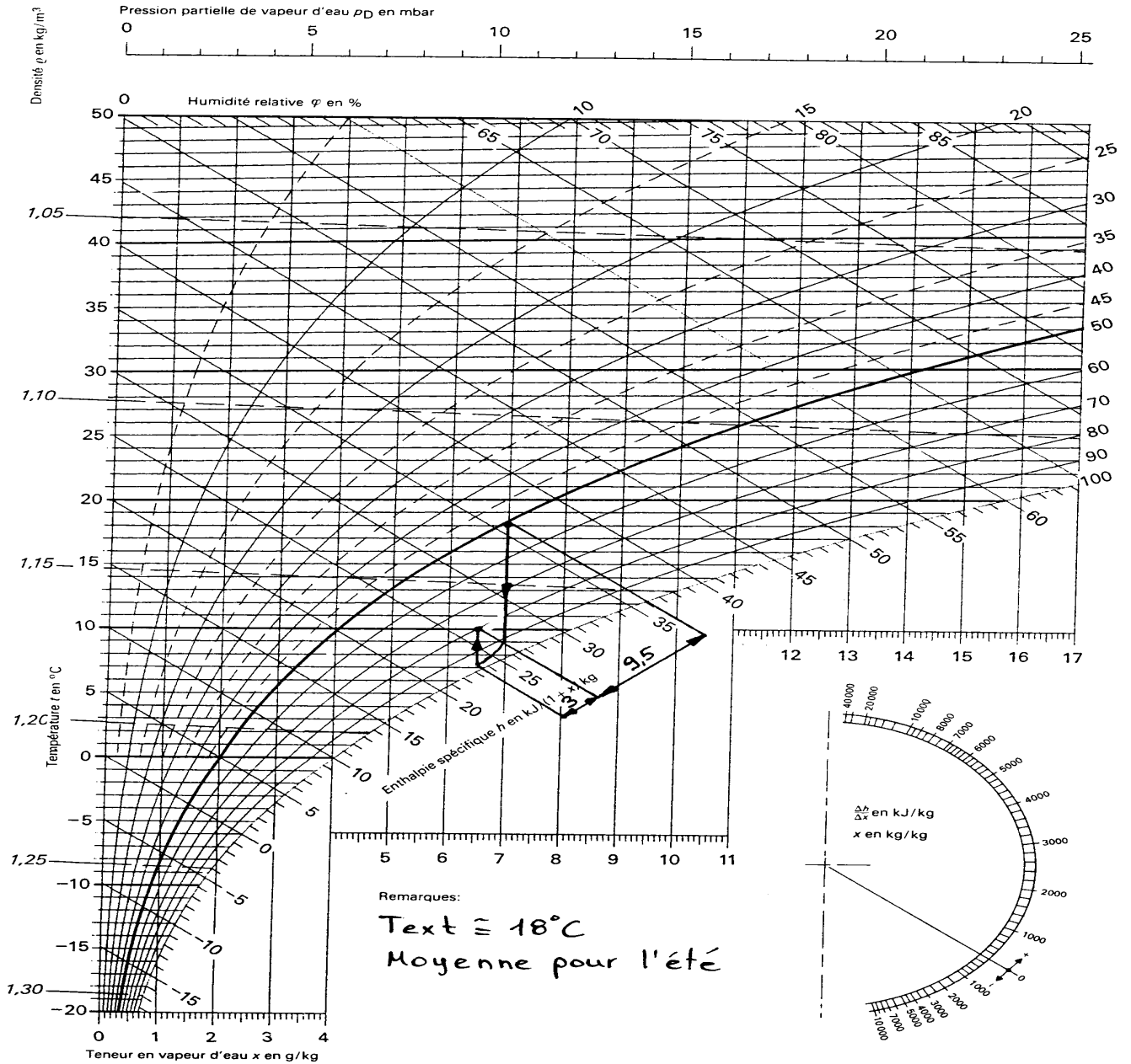


ENERGIE ELECTRIQUE = 6 KWH/M2a
DESHUMIDIFICATION MODEREE

Type d'installation	Déshumidificateur à condensation
Lieu de mesure	Bellevue - Genève
Température	10 °C
Taux d'humidité	80%
Débit d'air m3/h	590
Surface de plancher	M2190
Volume humidifié M ³	990
Taux de renouvellement d'air	0,6
Description des locaux	Réservoir d'alimentation en eau potable avec conduites
Description de l'installation	Déshumidificateur au Fréon R12, à condensation. Appareil individuel
Fonctionnement	Vieux d'environ 10 ans, l'appareil a un fonctionnement catastrophique, dû à des pertes de Fréon et une maintenance quasi inexistante
Besoin en déshumidification	Pour éviter la condensation et la corrosion. Nécessaire surtout en été
Remarque	Lors de notre visite l'appareil fonctionnait environ 24h sur 24 avec un rendement proche de 0 %

HUMIDIFICATION/DESHUMIDIFICATION										RAVEL Projet 11.54	
Procédé : Déshumidificateur à condensation			Installation : Conduites d'alimentation								
Objet : Réservoir de Bellevue			Volume ventilé : 990 m ³								
Lieu : Bellevue / Genève			Surface ventilée : 190 m ²								
Date : été 1991			Fonctionnement : mauvais								
Données techniques et mesures :											
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P ⚡		h _b	Energie Totale	Thermique	Electrique	Grandeurs caractéristiques
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	W/m ²	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	V = 590 [m ³ /h] T = 10 [°C] hr = 80 [%]
	3,1	0,6	—	0	1,5	7,9	8760	69	—	69	P ₀ = 0 [W/m ²] H _a = 8360 [h/a] P _m = 3,6* [W/m ²] P _{max} = 7,9 [W/m ²] f _b = 0,46 [-] E _{RN} = 32* [kwh/m ²]
Grandeurs théoriques :											
Description	Vs	N	Variation d'enthalpie	Litre d'eau par m ² /h	P		h _b	Energie Totale		Thermique	P _i
	[m ³ /hm ²]	[1/h]	dh [KJ/kg]	[kg/m ² /h]	[kW]	W/m ²	[h/a]	kwh/m ² a	kwh/m ² a	kwh/m ² a	[W/m ²]
	3,1	0,6	3	0,001	1,5	7,9	~4000*	44	42	32*	
Remarques :											

	Diagramme h, x pour air humide		$p = 950 \text{ mbar}$	$H = 540 \text{ m alt.}$	Date:
	Doss. No:	No de comm.	Chargé d'affaire:		Feuille:
	Objet: Déshumidificateur à condensation				
	Client: Station de Bellevue				



Nouveau, dès septembre 1993
Le manuel RAVEL
"L'ELECTRICITE A BON ESCIENT"

L'ensemble des connaissances de base, un fil conducteur
pratique pour l'utilisation rationnelle de l'électricité

Livre d'environ 330 pages, comprenant de nombreux graphiques et tableaux, format de 16 x 24 cm, relié
Prix: env. Fr. 75.-

ISBN 3-905233-12-6
ISBN 3-7281-1880-3 (Edition
originale)

Le manuel RAVEL est le résumé le plus récent et le plus complet du savoir-faire sur l'utilisation intelligente de l'électricité. Pratiquement tous les domaines sont étudiés. Plus de 40 auteurs montrent où et comment l'électricité peut être utilisée plus judicieusement. Les connaissances, les suggestions et les recommandations sont présentées pour chaque application particulière. Pour qui veut utiliser l'électricité à bon escient, des explications claires répondent à des questions du genre: que doit-on prendre en considération lors de la planification ou de l'exploitation d'un bâtiment, d'une machine ou d'une installation? Quels sont les potentiels d'économie? Quelles sont les solutions existantes? Le manuel RAVEL contient une série d'aide-mémoires qui facilitent et assurent la planification de solutions économes en électricité. Des méthodes de diagnostic permettent de juger de la qualité énergétique des équipements existants. La diversité des présentations favorise un travail interdisciplinaire dans le domaine de l'organisation, de la planification, de la production, de l'exploitation, de l'évaluation des investissements et du conseil en énergie.

Commandes c/o
Programme d'action
Construction et énergie
Daniel Notter
LESO-EPFL
Case postale 12
1000 Lausanne 15
FAX 021/693 27 22

Que sont les «Programmes d'impulsions»

de l'Office fédéral

des questions conjoncturelles?

Le Parlement a approuvé un crédit de 57 millions de francs destiné au programme d'action «Construction et énergie». D'une durée de 6 ans, ce programme de formation continue permettra de diffuser des connaissances nouvelles dans les 3 domaines importants suivants: l'entretien et la rénovation des constructions, l'utilisation rationnelle de l'électricité et le développement des énergies renouvelables. Toutes les actions entreprises dans ce cadre se font en étroite collaboration avec l'économie, les hautes écoles, les organisations professionnelles et la Confédération par l'intermédiaire de l'Office fédéral des questions conjoncturelles (OFQC).

Les 3 programmes d'impulsions 1990-1995:

PI BAT - Entretien et
rénovation des
constructions

Dans la branche de la construction, on observe une tendance de plus en plus marquée pour la rénovation. Dans les années à venir, cette orientation ne pourra que se renforcer, en effet, le maintien en état du patrimoine construit demandera des efforts de plus en plus importants. Dès lors, il est indispensable de réunir et de diffuser les connaissances nécessaires à ces futures activités. Ces connaissances font actuellement cruellement défaut. Le programme PI BAT vise donc aussi bien au maintien d'importants biens socio-économiques qu'à une stimulation réelle du secteur de la construction.

RAVEL - Utilisation
rationnelle de
l'électricité

L'électricité, énergie précieuse, devrait être utilisée à bon escient. Ceci signifie aussi bien une amélioration de l'efficacité des appareils et des procédés qu'une réduction des prestations inutiles. Des projets de recherche et des études de cas ont été mis en chantier pour acquérir de nouvelles connaissances en matière d'utilisation rationnelle de l'électricité dans les bâtiments, l'industrie, les services et les ménages. Les résultats obtenus et les expériences acquises sont à la base de journées d'information et de cours. Ceux-ci doivent, à l'avenir, contribuer à assurer une solide compétence professionnelle qui permettra de satisfaire les prestations demandées par les utilisateurs, tout en réduisant leur consommation d'électricité.

PACER - Programme
d'action énergies
renouvelables

Tous les experts s'accordent à reconnaître que les énergies renouvelables peuvent contribuer de manière significative à notre approvisionnement énergétique. Pour cela, il convient toutefois de surmonter les barrières actuelles qui sont d'ordre économique, politique et psychologique. Dans ce but, le programme PACER s'efforcera de développer les techniques éprouvées qui se situent actuellement au seuil de la rentabilité économique; il s'agit en particulier de l'utilisation passive et active du solaire dans le bâtiment, de la valorisation de la biomasse et de la production d'électricité. Parallèlement une étude économique doit fournir les éléments nécessaires à l'évaluation des coûts externes, permettant ainsi d'effectuer des choix en tenant compte de l'ensemble des facteurs liés aux différentes chaînes énergétiques.

RAVEL - Publications RAVEL