

DE LA

VENTILATION ET DU CHAUFFAGE

DES HOPITAUX,

DES ÉGLISES ET DES PRISONS,

EXTRAIT DES

PAR

J.-CH.-M. BOUDIN,

Médecin en chef de l'Hôpital militaire du Roule,
Officier de la Légion d'honneur.



PARIS,

CHEZ J.-B. BAILLIÈRE,

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MÉDECINE,

Rue Hautefeuille, 19.

1854.



DE LA
VENTILATION ET DE CHAUFFAGE
DES HOPITAUX
DES EGLISES ET DES PRISONS

EXTRAIT DES

ANNALES D'HYGIÈNE PUBLIQUE ET DE MÉDECINE LÉGALE, 2^e série, 1834, tome I. Journal rédigé par MM. Adelon, Andral, Boudin, Briere de Boismont, Chevallier, Devergie, Gaultier de Claubry, Guérard, Kéraudren, Amb. Tardieu, Trébuchet, Villermé; publié depuis 1829, tous les trois mois, par cahiers de 250 pages avec planches. — Prix de l'abonnement par année, 18 francs; *franco* pour les départements, 21 francs.

A Paris, chez J.-B. Baillière, 19, rue Hautefeuille.

PARIS,
CHEZ J.-B. BAILLIÈRE,
LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MÉDECINE



ÉTUDES

SUR

LA VENTILATION ET LE CHAUFFAGE

DES HOPITAUX, DES ÉGLISES ET DES PRISONS.

Nous avons signalé, dans une série de mémoires (1), de nombreuses applications de divers systèmes de ventilation et de chauffage aux édifices publics. Cette grande question d'hygiène a réalisé, dans ces derniers temps, des progrès dont les résultats nous paraissent dignes de fixer l'attention. Dans ce nouveau travail nous insisterons particulièrement sur les dernières applications de la ventilation et du chauffage aux hôpitaux, aux églises et aux prisons.

I. — VENTILATION ET CHAUFFAGE DES HOPITAUX.

§ 1. *Hôpital Necker.*

Le cahier des charges établi par la commission de l'assistance publique de Paris, pour le chauffage et la ventilation de l'hôpital Necker, dont nous avons donné un extrait détaillé dans un de nos derniers mémoires, portait, entre autres points principaux, 1° le maintien d'une température de 15 degrés centigrades, jour et nuit, dans les salles de malades, pendant la saison froide; 2° une ventilation de 60 mètres cubes minimum, par heure et par malade, jour et nuit, pendant la saison froide; 3° la même ventilation, mais seulement pendant la nuit, durant le reste de l'année; 4° enfin, une fourniture

(1) *Études sur le chauffage, la réfrigération et la ventilation des édifices publics.* Paris, 1830. — *De la circulation de l'eau, considérée comme moyen de chauffage et de ventilation des édifices.* Paris, 1832. — *Nouvelles études sur le chauffage et la ventilation des édifices.* Paris, 1833.

quotidienne de 15 litres d'eau à 100 degrés pour chaque malade.

Nous avons rendu compte de nos expériences personnelles faites à l'hôpital Necker, dans le but, purement scientifique, de constater la température et la ventilation. Il résultait de ces expériences qu'un jour *où nous n'étions point attendu*, non seulement le thermomètre marquait 16 et même 17 degrés centigrades (1), mais encore, que l'anémomètre indiquait une *extraction* moyenne de 105 mètres cubes d'air, par malade et par heure. Mais il est évident qu'une expérience si peu prolongée ne pouvait prouver que la possibilité de l'accomplissement des conditions du cahier des charges, à un moment donné. Il restait à examiner si ces conditions étaient remplies d'une manière durable, permanente. La constatation de ce point exigeait des expériences prolongées que nous n'avions point mission d'entreprendre.

Dans le courant du mois de janvier 1853, le directeur général de l'assistance publique nomma une commission composée de MM. Combes et Péligré, membres de l'Académie des sciences, de MM. Gauthier et Huvé, architectes, et de M. F. Leblanc, répétiteur à l'école Polytechnique.

Cette commission avait à constater : 1° Si les appareils pouvaient, pendant la saison d'hiver, maintenir, dans les salles, une température ne descendant jamais au-dessous de 15 degrés centigrades durant les vingt-quatre heures ; 2° si la ventilation était assez énergique pour fournir 60 mètres cubes d'air par heure et par lit, jour et nuit, pendant la saison d'hiver ; 3° si la ventilation, durant la saison d'été, s'effectuait à raison de 60 mètres cubes par lit et par heure pendant la nuit ; 4° si la

(1) Nous croyons devoir répéter que si, dans un local *non ventilé*, une température de 15 degrés centigrades est très suffisante, même pour des malades, cette température, dans les locaux ventilés, nous paraît devoir subir une élévation proportionnelle à l'intensité de la ventilation, afin de prévenir une SENSATION de froid.

quantité d'eau chaude disponible pour le service des malades, atteignait journellement le chiffre de 2460 litres pour 164 malades, à raison de 15 litres par malade et par jour.

Nous allons donner un extrait du rapport de la sous-commission chargée d'examiner les questions dont il s'agit (1).

« Le bâtiment se compose d'un rez-de-chaussée, d'un premier et d'un second étage. Il y a, soit au rez-de-chaussée, soit à chaque étage, deux salles et deux pavillons, contenant en tout de 54 à 57 lits. Il peut y avoir au maximum 168 lits.

» M. Duvoir, qui a beaucoup perfectionné ses appareils, depuis la construction de ceux qui fonctionnent à l'hospice Beaujon, est parvenu à supprimer complètement le foyer existant dans les caves, en sorte que l'été, comme l'hiver, le chauffage de l'eau destinée à la circulation s'opère par la chaleur perdue des foyers (2) destinés aux préparations médicinales. Il en existe deux à chaque étage. *Ce n'est que pendant les grands froids qu'il devient nécessaire d'allumer le feu du foyer auxiliaire* voisin du foyer habituel.

» Pour déterminer l'appel de l'air extérieur, il existe dans les greniers une série (3) de réservoirs présentant une surface de chauffe considérable et en relation avec le système de circulation générale d'eau chaude.

» Le contact des réservoirs d'eau chaude échauffe suffisamment l'air dans la cheminée pour déterminer un appel actif de l'air expulsé des salles, qui arrive dans la cheminée par de grandes gaines qui ont reçu l'air provenant de toutes les cheminées verticales qui règnent dans les parois des salles,

(1) Cette sous-commission se composait de MM. Combes, Pélégot et F. Leblanc, rapporteur.

(2) Il faut dire *du foyer*, car il n'en existe qu'un seul.

(3) Un seul réservoir suffit en hiver; en été, lorsque le chauffage des salles n'est plus exigé, toute la chaleur perdue du fourneau à cataplasmes est dirigée vers les réservoirs, pour opérer la ventilation, devenue beaucoup plus difficile, à raison de l'élévation de la température extérieure.

6 ÉTUDES SUR LA VENTILATION ET LE CHAUFFAGE

derrière les lits des malades. L'ouverture de ces cheminées partielles par lesquelles se fait l'évacuation de l'air vicié, se trouve derrière chaque lit et au niveau du parquet. Ces cheminées ont une section à peu près carrée et d'environ 0^m,16 de côté. L'hiver, comme l'été, l'air pénètre dans les salles par des ouvertures pratiquées dans le plancher et communiquant avec l'extérieur, ainsi que par un tuyau existant au centre des poêles. Seulement, en hiver, l'air extérieur arrive chaud dans l'enceinte parce qu'il a circulé préalablement au contact des tubes d'eau chaude.

» M. Duvoir a eu la précaution de soustraire les prises d'air extérieur à l'influence de l'insolation (1). Pour le rez-de-chaussée, l'air pénètre d'abord par un bout de galerie souterraine, avant de s'engager dans les canaux horizontaux qu'il parcourt pour déboucher ensuite dans les salles. Pour les étages supérieurs, les bouches de prises d'air extérieur sont percées sur les deux faces opposées du même bâtiment, de sorte qu'elles ne peuvent subir toutes simultanément l'influence de l'insolation.

» Lorsqu'il s'est agi de procéder aux vérifications relatives à la ventilation, la commission a jugé qu'il convenait d'adopter des moyens de contrôle applicables en tout temps et sans trop de difficultés.

» Ainsi, elle s'est proposé de mesurer un assez grand nombre de fois, *non seulement la ventilation totale dans la grande cheminée d'appel, mais encore la ventilation pour chaque salle et même pour chaque lit.* De plus, elle a cru convenable de jauger non seulement l'air expulsé des salles par les cheminées verticales de ventilation partielle, mais aussi l'air entrant par les ouvertures communiquant avec les prises d'air extérieur afin de connaître l'effet des appels accidentels d'air froid par les

(1) On comprend que l'échauffement des prises extérieures par le soleil pourrait, en faisant appel à l'extérieur, s'opposer à l'entrée de l'air neuf dans les salles.



jointures des portes et des fenêtres, s'ajoutant à l'effet de la ventilation par les bouches normales d'accès d'air.

» Ainsi, l'accès extérieur de la grande cheminée d'appel a été rendu abordable et facile par une construction appropriée. On pouvait transporter rapidement l'anémomètre, à un moment donné, dans l'intérieur de cette grande cheminée pour comparer l'effet total à la somme des effets partiels obtenus presque au même moment. Des tuyaux et supports appropriés permettaient de placer l'anémomètre dans un faisceau régulier de filets fluides entrant dans les salles par les diverses bouches et sortant par les cheminées d'expulsion. Des thermomètres sensibles permettaient d'évaluer la température d'admission et de sortie de l'air dans les salles, ainsi que la température moyenne de l'enceinte. Une première série d'expériences a eu lieu pendant les mois d'hiver, en opérant à des heures différentes et dans des circonstances météorologiques différentes.

» *Ventilation générale d'hiver.* — Cette ventilation, mesurée dans la grande cheminée d'appel général, dont la section était de 2 mètres carrés au niveau où l'anémomètre était placé, a donné des nombres qui ont oscillé entre les deux limites extrêmes, 15000 à 16500 mètres cubes par heure, soit 88 à 98 mètres cubes par lit et par heure.

» La température extérieure a varié de $-2^{\circ},7$ à $+7^{\circ},2$. La température la plus élevée qu'ait présentée l'air versé dans l'enceinte à la bouche même du poêle a été de 30 à 31 degrés centigrades.

» *Ventilation partielle.* — On a procédé, et à plusieurs reprises, à des jours et heures différents, à des jaugeages partiels de l'air entrant et sortant. Le jaugeage de l'air entrant par les poêles ou par les grillages du parquet aux étages supérieurs s'est fait avec facilité.

» Le jaugeage de l'air sortant a été plus pénible à raison de la multiplicité des cheminées pratiquées dans l'épaisseur du mur et du défaut d'uniformité de section pour ces diverses

8 ÉTUDES SUR LA VENTILATION ET LE CHAUFFAGE

cheminées ; on a mesuré la section de chaque cheminée où l'anémomètre a été placé, et, d'après les résultats obtenus sur un certain nombre de cheminées, on a formé une moyenne, qui, multipliée par le nombre des cheminées de chaque salle, a donné un chiffre suffisamment exact pour le volume d'air total expulsé de la salle. *L'air sortant a constamment dépassé de beaucoup le chiffre de 60 mètres cubes par heure et par lit.* On a constaté souvent 70 à 73 mètres cubes.

» En général, les cheminées les plus éloignées de la cheminée générale d'appel débitent moins que celles qui sont le plus rapprochées. La moyenne pour chaque salle a quelquefois atteint 90 mètres cubes, par heure et par lit, et même 100 mètres cubes. Les résultats maxima correspondent aux mesures prises au rez-de-chaussée.

» *Température des salles.* — L'observation réitérée de la température dans les salles, pendant le jour, n'a jamais été inférieure à 15 degrés, même lorsque la température extérieure était inférieure à 0 degré. Elle était ordinairement maintenue à 16 degrés ; quelquefois même, et par une température extérieure de peu supérieure à zéro, on a trouvé 18 degrés à l'intérieur.

» *Volume d'eau chaude disponible.* — Le jaugeage de l'eau chaude, disponible dans une journée, a donné une quantité qui n'était pas inférieure aux 2500 litres exigibles aux termes du marché.

» *Conclusions relatives à la ventilation d'hiver et au chauffage.* — Les conditions du marché se sont trouvées remplies et même dépassées, car presque constamment la température a pu être maintenue supérieure à 15 degrés centigrades, et la ventilation notablement supérieure aussi au chiffre minimum de 60 mètres cubes, par lit et par heure, imposé par l'administration.

» *Ventilation totale d'été.* — Le jaugeage du courant d'air dans la grande cheminée d'appel général a donné en moyenne :

» 11157 mètres cubes d'air par heure, soit 69,7 mètres cubes par heure et par lit. L'expérience a été faite le matin, le feu n'étant pas poussé.

» *Ventilation partielle.* — Le jaugeage de l'air d'entrée a donné 49 à 59,2 mètres cubes par heure et par lit.

» La ventilation dans les cheminées partielles n'a pas été inférieure à 63 mètres cubes par heure et par lit, et elle a souvent atteint et même dépassé 70 mètres cubes.

» *Conclusions.* — En résumé, la commission est d'avis que les effets produits par les appareils établis à l'hôpital Necker, sous le rapport de la température à maintenir dans les salles pendant l'hiver et sous le rapport de la ventilation, satisfont aux conditions du marché, et qu'il en est de même relativement à la ventilation d'été. Les expériences relatives au jaugeage de l'eau chaude disponible pour le service des malades pendant une journée, ont démontré que les conditions du marché sont également remplies à cet égard. »

§ 2. — *Ventilation de l'hôpital d'York (Angleterre) (1).*

« Le docteur Arnott, dont les plans ont été adoptés par l'administration de l'hôpital d'York, donne la préférence à une simple force mécanique de propulsion combinée avec le tirage spontané d'une souche de cheminée, comme procurant le moyen de ventilation le plus uniforme et le plus simple. La méthode qu'il emploie pour introduire l'air dans un édifice est exactement celle, par laquelle le gaz hydrogène carboné est dirigé à travers les conduits et les tuyaux d'une ville. Pour simplifier la force motrice, il a substitué la pression d'une mince colonne d'eau, alternativement introduite et renvoyée par un robinet d'arrêt (*stopcock*), à la force d'une machine à vapeur qu'il avait employée ailleurs, et, pour utiliser la petite quantité de force obtenue de la sorte, il a

(1) Nous empruntons cette notice au *Compte rendu officiel du congrès général d'hygiène de Bruxelles.*

10 ÉTUDES SUR LA VENTILATION ET LE CHAUFFAGE

eu recours à des moyens ingénieux, afin d'éviter le frottement. C'est ainsi que la pompe qui fait pénétrer l'air dans l'hôpital, accomplit sa tâche au moyen d'un minimum de force motrice qui ne dépasse pas une fraction de la force d'un seul cheval, au lieu d'une force de vingt chevaux employée pour la ventilation de la chambre des lords. Cette pompe a marché avec la plus grande régularité, et sans avoir besoin d'autre réparation que le renouvellement accidentel de la rondelle de cuir du petit piston, et, après sept mois, le renouvellement de la tige de cuivre de la soupape à tiroir (*slide valve*), qui avait été mal établie. Elle n'a pas besoin de surveillance et n'offre aucun danger; elle n'occasionne ni poussière ni saleté, et elle fonctionne presque sans bruit. Sa force ne dépendant pas, comme celle de la plupart des autres procédés de ventilation, de la combustion, elle n'a pas pour effet de produire de la chaleur.

» La propulsion de l'air à travers la chambre où il est chauffé, et, de là, à travers l'édifice, l'emporte sur la méthode de ventilation par épuisement, en ce sens que le premier procédé tend à produire le plein plutôt que le vide, et qu'il empêche la ventilation régulière d'être interrompue par un courant anormal pénétrant par des ouvertures accidentelles. Mais, plus on évite complètement l'irruption imprévue de l'air, plus il est nécessaire de s'assurer que la quantité de l'air fournie est suffisante pour son objet. Or, l'un des principaux mérites du procédé du docteur Arnott consiste en ce que la pompe de propulsion, construite d'après le système bien connu du gazomètre, mesure exactement sa propre tâche. Le cylindre creux de cette sorte de gazomètre, qui agit comme le piston de la pompe, a 6 pieds de diamètre, et 4 1/2 pieds de profondeur; il monte et descend dans un réservoir (*water-joint*) (1), avec deux rangs de soupapes à rideau (*curtain*

(1) « Pour obvier aux intermittences momentanées de pression auxquelles une action réciproque est sujette, des soupapes suspendues (*hunging*



valves), au-dessus et au-dessous, de façon à aspirer et à expirer à chaque ascension et descente de l'arbre ; il fait ainsi circuler, à chaque double coup, 250 pieds cubes d'air dans l'édifice, en manœuvrant à raison de neuf coups par minute. Le nombre de pieds cubes qu'il donne dans cet espace de temps est de 2550, ou de 135000 par heure. Si l'on évalue le nombre des malades dans l'hôpital à 70, la quantité d'air est de 1928 pieds cubes par heure et par individu.

» Le conseil, accompagné de MM. Austen, le docteur Sutherland, Rawlinson et Ramell, ayant examiné le nouvel appareil pour la ventilation de l'hôpital d'York, et ayant consulté ses agents, a été d'avis que cet appareil et les arrangements pris pour sa mise en œuvre présentent un haut caractère d'importance, en ce qu'ils font faire un grand pas à la solution de la question d'une ventilation économique et efficace. Grâce à l'emploi de cet appareil, la ventilation d'un édifice, destiné à recevoir 1,000 personnes, ne coûtera probablement pas plus d'un shilling par jour.

» Dans le calcul des frais évalués par le conseil, on a supposé que l'eau, servant de moteur, pourrait être fournie à une hauteur de 60 pieds, au prix de 3 d. par 1000 gallons, comme dans plusieurs villes manufacturières. On a supposé aussi que l'appareil, par suite des commandes que ne manqueraient pas d'entraîner ses avantages généralement reconnus, pourrait être fabriqué à meilleur marché que le premier modèle établi à York, et que deux gazomètres pourraient être confectionnés, un à chaque extrémité de l'arbre sans augmenter le frottement, de manière à pomper une double quantité d'air. A ces conditions, et conformément à l'estimation ordinaire de la quantité nécessaire de ventilation, il suffirait, dit le procès-*shutters*) sont attachées à la chambre d'air, et agissent comme le battant tombant d'un soufflet double pour maintenir le souffle. On maintient aussi l'uniformité d'action en compensant le poids variable du gazomètre, lorsqu'il s'élève et retombe dans le réservoir à l'aide d'un poids fixé au-dessus du centre d'oscillation. »

12^e ÉTUDES SUR LA VENTILATION ET LE CHAUFFAGE

verbal, à l'approvisionnement de 1000 personnes au prix d'environ un shilling par jour.

» Mais la colonne d'eau, à l'hôpital d'York, ne dépasse pas 50 pieds; le prix de l'eau dans la localité est de 8 den. par 1000 gallons, c'est-à-dire un tiers plus élevé qu'à Londres même; et la ventilation est plus de cinq fois plus grande que celle sur laquelle on compte habituellement.

» L'appareil donne maintenant, en l'absence du tirage de la cheminée, 6 doubles coups par minute; à l'aide de ce tirage, il pourra probablement en donner 7 et demi; et comme il emploie, dans le même espace de temps, $1 \frac{1}{5}$ quart d'eau (le quart du gallon équivaut à 1,135864 litre), il pompera, en moyenne, 886 millions de pieds cubes d'air frais dans l'hôpital, en un an, pour une dépense en eau de 24 liv., déduction faite de 10 liv. pour ce qui est consommé par la cuisine et la buanderie. Cette somme, en supposant que l'eau soit ultérieurement fournie, ce qu'on peut espérer sans exagération, au prix de Londres, serait réduite à 18 liv. Le prix du coke, pour chauffer une quantité d'air proportionnée à la température requise, au moyen de deux fourneaux à eau, qui consomment ensemble, en brûlant jour et nuit, un peu moins de quatre tonnes par mois, s'élève à environ 18 liv. pour sept mois. L'appareil hydraulique, avec pompe et gazomètre, chambre d'air et quinze soupapes s'ajustant elles-mêmes pour régler l'introduction de l'air dans les salles, en même temps que quatre fourneaux à eau et 848 pieds de superficie de feuilles de cuivre, ont été fournis et appropriés moyennant une dépense de 287 liv. »

Plan de l'appareil pour la distribution d'air chaud et froid, en usage dans le nouvel hôpital du comté d'York.

- A. Échelle.
- B. Conduit d'air chaud.
- C. Boîtes de cuivre.
- D. Chaudière chauffée à l'aide d'un foyer se réglant de lui-même d'après le procédé du docteur Arnott.

- E. Soupapes pour régler la quantité d'air à distribuer.
- F. Portes du cendrier.
- G. Soupape de sortie.
- H. Poids de balance pour faire contre-poids au cylindre devenant plus léger quand il est immergé dans l'eau.
- I. Cylindre en action.
- K. Ressort rebondissant pour faciliter le retour du cylindre.
- L. Rainure circulaire remplie d'eau.
- L'. Soupape par laquelle l'air passe de la pompe aux boîtes.
- M. Poids servant de contre-poids au cylindre en action.
- N. Ressort rebondissant.
- P. Conduit d'air froid. L'air froid entre dans le conduit à environ la moitié de la hauteur du bâtiment; avant que l'air n'arrive dans le conduit horizontal il descend dans un conduit vertical.
- Q. Porte en communication avec les boîtes.
- R. Conduit par lequel l'air chauffé, introduit par des portes régulières sur gonds, est chassé plus ou moins fortement dans chaque étage.
- S. Porte des boîtes.
- S'. Réservoir d'approvisionnement.
- T. T. Boîtes de cuivre.
- U. Porte du conduit d'air froid.
- V. Conduit par lequel l'air pompé par le cylindre de la pompe se rend aux boîtes de cuivre pour être chauffé.
- W. Conduit d'air pour le rez-de-chaussée.

II. — VENTILATION ET CHAUFFAGE DES ÉGLISES.

Pendant longtemps les églises ont été, tantôt à raison de la viciation de leur atmosphère, tantôt par suite de leur température trop basse, un séjour plus ou moins dangereux. On a compris la nécessité de porter remède à ce mal, et, depuis quelques années, plusieurs églises de Paris ont été chauffées. Nous n'en connaissons qu'une seule qui ait reçu un appareil de ventilation; c'est l'église de la Madeleine. Les bons résultats obtenus dans cette église commencent à porter fruit; les églises de Saint-Sulpice et de Sainte-Clotilde vont être chauffées et ventilées. Nous donnons ici un extrait du registre des délibérations du conseil de fabrique de Saint-Sulpice.

14 ÉTUDES SUR LA VENTILATION ET LE CHAUFFAGE

« Le conseil de fabrique de l'église paroissiale de Saint-Sulpice, séance du 7 mars 1852, vu l'avis de la commission consultative que M. le curé avait prié de l'éclairer sur les questions d'art relatives à divers projets de chauffage et de ventilation pour l'église de Saint-Sulpice et ses dépendances; vu les soumissions et devis présentés pour cette entreprise; vu les plans à l'appui; sur le rapport de sa commission spéciale nommée dans la séance du 22 décembre 1852, arrête:

» ART. 1^{er}. Il sera procédé à l'établissement d'appareils pour la ventilation et le chauffage de l'église Saint-Sulpice et de ses dépendances.

» 2. Est acceptée la soumission, en date du 12 octobre 1852, par laquelle M. Léon Duvoir s'engage à exécuter tous les travaux et fournitures nécessaires pour la construction de conduits de ventilation, et d'un double appareil de chauffage, destinés à ventiler et à chauffer l'église Saint-Sulpice, la grande sacristie, et les deux pièces à la suite servant de vestiaire.

» 7. Est pareillement acceptée la soumission par laquelle M. Léon Duvoir offre de se charger pendant douze années consécutives, qui commenceront après l'achèvement des travaux, 1° de l'entretien annuel des appareils de ventilation et de chauffage: 2° de la ventilation et du chauffage de l'église, de la grande sacristie et des deux pièces à la suite, aux conditions suivantes:

» Il sera payé 44 fr. par jour pendant 212 jours de chaque année (à partir du 4^{er} octobre jusqu'au 31 avril) pour le chauffage du calorifère de moindre grandeur; et moyennant ce prix M. Léon Duvoir s'oblige, 1° à entretenir les appareils en bon état de conservation, et de les rendre dans le même état à l'expiration du délai de garantie; 2° à chauffer la sacristie et les pièces à la suite, à 15 degrés centigrades, depuis six heures du matin chaque jour jusqu'à la fin du service de l'église; 3° à ventiler l'église et la chauffer à 10 degrés centigrades, mais seulement tant que la température extérieure ne sera pas inférieure à 6 degrés centigrades au-dessus de zéro; 4° à faire parvenir des courants d'air chaud dans l'église, à l'aide de bouches de chaleur dépendant de cet appareil, quelle que soit la température du dehors. Toutes les fois que l'ordre en sera donné, les deux appareils seront chauffés à la fois, et, dans ce cas, il sera payé chaque jour de chauffage 25 fr. au lieu de 44 fr. stipulés ci-dessus; moyennant lequel prix de 25 fr. M. Duvoir s'oblige à tenir l'église entière chauffée constamment à 10 degrés centigrades au moins. Le grand calorifère ne pourra être allumé pour moins de huit jours chaque fois, et les 10 degrés de chaleur devront être atteints pendant le même temps. Ces prix seront payables par mois de chauffage. Le conseil de fabrique aura, sans réciprocité, la faculté de résilier le marché dont il s'agit à l'expiration des six premières années, en prévenant l'entrepreneur six mois d'avance.



» 44. Est aussi acceptée l'offre faite de tenir la salle des mariages chauffée à une température d'au moins 12 degrés centigrades et ventilée pendant le même nombre d'années, et pendant le même nombre de jours par année qu'il devra tenir allumé le petit calorifère, et ce, au prix de 1 fr. 40 cent. par jour de chauffage, mais seulement les jours de réunion, sans augmentation des prix ci-dessus fixés. Il en sera de même pour la sacristie et ses dépendances, si le conseil se décidait à voter la dépense du prolongement des conduits de ventilation nécessaires. »

III. — VENTILATION ET CHAUFFAGE DES PRISONS.

Rapport adressé au préfet de l'Aisne, par l'architecte du département, au sujet du choix d'un système de chauffage et de ventilation pour la prison cellulaire de Château-Thierry.

« Monsieur le préfet, les travaux de construction de la prison de Château-Thierry marchent avec rapidité, et il y a tout lieu d'espérer que les bâtiments seront couverts cette année; le moment est arrivé de traiter l'importante question du chauffage et de la ventilation, et, pour le faire utilement, j'ai, selon vos ordres, visité à Paris divers établissements publics où fonctionnent différents systèmes de chauffage.

Deux systèmes seulement ont pu jusqu'alors être mis en comparaison, et ont pu recevoir une application complète et appréciable : le premier appliqué à la prison Mazas se fait par immersion de la vapeur d'eau dans des réservoirs remplis d'eau; le second système, plus répandu que le premier, se fait par circulation d'eau chaude avec ventilation inhérente au chauffage.

Examen du premier système dit par immersion de vapeur.

Le chauffage des cellules est insuffisant et surtout très irrégulier : quand les cellules les plus rapprochées du foyer ne sont que suffisamment chauffées, celles des extrémités ne le sont pas assez, et la diminution de la chaleur se fait sentir par gradation, à mesure de l'éloignement des cellules.

Ce système ne permet pas d'établir dans les cellules un foyer de chaleur près duquel les détenus puissent facilement et promptement se réchauffer, surtout lorsque, rentrant de la promenade, ils éprouvent le besoin de sécher l'humidité de leur chaussure. La ventilation est aussi, comme le chauffage, insuffisante et irrégulière. Insuffisante, puisqu'il résulte d'expériences faites par plusieurs commissions spéciales, que le volume d'air vicié extrait par heure dans chaque cellule, n'est que de 45 mètres cubes en moyenne. Or,

l'expérience a démontré que l'assainissement des cellules exigerait un renouvellement d'air à raison de 40 mètres cubes par heure.

Irrégulière, par cette raison qu'elle est alimentée par des galeries de service donnant accès aux cellules de tous les étages; l'air extrait de ces galeries par une seule ouverture correspondant à chaque cellule, produit un vide qui oblige l'air vicié des cellules à descendre dans des galeries souterraines, pour se rendre ensuite dans la cheminée d'appel chauffée par le tuyau de fumée de l'appareil. On comprend facilement que cette disposition ne puisse fournir que des effets de ventilation fort irréguliers. Il est impossible que le volume total d'air extrait des galeries se répartisse également dans toutes les cellules qui sont à des distances très variables de la bouche générale d'extraction. C'est, en effet, ce qui arrive, et l'on a constaté que les cellules les plus rapprochées de la bouche d'extraction sont ventilées à raison de 20 mètres cubes par heure, tandis que les plus éloignées ne sont ventilées qu'à raison de 40 mètres cubes par heure; soit, comme il est dit plus haut, une moyenne de 15 mètres cubes par heure.

Insalubre par moments; parce que la ventilation ne peut bien fonctionner qu'à la condition de tenir hermétiquement closes les galeries souterraines établies pour le service de vidange, et que cependant elles sont fréquemment ouvertes pour livrer passage aux ouvriers préposés au service journalier de la vidange. La présence, dans ces galeries, des tonnes de vidange produit, comme on le comprend bien, des exhalaisons peu propres à une ventilation salubre et qu'attire dans les cellules l'ouverture des croisées; il faut reconnaître que cette circonstance a été prévue, et que, pour y remédier, on a mis à la disposition de chaque détenu un tampon mobile, avec recommandation de l'appliquer sur le siège, avant d'ouvrir sa croisée; mais cette recommandation est généralement peu suivie, et les choses restent, en quelque sorte, à l'état permanent. Il s'ensuit donc un résultat contraire au résultat prévu, c'est-à-dire que la masse d'air pénétrant dans les galeries souterraines, attiré par l'ouverture des croisées, s'engage dans les tuyaux de descente des cellules, et arrive dans celles-ci, saturé d'exhalaisons insupportables (1).

Un fait récent tendrait aussi à prouver l'insuffisance du système de ventilation dont il vient d'être parlé: l'administration des hospices de Paris, pour expérimenter et pouvoir apprécier les deux systèmes mis en présence, vient de décider qu'un concours serait ouvert pour l'application à l'hôpital du Nord du chauffage: 1° par circulation d'eau chaude avec ventilation inhérente au chauffage, 2° par immersion de vapeur avec ventilation mécanique au moyen de

(1) Voir un article publié par le journal *la Patrie*, du 8 octobre 1853, sur le régime cellulaire.

tarares mus par une machine à vapeur. Si l'on a cru devoir remplacer la ventilation appartenant à ce dernier système de chauffage par une ventilation mécanique, on est fondé à croire que le mode actuel de ventilation, à la prison Mazas, ne présente pas les conditions qu'exigent la salubrité et l'aération de ce vaste établissement.

La dépense du combustible est considérable, et s'explique par deux raisons : d'abord par la nécessité qu'il y a de chauffer jour et nuit pour continuer la ventilation, sans interruption, et ensuite par l'emploi d'un grand foyer aussi bien en été qu'en hiver.

A l'Institut, où ce même système a été appliqué, il a été reconnu que la ventilation était à peu près nulle ou au moins très insuffisante, et, malgré les dépenses énormes auxquelles ce travail avait donné lieu, on n'a pas hésité à le faire disparaître pour le remplacer par le système à circulation d'eau chaude.

Au palais du Luxembourg, une commission spéciale a reconnu que le système à la vapeur, exigeant trop de surveillance et présentant trop de chances de fuite, expose nécessairement à de grandes irrégularités dans le service, et que son action cesse aussitôt que l'eau n'est plus en ébullition.

Examen du deuxième système, dit par circulation d'eau chaude.

Ce système, appliqué déjà à de nombreux établissements de caractère et de destination différents, varie dans ses détails et selon les circonstances et les besoins ; mais pour pouvoir établir une comparaison sérieuse et équitable, j'ai dû porter mes recherches sur des établissements analogues à la prison Mazas, au moins comme disposition, sinon comme importance. L'application de ce système, faite sous mes yeux, à la prison cellulaire de Saint-Quentin, m'avait mis à même d'apprécier les avantages qu'il présente ; cependant, et pour obtenir une édification complète et des données irrécusables, j'ai visité d'autres établissements et notamment la prison cellulaire du Palais-de-Justice de Paris, où j'ai pu constater que l'application en a été faite de la manière la plus complète et la plus satisfaisante.

Chaque cellule est chauffée directement par un poêle à eau chaude qui permet aux détenus d'avoir constamment à leur disposition un foyer de chaleur douce et uniforme ; on peut dire que la chaleur est uniforme, car il a été constaté que les cellules les plus rapprochées du foyer, ne sont pas plus chauffées que les plus éloignées, et cela s'explique par la rapidité de la course imprimée à l'eau chaude par la condensation de la vapeur.

Chaque cellule est ventilée directement par un conduit spécial d'une section suffisante pour extraire 40 mètres cubes d'air jour et nuit.

Les effets de chauffage et de ventilation se produisent pendant la

nuit et assez activement, sans qu'il soit besoin d'entretenir le feu du calorifère; la chaleur acquise pendant le jour, par la masse totale de l'eau en circulation, ne se dissipe que fort lentement, et elle continue son effet pendant toute la nuit en s'amoindrissant graduellement.

La ventilation d'été se produit au moyen d'un petit foyer spécial dont la consommation journalière est bien inférieure à celle du foyer de chauffage; en hiver ce dernier fonctionne seul et suffit au chauffage aussi bien qu'à la ventilation.

Indépendamment d'une ample ventilation des cellules, il existe, dans les galeries de vidange, des appareils désinfecteurs disposés pour recevoir six tuyaux de chute. Ces appareils sont composés d'une double cuvette de fonte, avec couvercle sur lequel viennent s'adapter les tuyaux de chute, et l'extrémité de ces tuyaux s'allonge, dans la cuvette intérieure, de manière à plonger dans la partie liquide que retient cette cuvette; on peut donc enlever les tonnes de vidange, sans que les exhalaisons puissent jamais remonter dans les cellules. Ce système de cuvette a aussi le grand avantage d'intercepter la voix des prisonniers et les empêche de communiquer entre eux, ainsi que cela arrive à Mazas. Enfin, comme chaque cuvette, pourvue d'une seule tonne de vidange, reçoit six tuyaux de chute, il en résulte que, pour 126 cellules, il ne faudrait que 24 tonnes: au moyen de ce système on ferait à Mazas le service de la vidange avec 200 tonnes, alors qu'il en est employé 1200, c'est-à-dire une pour chaque cellule.

Pour établir combien sont incontestables les avantages de la ventilation par circulation d'eau, il suffit de dire qu'à l'Institut, où l'application en a été faite, une commission nommée par l'Académie des sciences a constaté que, pendant plusieurs séances où l'air extérieur était à 29 degrés, l'air intérieur se trouvait refroidi par le fait de la ventilation, de 5 à 6 degrés; d'un autre côté, M. Leclerc, membre de la section d'architecture, a constaté que, pendant la séance du concours musical, au sein d'une assemblée très nombreuse, le thermomètre extérieur marquait 28 degrés à l'ombre et celui de la salle n'en marquait que 22 ou 23.

Le chauffage présente une grande économie sur le combustible: Ainsi, les nouveaux appareils ne dépensent que 80 centimes par hiver, pour 1 mètre cube, tandis que les appareils à vapeur ne dépensaient pas moins de 1 fr. 56 c.

A la maison d'aliénés de Charenton, une commission composée de MM. Gay-Lussac, président; Pouillet, Regnault, Grillon, inspecteur général des bâtiments civils; Palluy, directeur de la maison; Gilbert, architecte, et de Noue, chef de la division des bâtiments civils, a été chargée de recevoir les appareils exécutés pour le chauffage à circulation d'eau; cette commission a constaté les faits suivants: L'air est partout élevé à une température convenable et régulière;



la ventilation est beaucoup plus considérable que celle indiquée au programme, à ce point que l'air des cellules placées dans les conditions les plus défavorables, est renouvelé en 19 ou 30 minutes (moyenne 24^m,30 centimètres) aux extrémités, tandis que le programme exigeait seulement que le renouvellement eût lieu en une heure.

Les réservoirs supérieurs sont munis de soupapes à manivelle qui permettent, soit de diminuer la chaleur dans toutes les parties chauffées, soit de l'augmenter ; on peut aussi modifier le degré de température d'une ou plusieurs localités, sans rien changer dans les autres parties du bâtiment. Dans le cas encore où l'on serait obligé d'arrêter la chaleur sur un ou plusieurs points, la ventilation à air frais continue ses effets avec la même énergie.

Au moyen du volume considérable d'eau contenu dans la chaudière en ébullition, au moment de l'extinction du foyer, la ventilation est assurée pour toute la nuit.

Dans tous les établissements où ce système de chauffage a été établi, les résultats en ont été constatés soit par des commissions spéciales, des ingénieurs ou des architectes ; pour ne parler que des principaux, je citerai seulement : la station de Valenciennes, chemin de fer du Nord (Rapport de M. Maniel, ingénieur en chef du chemin de fer). L'école des ponts-et-chaussées (Rapport de M. Bommart, ingénieur en chef, inspecteur des ponts-et-chaussées). L'école des mines (Rapport de M. Dufrénoy, directeur). Le Conservatoire des arts et métiers (Rapport de M. Morin, général d'artillerie, administrateur du Conservatoire). L'Institut des aveugles (Rapport du directeur et de M. Philippon, architecte du gouvernement).

En termes généraux, il résulte de ces rapports, que le chauffage à circulation d'eau fournit une température très régulière et sans interruption ; que les appareils ne donnent lieu à aucune fuite ni accidents quelconques ; que ce système, en supposant même qu'il fût le plus coûteux à établir, présente, sur tous les autres, une économie considérable dans la consommation du combustible, comme dans l'entretien des appareils, et qu'enfin la ventilation continue ses effets pendant la nuit malgré l'extinction du foyer.

En conséquence de ce qui précède, j'ai l'honneur de vous proposer, Monsieur le préfet, de donner la préférence au système de chauffage par circulation d'eau avec ventilation, et d'en autoriser l'application à la prison cellulaire de Château-Thierry, actuellement en construction.

La dépense totale des appareils prévue au devis général de la construction pour une somme de 99,443 fr. 50 c., se trouve réduite à la somme de 83,245 fr. 20 c. par suite d'économies introduites dans les détails. Les conditions du traité sont les mêmes que pour la prison de Saint-Quentin, et il n'y a de changé que le prix journalier du chauffage porté, pour Château-Thierry, à 47 francs au lieu de

20 ÉTUDES SUR LA VENTILATION ET LE CHAUFFAGE

45 francs qu'on paie à Saint-Quentin ; cette augmentation s'explique par l'énorme différence qu'on trouve, à Château-Thierry, dans le prix de la houille. »

IV. — DE LA QUANTITÉ D'AIR PUR A INTRODUIRE, DANS UN TEMPS DONNÉ, DANS UN LOCAL HABITÉ.

Plusieurs tentatives ont été faites pour déterminer la quantité d'air pur à introduire dans les locaux habités, mais elles ne nous semblent pas avoir résolu la question. La cause de la non-réussite de ces tentatives nous paraît complexe. Tantôt elles ont été entreprises par des médecins qui n'étaient pas assez physiciens, tantôt par des physiciens qui n'étaient pas assez médecins. Quant aux physiciens, ils se sont préoccupés peut-être trop exclusivement de la seule viciation de l'atmosphère par l'acide carbonique expiré ; d'autre part, ils nous paraissent n'avoir pas tenu un compte suffisant du mode d'*extraction de l'air vicié* dans l'estimation de la *quantité* d'air pur à *introduire* dans un temps donné. On comprend, en effet, que le danger de respirer l'air d'une salle d'hôpital où se trouvent des varioleux ou des malades atteints de typhus ou de pourriture d'hôpital, n'est nullement dans la proportion d'acide carbonique que renferme l'atmosphère de ces salles. Selon nous, la quantité d'air pur à *introduire* dans un local habité dépend essentiellement de la *qualité* de l'air *extrait*, ou, si l'on veut, *du mode d'extraction de l'air vicié*.

Certes, il y a loin des 60 mètres cubes d'air pur demandés aujourd'hui à M. Léon Duvoir dans les hôpitaux Necker et de Lariboisière, aux 20 mètres cubes dont se contentait autrefois, et dont semble se contenter encore aujourd'hui M. Pecllet, pour la ventilation des hôpitaux. Mais, selon nous, la nouvelle fixation de la ventilation adoptée par l'administration des hôpitaux civils, est encore au-dessous des besoins réels des malades, même en présence de l'*extraction* la mieux dirigée de l'air vicié. Nous n'en voulons d'autr

preuve que la *salle des nourrices* de l'hôpital Necker, salle qui laisse encore à désirer malgré l'accomplissement parfaitement constaté des conditions du cahier des charges. M. Léon Duvoir lui-même l'a si bien senti qu'il a offert spontanément à l'administration d'augmenter la ventilation de la salle dont il s'agit. Nous avons nous-même constaté qu'une femme de cet hôpital, atteinte de large ulcère cancéreux, produisait encore une odeur infecte, bien que la ventilation dépassât 104 mètres cubes par heure et par malade.

Il faudra donc désormais, dans la fixation de la ration d'air pur de chaque individu, tenir compte, et de la *qualité* des malades et du mode d'*extraction* de l'air vicié. Nous disons plus : à l'avenir les cahiers des charges, au lieu de stipuler les quantités d'air pur à *introduire*, devront s'attacher spécialement à fixer la *qualité* que devra présenter l'air destiné à être respiré par les malades ; enfin, en attendant de meilleurs procédés d'analyse, l'*eudiomètre* devra se joindre à l'anémomètre.

Nous allons exposer les calculs auxquels s'est livré un ingénieur distingué, M. V. Guérin, pour évaluer la quantité d'air pur à fournir par heure à un individu en santé. Bien que ces calculs n'échappent peut-être pas complètement aux objections que nous venons de formuler, ils auront du moins le grand avantage de faire ressortir tout ce qu'il y avait d'erroné dans les anciennes évaluations.

Données expérimentales.

1° L'air atmosphérique, considéré dans son état ordinaire, est un mélange gazeux composé d'azote, d'oxygène, de vapeur aqueuse et d'acide carbonique.

1 mètre cube de ce mélange, à la température de 15 degrés centigrades, et sous la pression barométrique ordinaire, pèse 1226 grammes, dont

| | |
|---------------------|----------------|
| Azote. | 938,63 |
| Oxygène | 280,37 |
| Vapeur aqueuse. . . | 6,00 |
| Acide carbonique. . | 4,00 |
| Total. | <u>1226,00</u> |



22 ÉTUDES SUR LA VENTILATION ET LE CHAUFFAGE

2° D'après les expériences de MM. Andral et Gavarret, l'homme adulte brûle 44^{gr},30 de carbone en une heure; d'où l'on déduit que l'acide carbonique exhalé pendant le même temps peut être évalué à 44^{gr},43, dont

| | |
|-------------------------|---------------------------|
| En carbone. | 11 ^{gr} ,30 |
| Et en oxygène | 30 ^{gr} ,13 |
| Total. | <u>41^{gr},43</u> |

3° M. Dumas admet que l'homme exhale par heure environ 10 grammes de vapeur aqueuse, qui se composent

| | |
|-----------------|----------------------------------|
| De. | 8 ^{gr} ,89 d'oxygène. |
| Et de | 1 ^{gr} ,11 d'hydrogène. |
| Total. | <u>10^{gr},00</u> |

4° La transpiration cutanée fournit également de la vapeur d'eau, dont la quantité peut être évaluée, suivant plusieurs expérimentateurs, à 30 grammes par heure et par homme.

5° La quantité totale d'air inspiré par l'homme pendant l'unité de temps, a donné lieu à un grand nombre d'expériences qui sont loin d'être concordantes; néanmoins nous admettrons que cette quantité est de 700 grammes en moyenne.

A l'aide de ces différentes données, nous pouvons déterminer quelle est la composition de l'air exhalé.

En effet, les 700 grammes d'air, inspiré par heure, se composent :

| | |
|-------------|--|
| De. | 535 ^{gr} ,92 d'azote |
| De. | 160 ^{gr} ,08 d'oxygène |
| De. | 3 ^{gr} ,43 de vapeur aqueuse |
| De. | 0 ^{gr} ,57 d'acide carbonique |

Total. 700^{gr},00

Ces nombres sont proportionnels aux éléments qui composent l'air atmosphérique.

Or, si l'on considère que l'oxygène inspiré, en se combinant avec le carbone et l'hydrogène qu'il rencontre dans les organes respiratoires, subit une diminution égale à 30,13 + 8,89 = 39,02, et que l'azote n'éprouve pas d'altération sensible par l'acte de la respiration, on en conclura que l'air exhalé pendant une heure se compose :

| | |
|----------------|--|
| De. | 535 ^{gr} ,92 d'azote |
| De. | 160,08 - 39,02 = 121 ^{gr} ,06 d'oxygène |
| De. | 3,43 + 10,00 = 13 ^{gr} ,43 de vapeur aqueuse |
| Et de. | 0,57 + 41,43 = 42 ^{gr} ,00 d'acide carbonique |
| Total. | <u>712^{gr},41</u> |



Ou, pour 1000 parties également exprimées en poids :

| | |
|---------------------------|------|
| Azote. | 752 |
| Oxygène. | 170 |
| Vapeur aqueuse. | 49 |
| Acide carbonique. | 59 |
| <hr/> | |
| Total. | 1000 |

Considérations théoriques. — Nous désignerons sous le nom de *volume spécifique* le rapport qui existe entre le volume total d'un local habité et le nombre des individus qui y séjournent.

Soit, par exemple, un local ayant un volume de 300 mètres cubes, et habité par dix personnes, le volume spécifique, c'est-à-dire le volume affecté à chaque personne, sera égal à $300 : 10 = 30$ mètres cubes.

Nous désignerons également sous le nom de *ventilation spécifique* le rapport qui existe entre le volume total de l'air introduit par heure dans un local habité, et le nombre des individus qui y séjournent.

Ainsi, en supposant que le volume total de l'air, introduit dans une salle habitée par dix personnes, soit de 200 mètres cubes par heure, la ventilation spécifique sera égale à $200 : 10 = 20$.

Les locaux habités sont presque toujours ventilés d'une manière quelconque, soit que la ventilation s'opère artificiellement par des canaux destinés à cet effet, soit qu'elle s'opère naturellement par les fissures des portes et des fenêtres. Mais, quel que soit le mode suivant lequel s'effectue la ventilation, il est évident que la quantité totale d'air pénétrant dans la salle par les *orifices d'introduction*, remplace toujours une quantité égale d'air intérieur s'écoulant au dehors par les *orifices d'extraction*.

A l'aide des principes que nous venons de poser et des données expérimentales relatées plus haut, nous pouvons traiter la question suivante, qui, étant présentée d'une manière générale, s'appliquera à tous les cas particuliers que l'on aura à envisager.

Étant donnés :

- A, le volume spécifique ;
- B, la ventilation spécifique ;
- N, le nombre des individus séjournant dans un local fermé ;
- α , le poids de l'acide carbonique exhalé par l'homme en une heure.
- δ , le poids de l'acide carbonique normal contenu dans 1 mètre cube d'air atmosphérique.

Déterminer le poids φ d'acide carbonique contenu dans 1 mètre cube d'air intérieur à la fin d'une durée de séjour représentée par t.

Pendant l'intervalle de temps infiniment petit dt.



1° La quantité d'acide carbonique qui pénètre dans la salle par les ouvertures d'introduction : = $BN\delta.dt$.

2° La quantité du même gaz exhalé par les individus séjournant dans la salle : = $N\alpha.dt$.

3° L'acide carbonique qui s'écoule au dehors par les ouvertures d'extraction : = $BN\varphi.dt$.

4° L'accroissement différentiel de la quantité d'acide carbonique répandu uniformément dans toute l'étendue de l'espace habité : = $NA.d\varphi$.

Or cet accroissement différentiel est évidemment égal à :

$$BN\delta.dt + N\alpha.dt - BN\varphi.dt.$$

On a donc cette équation différentielle entre les quantités φ et t :

$$A.d\varphi = (B\delta + \alpha - B\varphi) dt.$$

En intégrant cette équation et déterminant la constante arbitraire, de manière que φ soit égal à δ quand $t=0$, on trouve en logarithme ordinaire :

$$t = \frac{2,303.A}{B} \log. \frac{\alpha}{\alpha - B(\varphi - \delta)} \dots \dots \dots (1).$$

d'où l'on peut tirer la valeur de φ , lorsque toutes les autres quantités seront données *a priori*.

L'expression que l'on vient d'obtenir relativement à l'acide carbonique convient également aux autres gaz qui doivent composer l'air atmosphérique intérieur ; il ne s'agit pour cela que d'attribuer aux quantités α et δ des valeurs particulières se rapportant à chacun des éléments que l'on veut considérer.

Ces valeurs, d'après ce que nous avons vu plus haut, sont :

| | | |
|----------------------------------|---------------------|-------------------|
| Pour l'acide carbonique. | $\alpha = 44,43$; | $\delta = 4,00$ |
| Pour la vapeur aqueuse. | $\alpha = 40,00$; | $\delta = 6,00$ |
| Pour l'oxygène. | $\alpha = -39,02$; | $\delta = 280,37$ |
| Pour l'azote. | $\alpha = 0,00$; | $\delta = 938,63$ |

Nous ferons remarquer que la valeur de α relative à l'oxygène doit être négative, puisque ce gaz tend sans cesse à diminuer en se combinant avec le carbone et l'hydrogène, pour produire l'acide carbonique et la vapeur aqueuse exhalée par la respiration.

Quant à l'azote, comme nous l'avons déjà dit plus haut, il n'éprouve pas d'altération sensible par l'acte de la respiration ; il faut donc supposer $\alpha = 0$ relativement à ce gaz.

Applications et conséquences des principes théoriques qui viennent

d'être exposés. — Supposons que, suivant les conditions particulières où se trouve un local habité, on ait :

| | |
|--|-----------------|
| Un volume spécifique de. | 45 mètres cubes |
| Une ventilation spécifique de. | 40 mètres cubes |
| Une durée de séjour de. | 4 heures |

Voyons quelle sera la composition de l'air atmosphérique à l'expiration de ces 4 heures de séjour. Si, dans l'équation (1) ci-dessus, on fait :

$$A = 45, B = 40 \text{ et } t = 4,$$

en résolvant par rapport à φ , on trouve :

$$\varphi = \delta + 0,09277 \cdot \alpha. \dots \dots \dots (2)$$

En attribuant aux quantités α et δ les valeurs numériques que nous avons calculées précédemment, on obtient :

| | | |
|--|----------------------------|--|
| Pour l'acide carbon. $\varphi = 1,00$ | $+ 0,09277 \times 44,43 =$ | $4^{\text{gr}},843$ |
| Pour la vap. aqueuse. $\varphi = 6,00$ | $+ 0,09277 \times 40,00 =$ | $9^{\text{gr}},714$ |
| Pour l'oxygène. . . $\varphi = 280,37$ | $+ 0,09277 \times 39,02 =$ | $276^{\text{gr}},750$ |
| Pour l'azote. . . . $\varphi = 938,63$ | $+ 0,09277 \times 0,00 =$ | $938^{\text{gr}},630$ |
| Poids du mètre cube. | | <u>$1229^{\text{gr}},934$</u> |

Ces résultats font voir quelle serait la composition de l'air atmosphérique intérieur dans les conditions particulières que nous avons supposées ; de plus, ils démontrent l'insuffisance d'une ventilation spécifique de 40 mètres cubes, puisqu'au bout de 4 heures de séjour la quantité d'acide carbonique, accumulée dans l'air intérieur, s'élèverait à $4^{\text{gr}},843$ par mètre cube, tandis que l'on sait par expérience que cette quantité ne doit pas excéder 2 grammes $1/2$, pour que l'air atmosphérique ne puisse pas être considéré comme insalubre. Il est donc nécessaire que la ventilation spécifique soit calculée de manière à satisfaire à cette dernière condition non pas seulement pour 4 heures de séjour, mais bien pour un séjour de 8 heures qui convient mieux aux salles d'hôpitaux.

Remarquons encore que la diffusion de l'acide carbonique dans l'air d'un local habité est une cause de viciation plus puissante que celle qui résulte de la production des vapeurs aqueuses ; car, comme on le voit dans l'exemple précédent, l'air atmosphérique intérieur est encore bien loin d'être complètement saturé, en supposant une ventilation spécifique de 40 mètres cubes seulement.

Nous sommes donc conduits à résoudre cette question : Quelle doit être la ventilation spécifique d'une salle habitée, pour que la quantité d'acide carbonique, contenu dans 1 mètre cube d'air intérieur, ne dépasse pas 2 grammes $1/2$ après un séjour de 8 heures ?

26 ÉTUDES SUR LA VENTILATION ET LE CHAUFFAGE

Pour compléter les données que comporte cette question, nous supposerons un volume spécifique de 20 mètres cubes.

En faisant, dans l'équation (1) :

$$A = 20 \text{ mètres cubes}$$

$$t = 8 \text{ heures}$$

$$\varphi = 2^{\text{gr}},50$$

$$\delta = 1^{\text{gr}},00$$

$$\alpha = 41^{\text{gr}},43$$

$$\text{On obtient : } 8 = \frac{2,303 \times 20}{B} \times \log. \frac{41,43}{91,43 - 1,50.B}$$

d'où l'on tire : $B = 27$ mètres cubes, plus une fraction.

Il faut donc une ventilation spécifique d'au moins 27 mètres cubes pour satisfaire aux conditions proposées.

Si la durée du séjour, que nous avons supposée être de 8 heures, était réduite à un chiffre moindre, à 2 heures par exemple, la ventilation spécifique devrait subir une diminution, peu sensible il est vrai, mais qu'il serait facile d'évaluer à l'aide des principes que nous avons exposés.

— La même observation s'applique au volume spécifique, qui doit être considéré comme un des éléments qui font varier la ventilation spécifique, lorsque l'on ne suppose pas que la durée du séjour soit infinie ; car, dans ce cas seulement, on peut en faire complètement abstraction.

Il est important de remarquer qu'une ventilation spécifique de 27 mètres cubes, bien que suffisante pour combattre les effets de viciation développés par l'acide carbonique et la vapeur aqueuse, ne doit être adoptée que comme un minimum ; car s'il s'agissait d'assainir complètement une salle habitée par des malades, il serait indispensable de donner à la ventilation une puissance capable de neutraliser les causes nombreuses d'infection qui existent toujours dans de telles localités, et pour atteindre un résultat aussi satisfaisant que possible, nous pensons qu'il serait nécessaire de porter à 60 mètres cubes le chiffre de la ventilation spécifique.

Conclusion. — Les considérations qui précèdent permettent de conclure :

1° Que la détermination de la composition chimique de l'air confiné, soumis pendant un temps donné aux influences perturbatrices exercées par la diffusion du gaz provenant de la respiration et de la transpiration cutanée et par la ventilation, n'avait été obtenue jusqu'à présent qu'à l'aide de méthodes qui ne pouvaient conduire qu'à des résultats incertains et erronés.

2° Qu'il était nécessaire de soumettre de nouveau cette question à

un examen plus approfondi, et d'analyser les phénomènes à l'aide d'une méthode rationnelle, qui permit d'embrasser les effets résultant de l'ensemble de toutes les causes agissantes.

3° Que, contrairement aux résultats admis antérieurement, une ventilation spécifique de 27 mètres cubes au moins est rigoureusement nécessaire pour qu'au bout de 8 heures de séjour dans un espace confiné, dont le volume spécifique est de 20 mètres cubes, l'acide carbonique contenu dans 1 mètre cube d'air intérieur, n'excède pas 2 grammes $\frac{1}{2}$, condition qui doit être réalisée pour que l'air ne soit pas insalubre.

4° Que, quelle que soit l'énergie de la ventilation, il n'est pas possible que l'air confiné conserve sa composition chimique normale. Mais, qu'à l'aide d'une ventilation suffisante, on peut toujours faire en sorte que les éléments de viciation, qui tendent sans cesse à s'incorporer dans l'air confiné, ne dépassent pas une limite déterminée.

5° Que le chiffre de la ventilation spécifique est variable en général, et qu'il doit toujours être déterminé en raison du volume de l'espace habité, de la durée du séjour et du nombre des individus.

6° Enfin, qu'en ayant égard à toutes les causes de viciation qui existent dans des salles d'hôpitaux, il serait nécessaire, pour obtenir un degré d'assainissement qui ne laissât rien à désirer, que la ventilation spécifique fût fixée à 60 mètres cubes au moins, ce que l'expérience a démontré déjà depuis longtemps à l'hôpital Beaujon, et récemment à l'hôpital Necker où le nouveau bâtiment des femmes est ventilé, suivant une proportion qui, bien que supérieure à celle que nous venons d'indiquer, est à peine suffisante pour obtenir un assainissement complet.

V. — APPRÉCIATION COMPARATIVE DES SYSTÈMES DE VENTILATION DITS PAR PULSION ET PAR ASPIRATION.

Depuis quelque temps on a beaucoup agité la question de savoir auquel des deux systèmes il fallait donner la préférence. Selon nous, la question n'a pas été résolue, et l'on s'est borné à émettre des assertions au lieu de donner des preuves. Nous ajouterons même que l'examen de la discussion nous a laissé avec l'impression qu'un manque de précision dans les termes employés avait dû contribuer à laisser la question indécidée. Nous ferons notre possible pour éviter cet écueil afin de ne pas aboutir au même résultat.

On peut définir la ventilation, l'opération qui a pour objet

l'entretien de la pureté de l'air d'un local habité. Toute ventilation se compose de deux opérations : 1° *introduction* d'air pur ; 2° *expulsion* d'air vicié. Cette proposition est tellement simple qu'elle semble dispenser de toute démonstration, et pourtant, si l'on est d'accord sur la nécessité de l'entretien d'un air pur dans un local habité, tout le monde ne reconnaît peut-être pas l'importance de la *qualité* que doit présenter l'air *expulsé*. Quelles que soient les quantités d'air introduites dans un local habité, quelle que soit la pureté de l'air *neuf*, le résultat de la ventilation sera plus ou moins illusoire, si l'air *expulsé* est pur ou s'il ne présente qu'un faible degré de viciation. On peut même affirmer que l'efficacité d'une bonne ventilation peut se mesurer au degré de viciation de l'air expulsé. Partant de là, on peut dire encore que le meilleur système de ventilation est celui qui, à égalité d'introduction d'air neuf, extrait l'air le plus vicié.

Ces principes posés, il y a à examiner les deux systèmes (*pulsion* et *aspiration*) au point de vue des deux opérations (introduction et expulsion) qui constituent toute ventilation.

1° Sous le rapport de l'*introduction* de l'air neuf, point de différence entre les deux systèmes, du moins lorsque les prises extérieures sont placées loin de tout foyer capable de vicier l'air d'alimentation.

Les partisans du système *par pulsion* ont reproché au système dit *par aspiration* de puiser l'air dans les régions inférieures ; mais d'abord ce dernier système n'implique nullement nécessité de puiser l'air dans les couches inférieures ; d'un autre côté, on sait qu'en plaçant les prises d'air au-dessus des toits de l'Institut, il est arrivé un jour, sous l'influence d'un vent d'est, que la fumée de la cheminée de l'hôtel de la Monnaie, se serait introduite dans la salle des séances de l'Académie des sciences, si l'on ne se fût empressé d'y mettre obstacle. L'un et l'autre placement des prises



extérieures sont donc sujets à quelques inconvénients inévitables, mais passagers.

Une fois la prise extérieure bien placée, peu importe que l'air s'introduise par pulsion ou par aspiration; l'air introduit sera pur dans les deux cas. Chargez une seringue d'eau distillée; le contenu sera le même, c'est-à-dire du protoxyde d'hydrogène, quel que soit le procédé qui ait présidé à la charge, pulsion ou aspiration. Ce qui est vrai de l'eau est également vrai de l'air. Mais, s'il y a égalité de résultat dans les deux systèmes, en ce qui concerne l'air *introduit*, il n'en est plus de même de l'*expulsion* de l'air. Dans le système *par appel*, rien n'empêche de diriger les bouches d'appel le plus près possible des foyers de viciation, de choisir en quelque sorte l'air le plus vicié pour l'expulser au dehors. Dans le système *par pulsion*, cette action élective sur les foyers est souvent impossible. Soit, par exemple, un cabinet d'aisances. En plaçant la *bouche d'appel* au-dessous de la cuvette (ainsi que cela a lieu à l'hôpital Beaujon et à l'hôpital Necker), on prévient inévitablement la pénétration de l'air infect de la fosse dans le cabinet. Admettez, au contraire, le système *par pulsion*; nous ne voyons pas trop comment on parviendrait à prévenir d'une manière satisfaisante le mouvement ascensionnel de l'air méphitique de la fosse, c'est-à-dire l'infection.

Un local dans lequel l'homme inspire et expire, peut être comparé à une baignoire occupée par un homme forcé d'y vider vessie et rectum, et contraint néanmoins de puiser sa boisson dans l'eau de la baignoire. Le moyen le plus sûr, le plus direct pour assurer la permanence de la pureté de l'eau, serait évidemment celui qui en préviendrait le mieux la viciation. Sous ce rapport, nous n'en voyons pas de plus efficace que celui qui s'attacherait à expulser les matières excrémentielles par un double canal, au fur et à mesure de leur production.

Dans ce cas, le double canal représenterait les tuyaux d'aspiration de la ventilation par appel, qui, eux aussi, expulsent les miasmes au fur et à mesure de leur formation, et produisent ainsi la désinfection que tout autre procédé est incapable de réaliser aussi efficacement. Pour être moins palpable que dans l'exemple de l'eau, la supériorité de la désinfection de l'air par aspiration n'en est pas moins évidente et réelle.

VI. — NOTES.

I. D'après les expériences de Herbst, de Gottingue (1), un homme adulte et de taille ordinaire, aspire et expire alternativement, en santé, 20 à 25 pouces cubes d'air, dans la respiration calme. Dans l'expiration forcée, cette quantité s'est élevée à un minimum de 90 pouces cubes et à un maximum de 240.

II. L'homme adulte brûle par heure 11^{gr},3 de carbone, ou 271 grammes par vingt-quatre heures, qui (à raison de 1 litre 85 d'acide carbonique à 0° par gramme de carbone) représentent 502 litres d'acide carbonique par jour, et, par heure, 20 ou 21 litres à 0°; en ajoutant 1 litre pour la dilatation à 6 pour 100, on a 22 litres d'acide carbonique à 16° par heure.

III. D'après diverses expériences, on peut évaluer aux quantités suivantes le carbone brûlé en une heure par l'homme et par quelques animaux :

| | Carbone brûlé en 1 heure. gr. |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Homme adulte (2). | 11,3 |
| Cheval (3) | 187,4 |
| Taureau (4). | 146 |
| Chèvre (4) | 29,13 |
| Chevreau (4) | 11,60 |
| Chien (4). | 9,88 |

(1) *Archiv für Anatomie und Physiologie*, 1828.

(2) MM. Andral et Gavarret.

(3) M. Lassaigue, *Gazette des hôpitaux*, 1849, p. 225.

(4) M. Lassaigue, *Union médicale*, 1849, p. 80.

Acide carbonique exhalé par l'homme et par divers animaux.

| | Acide carbonique exhalé par heure. |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| Homme adulte. | 22 litres. |
| Taureau. | 271,4 |
| Bélier de 8 mois. | 55,25 |
| Chèvre de 8 ans. | 24,45 |
| Cheveau de 5 mois | 41,60 |
| Chien de chasse | 48,34 |

IV. L'air expiré par l'homme renferme une proportion d'acide carbonique évaluée aux quantités ci-après :

| | Acide carbonique sur 100 parties d'air expiré. |
|------------------------------|---|
| Goodwin. | 44 |
| Allen et Pepys. | 8,5 |
| Menzies (1). | 5 |
| Davy et Gay-Lussac | 3 à 4 |
| M. Prout (2). | 3,45 (minimum 3,3; maximum, 4,1). |
| M. Apjohn (3). | 3,6 |
| M. Dumas (4). | 3 à 5 |
| M. Horn (5). | 3,8 |

En laissant de côté les données plus ou moins hypothétiques de Goodwin, Allen, Pepys et Menzies, et en s'en tenant aux analyses modernes les mieux faites, on peut admettre que l'air expiré renferme en moyenne 4 parties d'acide carbonique sur 100 d'air en volume. Or, comme l'air normal en renferme en moyenne 4 sur 10000, on doit conclure que l'acide carbonique de l'air expiré par l'homme est à celui qui renferme l'air normal, comme 400 : 4, ou comme 100 : 1.

(1) *Tentamen inaug. de respiratione*, 1790.

(2) *Annals of philosophy*, t. II et IV.

(3) *Dublin hospital reports*, t. V.

(4) *Traité de chimie*, t. VIII, p. 457.

(5) *Gazette médicale*, 1851. D'après M. Horn, l'acide carbonique peut s'élever jusqu'à 7,2, si la respiration est suspendue pendant seize secondes. Le maximum de l'exhalation d'acide carbonique est atteint entre onze heures et midi; le minimum se présente entre cinq heures du soir et minuit.

V. Les vésicules pulmonaires, les bronches, le larynx, le pharynx, les fosses nasales et la bouche abandonnent à l'air expiré une quantité de vapeur d'eau d'une évaluation difficile, et qui a été estimée pour vingt-quatre heures :

Par Floyer, à trois onces.

Par Sanctorius, à une demi-livre.

Par Hales, à 1 livre 39 centièmes.

Par Home, à 23 onces.

Par Séguin, à 45 onces.

VI. L'acide carbonique a-t-il une action toxique, ou bien une action purement négative, par privation d'air atmosphérique? Séguin, Rolando, Collard de Martigny, Ollivier (d'Angers), d'Arcet se sont prononcés pour la première de ces opinions. Selon M. Orfila, « L'empoisonnement que déterminent les charbons de bois et de houille enflammés, la carbonisation des parties, ou l'air vicié que respirent les individus rassemblés en grand dans des locaux resserrés, où l'air ne se renouvelle pas facilement, est principalement occasionné par le gaz acide carbonique qui est *délétère par lui-même* (1). »

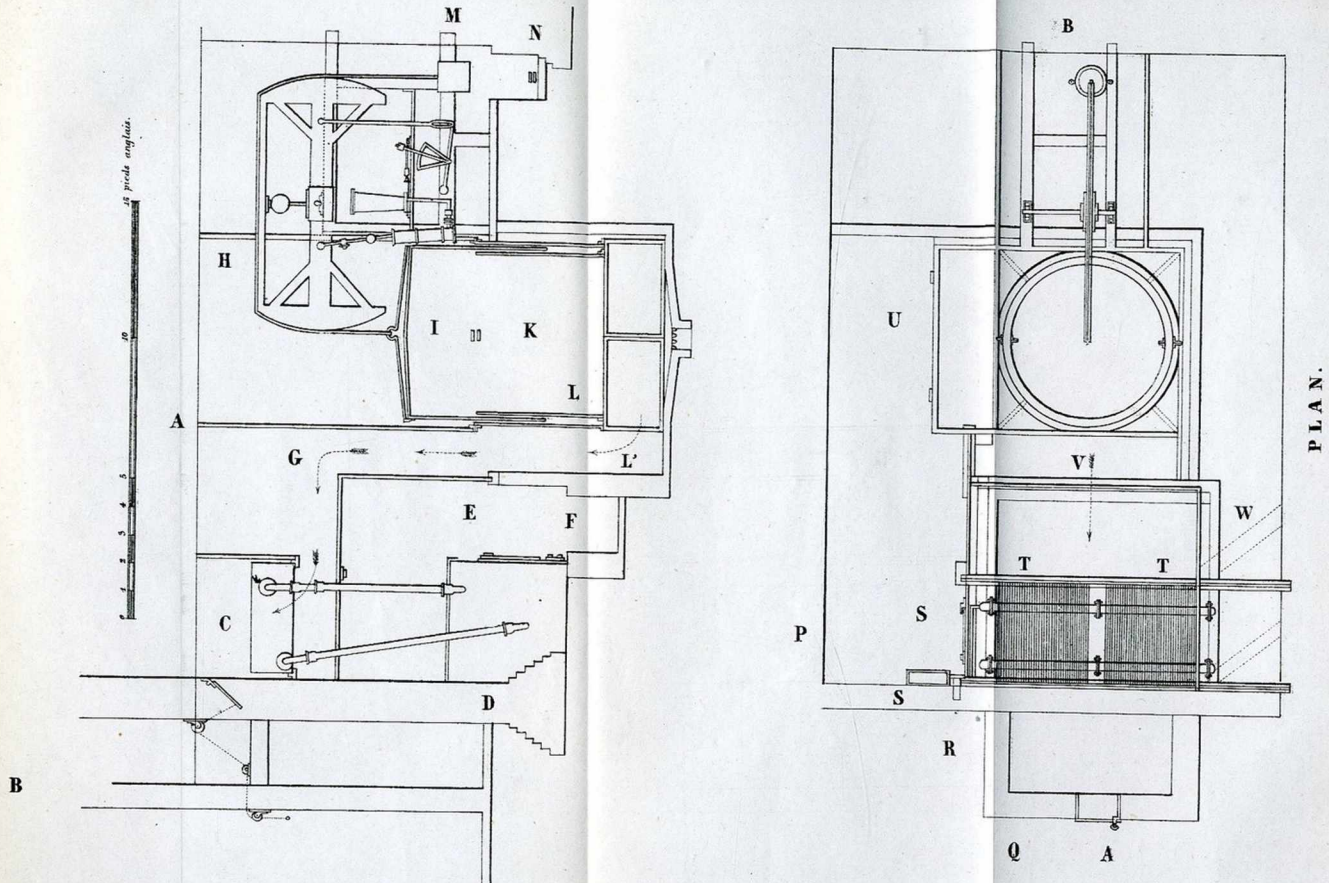
Bichat, Nysten, MM. Malgaigne, Bérard se prononcent pour la négative. MM. Regnault et Reiset ont fait séjourner divers animaux, pendant plusieurs heures, dans un air contenant jusqu'à 7 pour 100 d'acide carbonique. On objecte l'histoire connue de la grotte du Chien; mais la mort du chien peut dépendre d'une simple asphyxie.

On assure que pour faire périr un chien, l'air doit contenir de 30 à 40 pour 100 d'acide carbonique; 3 à 4 pour 100 suffiraient, dit-on, sous l'influence de la combustion, par suite de la présence de l'oxyde de carbone qui tuerait à la proportion de 1 pour 100. Si l'on plonge dans de l'air contenant 30 pour 100 d'acide carbonique, un chien et une bougie, celle-ci s'éteint avant la mort de l'animal; le contraire a lieu quand l'air est vicié par la combustion du charbon.

(1) *Traité de toxicologie*, 5^e édition, 1852, t. II, p. 738.



HÔPITAL de YORK (ANGLETERRE), APPAREIL de CHAUFFAGE et de VENTILATION du D^r ARNOTT.



PLAN.