

130  
46





130

# DE L'ACCLIMATATION

CONSULTATION  
SUR PLACE

CHAUDS



130  
AG

de l'acclimatation

M

~~100~~

LIERS

MANUFACTURES

de l'avenir est dans deux  
une science de l'émigration,  
l'acclimatation.

MICHELET.

LA MARINE IMP. MICIPSSA.

MENT DE LA GUYANE,  
BIBLIOTHEQUE  
FRANCONIE  
1006



121



121



# DE L'HABITATION

DANS

## LES PAYS CHAUDS

Contribution à l'art de l'acclimatation

PAR

H. DESSOLIERS

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

La jouvence de l'avenir est dans deux  
choses ; une science de l'émigration, un  
art de l'acclimatation.

MICHELET.

### INTRODUCTION

« Au commencement du XX<sup>e</sup> siècle la Russie comptera 120 millions d'habitants prolifiques, occupant des espaces énormes ; près de 60 millions d'Allemands, appuyés sur 30 millions d'Autrichiens, domineront l'Europe centrale.

» Cent vingt millions d'Anglo-Saxons occuperont les plus belles contrées du globe et imposeront presque au monde civilisé, leur langue qui domine déjà aujourd'hui sur des territoires habités par plus de trois cents millions d'hommes. Joignez à ces grands peuples l'Empire Chinois qui, alors sans doute, recouvrera une vie nouvelle. A côté de ces géants que sera la France ? Du grand rôle



qu'elle a joué dans le passé, de l'influence souvent décisive qu'elle a exercée sur la direction des peuples civilisés, que lui restera-t-il ? Un souvenir, s'éteignant de jour en jour.

» Notre pays a un moyen d'échapper à cette irrémédiable déchéance, c'est de coloniser. Si nous ne colonisons pas, dans deux ou trois siècles nous tomberons au-dessous des Espagnols eux-mêmes et des Portugais, qui ont eu le rare bonheur d'implanter leur race et leur langue dans les immenses espaces de l'Amérique du Sud, destinés à nourrir des populations de plusieurs centaines de millions d'âmes.

» La colonisation est pour la France une question de vie ou de mort : ou la France deviendra une grande puissance africaine, ou elle ne sera dans un siècle ou deux qu'une puissance européenne secondaire ; elle comptera dans le monde, à peu près comme la Grèce ou la Roumanie compte en Europe. »

Telles sont les patriotiques pensées qui servent d'introduction à l'œuvre de M. Paul Leroy-Beaulieu (*De la colonisation chez les peuples modernes*).

Elles ne sont que trop justifiées ; bien nous ferions de nous en pénétrer.

Alors que la population reste stagnante en France ; elle s'accroît de plus de 500,000 âmes chaque année en Allemagne. Sur ce nombre 300,000 émigrent aux colonies, les autres s'infiltrèrent dans les pays frontières et y préparent les voies de l'avenir. L'Espagne et l'Italie n'ont que défiance envers nous, alors que d'autre part, les Germains, les Slaves, oubliant leurs nationalités diverses pour ne se souvenir que de leurs origines premières, s'agglomèrent en puissantes confédérations et s'appêtent à englober de gré ou de force tous les états secondaires circonvoisins. Notre faiblesse relative, notre infériorité numérique, iront sans cesse croissant, si nous ne groupons au-



tour de nous les nationalités menacées dans leur indépendance, et si nous ne prenons au dehors une rapide extension, en nous incorporant des peuples nouveaux.

Au lieu de nous consumer en agitations stériles, de perdre notre temps en des discussions byzantines, de jeter notre or à tous les peuples, de forger les armes de nos ennemis de demain, ou même encore d'exécuter des œuvres glorieuses utiles à l'humanité, mais dont le profit, dont la possession doivent forcément nous échapper, en raison de leur situation, mieux vaudrait que nous utilisions notre génie, nos capitaux à la création d'un puissant empire d'Afrique, en même temps qu'au développement de la Cochinchine et de nos autres colonies.

En Afrique, le champ libre est immense, nous sommes aux premiers rangs, il ne tient qu'à nous d'acquérir dans ce continent une part prépondérante. Par le Sénégal, par le Gabon, par l'Algérie même nous pouvons pénétrer au cœur du Soudan.

Ne mesurons point les difficultés de l'œuvre, non plus que l'importance des résultats, à ce qu'ils ont été, à ce qu'ils seront en Algérie. La récolte sera dix fois plus abondante, l'Algérie ne sera qu'une province de l'empire d'Afrique. Quant aux difficultés, elles nous viendront moins des hommes que du climat. Sans doute, nous aurons à lutter au Soudan, contre l'influence musulmane, mais nous trouverons de précieux auxiliaires dans les populations qu'elle opprime ; les races nègres nous accueilleront en libérateurs, non en ennemis. Il est des contrées, d'ailleurs, où l'Islam n'a point pénétré ; là nous ne trouverons pas une grande résistance, mais plutôt un accueil sympathique, ainsi que M. de Brazza en a fait l'épreuve durant six années d'exploration à travers les bassins de l'Ogôoué et du Congo (1).

Il n'y a point lieu de conclure des difficultés que nous

---

(1) *Revue Scientifique*, 1<sup>er</sup> juillet 1882. — La France au Congo.



rencontrons à peupler l'Algérie de Français, à l'impossibilité d'étendre notre influence sur des surfaces dix fois plus vastes. Notre rôle au Soudan sera d'administrer, non de cultiver le sol par nous-mêmes. L'Angleterre n'a pas dans les Indes plus de 60,000 résidents, elle gouverne cependant deux cents millions d'Indous. Au Cap avec 50,000 nationaux, elle commande un territoire grand comme la France.

Un faible courant d'immigration peut suffire à la création d'un puissant empire colonial. Ce courant, loin de nous affaiblir, nous donnera plus de stabilité au dedans.

Le nombre est grand, en France, de ceux qui ayant l'énergie, les aptitudes voulues pour rendre d'utiles services, sont stérilisés dans des positions disproportionnées à leurs capacités, et qui s'expatrieraient volontiers, si une carrière lucrative leur était ouverte au dehors.

Mais, sans entrer plus avant dans cette voie qui comporte bien des sujets d'étude, sans rechercher s'il ne serait point urgent de réveiller par des lois énergiques, l'apathie honteuse de certains départements de la France (1) d'encourager le développement de la population, bornons-nous à ce seul point, savoir que l'Algérie sera d'un très grand secours pour mener à bien la colonisation de l'Afrique centrale.

En même temps que nous trouverons dans la population arabe, les premiers éléments de l'armée du Soudan (2) — et ce sera la meilleure utilisation que nous puissions tirer de cette race, d'ici à longtemps — les fils de nos colons alimenteront le recrutement du personnel administratif. Leur résistance au climat de l'Afrique équatoriale

---

(1) Les recensements de 1871-1876-1881 témoignent tous de la décroissance de la population de la Normandie : or, la Normandie est une des provinces les plus riches de la France.

(2) D'autre part, l'armée du Sud de l'Algérie et de la Tunisie pourrait être composée en grande partie de nègres recrutés dans le Soudan.



sera plus grande que celle des Français de la Mère-Patrie. On ne saurait donc trop accélérer le peuplement de l'Algérie par l'élément français.

C'est mal calculer que de regarder à quelques millions dans une œuvre dont les conséquences, sur l'avenir de la France, peuvent être aussi décisives.

La difficulté principale ne proviendra, disons-nous, ni de l'hostilité, ni de la résistance des populations Soudanaises, ni du manque de sujets qui devront alimenter l'administration et les cadres de l'armée; elle n'est pas davantage dans l'importance des capitaux nécessaires à la mise en valeur des richesses du sol, à la création des voies de transport. C'est là un point qu'il est superflu de discuter. Mais l'on ne saurait trop insister sur la différence qu'il y a pour la France à employer ses capitaux à créer des œuvres nationales dans ses propres colonies au lieu de les prêter à des peuples étrangers.

Dans le premier cas, en même temps que la rémunération se trouve mieux garantie, la France s'enrichit de la valeur de l'ouvrage créé, c'est un nouvel élément de richesse et de puissance; dans le second, au contraire, elle contribue à accroître la puissance d'un futur ennemi, trop heureuse que l'avance faite ne soit engloutie dans quelque catastrophe.

La plus grande difficulté, disons-nous, gît dans le climat. Sans en exagérer l'importance, il n'y a point à se dissimuler que le climat de l'Afrique tropicale est des plus meurtriers. Aussi devons-nous apporter tous nos soins à rechercher les moyens préventifs les plus propres à en atténuer les effets.

Mais dussions-nous, malgré toutes les précautions, voir décimer les premiers immigrants, il n'en faudrait pas moins entreprendre l'œuvre; les sacrifices à faire sont insignifiants relativement aux résultats à obtenir. L'accroissement de puissance et de richesse que nous en tirerons sera énorme. Les contrées à conquérir sont dix fois plus



grandes que la France ; elles sont drainées par un puissant réseau de fleuves navigables ; elles renferment d'immenses territoires fertiles pouvant nourrir des centaines de millions d'individus, alors que l'Algérie, en raison de l'étendue relativement minime de son territoire cultivable (vingt millions d'hectares), de la rareté des pluies, de l'absence des fleuves, ne paraît pas susceptible d'en nourrir jamais dix millions.

Par les races nègres nous aménagerons la terre, nous la ferons fructifier, pour leur plus grande prospérité et la nôtre. Nous trouverons en eux des laboureurs et des soldats.

Il serait certes préférable de coloniser des contrées plus salubres, moins chaudes, situées sur des bandes isothermes de la France ; mais nous n'avons pas le choix ; c'est seulement en Afrique que nous pouvons prendre une très grande extension. Il y a urgence à nous y implanter vigoureusement, si nous ne voulons que d'autres prennent la place et s'emparent des meilleures positions.

L'Angleterre occupe l'embouchure du Niger et pénètre par le Congo dans l'Afrique équatoriale ; elle vient tout récemment d'établir sa domination en Egypte (1). L'Allemagne et l'Italie explorent la Tripolitaine, le Fezzan d'une part, l'Abyssinie, le Darfour de l'autre et étudient avec beaucoup de sollicitude le Bornou et son grand lac le Tchad.

La Cochinchine doit aussi attirer nos efforts ; quoique l'œuvre à poursuivre soit loin de présenter la même envergure, elle est cependant d'une haute importance. Mais, là encore, de même que dans la majeure partie des pays chauds, le climat est l'obstacle le plus sérieux.

Les plus riches contrées du globe sont les plus redoutables à l'homme et tout particulièrement à l'Européen du Nord. Les plus belles colonies de la zone tropicale ont toutes un lugubre passé, trop heureuses celles qui, après

---

(1) Or, la vallée du Nil est la route commerciale du centre de l'Afrique, du lac Tchad.



avoir vu décimer les premières générations de pionniers, parviennent enfin à se maintenir en équilibre : les naissances compensant les décès.

Le plus souvent, hélas, si l'adulte après avoir perdu l'énergie, la vigueur de sa race, réussit à traîner une vie languissante, l'enfant meurt sûrement et la race tend à s'éteindre si le flot d'immigrants se ralentit.

Nous ne devons point accepter de tels résultats comme des fatalités inéluctables, mais bien étudier quels obstacles la nature nous oppose, et rechercher s'il est possible de les vaincre, ou de les tourner.

L'art de l'acclimatation est encore à naître ; ce sujet est digne des méditations de tous : hommes d'Etats, savants, hygiénistes.

Le problème est des plus vastes, il comporte de multiples questions. Voici bien des années que nous consacrons nos loisirs à en étudier une, mais à elle seule, elle comprend de si nombreuses recherches et expériences, que force nous est, pour prendre date, de nous borner par ce premier écrit à tracer une sorte d'ébauche, de canevas, sur lequel nous reviendrons un jour plus mûrement.

C'est de la maison d'habitation que nous nous occuperons.

Il y a incompatibilité entre les conditions climatiques de la zone torride et le développement physiologique normal de notre organisme ; nous rechercherons quels moyens il faut employer pour modifier l'atmosphère de l'habitat, la mettre en harmonie avec nos besoins.

L'influence de la température, de l'humidité, de la ventilation, *du climat de l'habitat* (1) sur l'homme, plus encore sur la femme et sur l'enfant qui y séjournent la majeure partie de leur existence, est considérable ; elle peut devenir prépondérante, annuler les influences délétères du dehors.

---

(1) C'est à M. FONSSAGRIVES qu'est due cette expression.



Nous ne saurions donc apporter trop d'attention à leur distribution, à leurs aménagements intérieurs. Il sera certainement utile de créer des types de construction appropriés à chaque contrée jouissant d'une atmosphère propre, indépendante des excès climatériques externes.

Sans doute l'homme ne vit point toujours dans sa demeure, il lui faut courir au dehors, veiller à ses affaires, mais rentrant chez lui, il réparera chaque jour ses forces.

C'est d'ailleurs l'enfant bien plus encore que l'homme qu'il faut protéger, si l'on ne veut pas que la race dépérisse, or l'enfant vit au dedans. Pour lui surtout il importe de créer, dans l'habitat, un milieu tonique vivifiant.

Il ne suffit pas d'atténuer par le drainage et la culture, les influences telluriques des contrées marécageuses, de les rendre habitables ; il faut aussi modifier les conditions thermiques et hygrométriques du milieu dans lequel nous vivons.

Si la température est élevée, l'air humide et stagnant, l'homme s'anémie, se débilité dans les régions les plus salubres ; il est un terrain tout préparé dont la première épidémie aura raison.

Au dehors, nous sommes impuissants à modifier ces éléments ; dans l'habitation, au contraire, cela est facile, ainsi que nous l'établirons ; et ce, par des moyens pratiques et peu dispendieux. Nous verrons en outre qu'il est possible de se soustraire aux influences telluriques dans une certaine mesure et de ne laisser parvenir aux poumons que de l'air déjà dépouillé d'une partie des poussières, germes, microbes qui flottaient en lui.

Dans tous les pays chauds, la maison doit être un *sanitarium* où l'homme, chaque jour, retrempera ses forces. Dès lors il résistera plus énergiquement aux principes morbides du lieu et poursuivra plus résolument l'œuvre mère de la colonisation : l'assainissement du sol.

Il nous importe à nous Français, plus encore qu'à tous autres, en raison de notre très minime accroissement an-



nuel de population, en raison de notre inaptitude à l'acclimatement naturel dans les régions tropicales, de nous aider de toutes les ressources que la science et l'industrie peuvent mettre à notre disposition pour réduire dans la plus large mesure possible le tribut humain à payer.

Mais l'utilité, la nécessité absolue de ne plus se livrer au hasard de l'acclimatement naturel et de recourir à l'acclimatation, ne sauraient être établies avec trop de force ; nous consacrerons le chapitre suivant à en fournir les preuves.

---



## CHAPITRE PREMIER

### De l'influence des climats chauds sur les Européens

« L'expérience apprend que pour peu que le climat soit défavorable, l'épreuve (de l'acclimatement) est funeste aux enfants.

» C'est (entre beaucoup d'exemples) ce qui arrive aux enfants des Européens et des Turcs en Egypte. Les soins les plus assidus parviennent rarement à leur faire franchir la première enfance, et le petit nombre de ceux qui ont échappé à la dysenterie succombent à la méningite vers leur quatrième année. Cependant si ces nouveaux-nés sont envoyés en Europe, on les élève facilement (D<sup>r</sup> Pruner-Bey, *Communication orale*.)

» C'est donc le *défaut de coordination entre le nouveau-né et le climat* et non la dégénérescence du fœtus qui développe cette mortalité ; en Egypte, cette tuerie » (1).

« Tous les observateurs sont d'accord à cet égard, tous signalent une mortalité considérable chez les enfants du premier âge transportés sous le ciel des colonies ; il n'est pas pour eux de pays chauds salubres » (2).

L'adulte oppose plus de résistance ; il est pour lui des

---

(1) *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales*, article climat, page 109. — FONSSAGRIVES.

(2) *Nouveau dictionnaire de médecine et de chirurgie*, article acclimatement, page 197. — Jules ROCHARD.



régions salubres ; mais dans celles-là même, il subit une évolution qui lui enlève sa vigueur physique, son énergie morale.

« L'Européen qui arrive dans un pays chaud, mais salubre, n'a pas de tribut à payer aux maladies. Pendant quelque temps, il jouit de la plénitude de sa santé, il supporte sans peine le travail, la marche en plein soleil, il peut conserver sans grande gêne les vêtements qu'il portait dans son pays ; son aspect contraste avec celui de ses compatriotes arrivés depuis plus longtemps.

» Peu à peu ses aptitudes diminuent. Le nouveau venu épuise graduellement ce fond de vigueur qu'il avait apporté. Son appétit décroît, son teint pâlit, son activité physique et intellectuelle s'éteignent, les fonctions de la peau et celles du foie s'exagèrent, l'hématose et la nutrition perdent de leur énergie. Si le pays où il est fixé a des saisons bien tranchées, s'il lui est possible d'aller respirer de temps à autre un air plus vif et plus frais, il peut se maintenir dans cet état qui est en somme compatible avec la santé ; mais lorsque le lieu qu'il habite est soumis à une température constamment élevée, le dépérissement va croissant, le sang s'appauvrit, des troubles nerveux ne tardent pas à se produire.

» Ces désordres rarement dangereux constituent ce que nous appelons l'anémie des pays chauds. Nous ne pouvons y voir qu'un état maladif auquel il faut s'empresse de porter remède, en renvoyant le malade dans sa patrie» (1).

Dans les contrées insalubres, les fièvres, la dyarrhée, l'hépatite ont aisément raison de ces constitutions ruinées. L'anémie a préparé l'organisme à la réceptivité des germes morbides.

---

(1) *N. D. M. C.*, acclimatement, page 192. — Jules ROCHARD.



Dépérissement de l'individu dans les contrées réputées salubres, mortalité excessive, disparition à brève échéance de l'individu et de la race dans celles qui sont soumises aux influences palustres, tels sont les phénomènes généralement constatés.

« Les faits, dit Bertillon, nous paraissent refuser l'acclimatement aux Français, aux Anglais et Germains dans les Antilles, la Guyanne, les Indes, le Sénégal, l'Égypte, etc. . . » (1).

« C'est seulement par les Juifs, les Maltais, les Espagnols et les Portugais que ces terres tropicales peuvent prospérer dans les mains d'une civilisation Indo-Européenne » (2).

Tout en reconnaissant combien sont grandes les difficultés de l'acclimatement de notre race, nous ne saurions accepter, comme fondée, la conclusion de l'éminent ethnographe. On ne peut du passé, déduire l'avenir, qu'autant qu'aucun des facteurs ne sera modifié, qu'autant que nous persisterons à nous livrer à ces climats sans défense, sans précautions d'aucune sorte.

Au cas d'ailleurs où l'on reconnaîtrait comme inéluçables les enseignements de l'histoire, il en faudrait conclure qu'une grande partie du globe terrestre sera toujours réfractaire à toute colonisation.

L'Égypte nous en offre un exemple :

« Depuis six cents ans qu'il y a des mameluks en Égypte, pas un seul n'a donné une lignée subsistante ; il n'existe pas une famille à la seconde génération. Tous leurs enfants périssent dans le premier ou le second âge. — Cette caste guerrière se recrutait exclusivement par l'achat des

---

(1) *D. E. S. M.*, acclimatement, page 308. — BERTILLON.

(2) *Id.*, page 314.



esclaves circassiens ! Les recherches les plus minutieuses, écrit le docteur Shnepp, médecin sanitaire de France à Alexandrie, ne nous permettent pas de trouver dans ce pays *une* famille étrangère qui ait prospéré et qui se soit propagée dans une suite de plusieurs générations.

» Si une colonie étrangère ne s'épuise pas en Egypte, c'est qu'elle est sans cesse complétée par des immigrations successives.

» Les enfants Européens, comme ceux des Turcs y meurent.

» Méhémet-Ali qui a eu près de cent enfants avec des femmes de tout sang, n'en a pu élever que quelques-uns et deux seulement subsistent. Mais un fait plus inattendu encore, c'est l'inclémence de la terre d'Égypte pour le nègre » (1).

La solution proposée par les hygiénistes, par les médecins coloniaux, Michel Levy, Aubert Roche, Ruzf, est tout aussi inacceptable.

Il y a, disent-ils, incompatibilité entre l'organisme de l'Européen du nord et le climat de la zone tropicale, le Français et, à un plus haut degré encore, l'Allemand, l'Anglais et le Hollandais sont trop pléthoriques ; il faut modifier l'organisme, le débilitier.

« Puisqu'il existe un rapport constant entre l'énergie de la respiration et la quantité de chaleur animale développée, plus le climat est chaud, plus les combustions respiratoires diminuent d'intensité, et la production de la chaleur diminue dans la même proportion. La réduction de l'activité digestive et respiratoire est donc la première nécessité d'acclimatement pour l'Européen qui arrive avec une surabondance de sang rouge, épais, riche en fibrine, il faut qu'il perde un excédant de forces organiques, il faut que ses fluides perdent de leur plasticité et cessent de porter dans tous les tissus une stimulation désormais dan-

---

(1) D. E. S. M., acclimatement, page 281. — BERTILLON.



gereuse. La décoloration générale des indigènes révèle assez les conditions de ce fluide ; le nouveau venu doit parvenir au même degré de défibrination et de déchet globulaire ; quand il l'a atteint, il se fait remarquer comme l'indigène par l'étiollement de la peau, par l'abaissement de la calorification, par un air de maladivité, par la lenteur des mouvements. Alors son système nerveux ne s'exalte plus que par saccades, par paroxysmes qui augmentent consécutivement le collapsus général ; alors il est bien et dûment débilité, alors il est indigénisé » (1).

On ne fera point de difficultés de nous accorder que mieux vaut modifier le milieu dans lequel nous vivons.

Nous chercherons d'abord à préciser qu'elle est l'influence attribuable à chaque élément du climat, ou du moins aux principaux d'entre eux ; car il en est plusieurs sur lesquels nous ne possédons encore que des notions fort sommaires ; puis ayant reconnu quel degré d'importance il convient d'attacher à la température, à l'humidité, à l'état de repos ou de mouvement de l'atmosphère, nous aborderons l'étude des moyens à employer pour créer dans nos demeures une atmosphère tonique ; enfin, dans un chapitre spécial, nous rechercherons quelles sont les conditions dans lesquelles se manifestent les affections morbides des lieux insalubres et quelles sont les dispositions à adopter, alors que l'on est dans l'obligation d'établir sa demeure dans une localité où règne la malaria.

Qui ne voit quel immense intérêt ont tous les peuples à apprendre à vivre en parfaite santé, en pleine activité dans les pays chauds. Nulle part la végétation n'est plus belle, plus puissante, plus variée, la nature plus généreuse, plus prodigue de ses biens. Quelles prodigieuses richesses sont perdues alors que des millions d'hommes végètent misérablement dans la vieille Europe sur un sol insuffisant.

---

(1) Michel Lévy, *Traité d'hygiène*, page 526.



La Jouvence de l'avenir, a dit Michelet, se trouve dans deux choses ; une science de l'émigration, un art de l'acclimatation.

**Des éléments climatériques.** — Nous consacrerons ce chapitre à l'étude des facteurs atmosphériques ; celle des influences telluriques sera traitée en dernier lieu.

Dégageons d'abord le sujet des éléments secondaires : électricité, ozone, lumière. Nous nous attacherons ensuite à faire ressortir l'importance respective des facteurs primordiaux : température, humidité, état de repos ou de mouvement de l'atmosphère.

**Electricité.** — Tous les voyageurs qui ont traversé le Sahara ont observé de nuit l'abondant dégagement d'électricité qui se manifeste au moindre frottement (1). « Il suffisait de passer légèrement la main sur nos têtes et les poils de nos chevaux, de nos chiens, pour faire jaillir immédiatement un grand nombre d'étincelles. Nos tentes étaient transformées en véritables bouteilles de Leyde et nous tirions de leurs parois des étincelles de 0,25 c. »

Quoique ce chiffre soit vraisemblablement exagéré, le fait de la production des étincelles n'en est pas moins constant. On le retrouve mentionné dans tous les récits des voyageurs ; l'air étant très-sec dans le désert, la tension électrique du sol est fort souvent considérable. Les mêmes phénomènes électriques ont été constatés sur les hauts plateaux de l'Amérique du centre, par les membres de la mission scientifique de l'expédition du Mexique. Or, il ne paraît pas que cela ait quelque effet sur les populations soumises à ces hautes tensions continues.

D'autre part, dans les contrées pluvieuses du nord, la tension électrique est généralement très faible ou nulle ; les populations n'en sont pas moins vigoureuses.

---

(1) *Algérie et Sahara*, page 138, par Lucien RABOURDIN.



Il résulte des expériences de M. Wartman (1) que l'électricité est sans influence sur la végétation, et de celles de M. Richet (2) que même à de très hautes tensions, l'électricité des machines est absolument sans effet sur les fermentations.

Rappelons cependant que MM. Déhérain et Maquenne (3) ont établi que certaines effluves électriques même exemptes d'étincelles peuvent décomposer l'eau en ses éléments.

De l'ensemble des faits observés nous paraît donc se dégager la conclusion que l'électricité atmosphérique est sans grande influence sur le développement organique de l'homme.

L'on ne saurait certes méconnaître qu'alors que l'état électrique varie brusquement, les personnes nerveuses, les malades en sont affectés. Mais il n'en résulte pas de modification permanente dans l'organisme.

**De l'Ozone.** — Nombre de savants ont recherché quel est le rôle de l'ozone; c'est là une question qui n'est point entièrement vidée, il est cependant quelques points que l'on peut considérer comme définitivement acquis.

L'ozone, d'après Schonbein, brûle les matières organiques qui flottent dans l'air et joue le rôle de purificateur. Par contre, si la teneur de l'atmosphère devient trop considérable, il peut donner lieu à des affections telles que la grippe.

Les expériences les plus récentes confirment ces indications. Il est aujourd'hui démontré que l'ozone est un oxydant des plus énergiques, il tue les germes ainsi que cela a été établi par M. Chapuis; il occupe le premier rang dans l'échelle des antiseptiques (4); à la teneur de 2 % dans l'atmosphère il entraîne la mort des animaux supérieurs.

---

(1) *Revue Scientifique*, 1<sup>er</sup> semestre 1882, p. 248.

(2) *Id.*, 1<sup>er</sup> — 1881, p. 123.

(3) *Id.*, 2<sup>e</sup> — 1881, p. 767.

(4) *Id.*, 2<sup>e</sup> — 1881, p. 346.



D'après le docteur Hall, la salubrité de l'Australie, l'absence des fièvres, aurait pour cause la grande richesse de l'air en ozone.

L'agitation de l'air, l'évaporation, la végétation donnent naissance à la production de ce gaz. C'est au milieu des océans que la richesse ozonométrique est la plus grande (amiral Fitz-Roy, Jacolot). C'est dans les villes qu'elle est la plus faible. (Houzeau).

Si cependant on considère que le littoral est généralement plus insalubre que l'intérieur des continents, quoique l'air y soit plus riche en ozone et que de même le séjour au milieu des plus belles forêts de l'Indo-Chine est des plus redoutable, on sera tenté de mettre en doute que, à la dose à laquelle il est répandu dans l'atmosphère, son influence soit bien considérable.

**Lumière.** — La lumière solaire exerce sur la végétation une influence décisive, supérieure même à celle de la chaleur, son action sur l'organisme humain est moins bien connue.

Pour en préciser les effets, il y aurait lieu de tenir compte à la fois de son intensité et de sa composition.

Voici comment s'exprime à ce sujet M. Radeau :

« Dans les contrées tropicales la lumière chimique du jour éprouve des variations très grandes par suite des pluies qui inondent ces pays une partie de l'année. Pendant les averses, l'activité chimique du ciel tombe à zéro, elle se relève brusquement quand l'orage s'est dissipé. C'est pour cette raison qu'à Mexico les photographes sont quelquefois obligés de prolonger très longtemps la pose, à une heure de la journée où le temps de pose serait très court en Europe. Cependant la force chimique normale du soleil des tropiques est très considérable.

» Toutes les observations confirment l'indépendance réciproque des intensités optique et chimique de la lumière solaire ».



Ici encore on pourrait dire, mettant en parallèle la luminosité éblouissante des hauts plateaux du Sahara algérien et la lumière terne, le ciel nuageux du Nord de l'Europe, que l'homme s'accoutume de quantités de lumière très différentes, sans que sa constitution en souffre. Il y aurait toutefois lieu de s'assurer par des expériences directes si les variations d'intensité chimique de la lumière ne sont pour rien dans la manifestation des états atmosphériques morbides.

**Atmosphères chaude et sèche.** — Il est des contrées très arides et très chaudes dans lesquelles certaines races humaines prospèrent.

« Le climat du Sahara est généralement sain, principalement dans les régions *sèches et élevées*. Tous les voyageurs qui ont parcouru les plateaux sahariens sont unanimes dans leurs appréciations à cet égard. Le capitaine Vincent parlant des régions occidentales où le thermomètre marquait 47° à l'ombre au mois de mai, ajoute : « Il ne faudrait pas croire que cette chaleur soit débilitante. Le désert quand on a soin de bien se garantir la tête de l'action trop directe du soleil, est excessivement sain. Il nous eût été impossible avec le régime alimentaire auquel nous étions soumis de résister aussi longtemps dans une région chaude et humide.

» Les Trarza qui habitent les parages du fleuve le Sénégal sont très sujets aux accès de fièvres intermittentes. Ils savent que pour se guérir, il leur suffit de *monter dans le désert*.

» Dans l'intérieur on peut dire, comme les Maures, que la seule maladie est la faim et la soif » (1).

« Les températures élevées, avec sécheresse de l'air, ne

---

(1) DUPONCHEL, *Le chemin de fer Trans-Saharien*, page 155.



sont ni insalubres, ni dépressives. L'homme les supporte très bien et peut sous un pareil climat développer une activité remarquable. C'est ce qu'on a observé autrefois et de nos jours dans la moyenne et haute Egypte. Les ascètes de la Thébaïde, les moines du désert de Nitria, dans les premiers siècles de l'empire byzantin, ont plus d'une fois prouvé, par une participation des plus actives aux affaires temporelles, par des travaux d'érudition, par une vie prolongée jusqu'aux limites les plus reculées de longévité, la salubrité d'un air sec et chaud. Les voyages accomplis de nos jours dans le Sahara prouvent encore parfaitement cette thèse.

» Rohlfs, comme exemple de hautes températures parfaitement inoffensives pour l'homme, raconte qu'à Bilma son levrier Mourzouk s'était brûlé les pattes sur le Dendal, promenade publique, sorte de boulevard, parce qu'on avait oublié, comme on l'avait fait jusqu'alors, de lui faire porter des sandales pour le protéger contre la température brûlante du sol, ce qui obligea Rohlfs à le faire monter sur un chameau pour faire route jusqu'à Kaouad.

» Dans le Touat, qu'ils traversa dans l'été de 1864, aux mois de juillet, août et septembre, Rohlfs constate que la température à l'ombre le jour ne s'abaisse guère au-dessous de 40°, et cependant il a accompli cette pénible exploration sans un jour de maladie sérieuse.

» Le docteur Nachtigal, dans son récent voyage Saharien chez les Tibbous Reschad, a constaté plusieurs fois au mois d'août, des températures oscillant vers le milieu du jour entre 35 et 40° c. à l'ombre et pourtant, malgré une foule de privations et de souffrances physiques, il n'a eu à subir aucune indisposition grave; à Kaouar, chez les Tibbous, la température s'élevant chaque jour au mois de mai 1870, au-dessus de 45° » (1).

Il ne faudrait point conclure de là que l'acclimatement

---

(1) Ch. PAULY, *Climatologie comparée*, page 128.



est acquis à l'Européen dans ces lieux ; mais seulement que l'adulte doué d'une robuste constitution peut y séjourner quelque temps sans compromettre sa santé. Il n'en serait point de même pour les personnes faibles et les enfants en bas âge.

Les périodes pendant lesquelles soufflent les vents du désert sont d'ailleurs fort pénibles à supporter, elles éprouvent gens et bêtes. Voici ce que M. Vauvray dit du khamsin d'Alexandrie :

« Ce vent sévit dans toute la vallée du Nil et y apporte une impression de chaleur étouffante. Chargé d'une poussière impalpable, il exerce sur les êtres vivants une influence des plus pénibles. Le mot de Simoun (poison) qui lui est donné par les arabes, caractérise son influence délétère. L'action des tourmentes se fait sentir chez tous les êtres animés.

» Chez l'homme, la respiration s'accélère, le pouls augmente de fréquence, la peau et le palais se dessèchent, la soif devient ardente et l'insomnie accroît encore toutes les autres souffrances. On éprouve un sentiment marqué de faiblesse générale et une apathie complète. On sent que l'activité vitale motrice et nerveuse est diminuée. »

**Atmosphère chaude et humide.** — Une atmosphère chaude et humide n'est pas toujours délétère, il serait aisé de citer nombre d'îles perdues au milieu des océans : Viti, Taïti, les Samoa, la Nouvelle-Calédonie, la Nouvelle-Zélande, etc., dans lesquelles l'air est toujours chaud et humide, où l'Européen prospère et conserve sa vigueur. Mais c'est alors qu'en ces lieux soufflent des vents permanents.

Si l'atmosphère est chaude, humide, stagnante, l'organisme en éprouve des modifications profondes ; l'homme s'anémie.

En même temps que l'évaporation cutanée et pulmonaire faiblissent, il y a atonie des voies digestives, af-



faissement des forces musculaires, alanguissement des fonctions de réparation ; ceci dans les pays salubres où ne sévissent point les endémies telluriques. Pondichéry peut être cité comme exemple. Là, sous l'influence d'une température constamment chaude et humide, les Européens tombent promptement dans un état d'anémie très prononcé.

Suivant donc que le climat est sec ou humide, l'Européen prospère ou dépérit. C'est là un fait dont M. Celle a, l'un des premiers, saisi la haute importance ; aussi a-t-il proposé de distinguer les climats secs des climats humides.

Cette distinction est pleinement justifiée par les observations recueillies en tous lieux ; elle en ressort clairement, si, écartant tous les autres facteurs accessoires, on établit la comparaison entre des contrées qui ne diffèrent que par leurs qualités thermométrique et hygrométrique.

Alors que dans les climats à atmosphère chaude, humide, calme, par une température ne dépassant point 30 à 32°, l'homme s'anémie, les races autochtones n'ont ni énergie, ni vigueur ; dans les climats secs, se développent des races belliqueuses, robustes, quel que soit le degré qu'atteigne le thermomètre : les Indous, d'une part, les Sahariens de l'autre (Touaregs, Chambaas, etc.), en sont un exemple frappant.

La cause en est, selon nous, à ce que dans les premiers, l'homme ne peut disperser la chaleur qu'il produit qu'en tant que cette production est minime, qu'en tant qu'il n'assimile que des quantités fort limitées de matières alimentaires, l'équilibre thermique normal est compromis, la température interne tend à s'élever ; alors que dans les seconds, l'évaporation, en raison de son énergie, compense la faiblesse des autres sources de déperdition. C'est ce dont on peut s'assurer en évaluant les déperditions caloriques de l'homme dans ces deux états climatériques.



**De l'équilibre de température de l'homme dans divers états climatiques.** — La température interne de l'homme en bonne santé est sensiblement constante ; elle est comprise suivant les sujets, entre 36° 50 et 37° 50 dans les climats tempérés. On peut admettre qu'elle est de 37° en moyenne.

Elle varie d'ailleurs d'un point à l'autre du corps ; d'après Claude Bernard, elle serait de 40° 6 à 40° 9 dans le foie.

La constance relative de la température interne résulte de l'équilibre qui tend à s'établir entre les gains et les pertes de chaleur, sous l'action régulatrice du système nerveux.

Les éléments principaux à considérer sont : la production de chaleur interne par les phénomènes d'ordre physiques et chimiques (oxydations, hydratations), les productions de travail, l'évaporation pulmonaire et cutanée, la transmission à l'air expiré et à l'air qui baigne le corps, le rayonnement, l'ingestion des aliments et boissons, les déjections diverses. Dans des conditions climatiques normales et à l'état de santé, le système cérébro-spinal maintient l'équilibre thermique ainsi que l'a établi l'illustre physiologiste que nous avons cité plus haut ; il active ou ralentit l'afflux du sang à la périphérie, et par suite les déperditions caloriques par contact et par évaporation ; il règle la production de calorique en précipitant ou ralentissant les mouvements respiratoires, l'absorption d'oxygène.

L'organisme jouit donc d'une résistance calorique propre ; mais il ne faut point s'en exagérer la puissance, elle est très minime en ce qui concerne l'échauffement.

Si la température extérieure est à plus de 37°, l'évaporation est la seule source de froid qui puisse être mise à contribution ; la résistance de l'homme à l'échauffement sera inférieure à celle d'un alcarrazas, car la vie s'accompagne toujours d'une production de chaleur.



Personne n'a encore pu supporter pendant dix minutes la chaleur d'une étuve saturée d'humidité à 55°, tandis qu'il est relativement aisé de rester pendant un quart d'heure dans une étuve sèche marquant 100° et même 110° et jusqu'à 132°, d'après une expérience de Tillet.

Au lieu d'admettre comme un axiome que la température humaine est constante, est la même sous tous les climats, et de rejeter systématiquement comme erronées toutes les observations thermométriques qui ne se rangent point à cette loi, il serait utile de mesurer l'amplitude des variations et de voir si là, n'est point la cause première de l'évolution anormale de la cellule, de l'anémie des pays chauds.

J. Davy a constaté la variation suivante : « Le 4 avril 1866 à midi, par une latitude sud de 22° 44', le thermomètre à air libre marquant 26° 7, la température de six matelots bien portants, âgés de 20 à 28 ans, prise sous la langue, varia entre 37° 5 et 38° 3, la moyenne fut de 37° 7.

Le 5 mai à midi, par une latitude sud, marquant 15° 5, la température des mêmes hommes, prise de la même manière, varia de 36° 6 à 37° 1, la moyenne ne s'éleva qu'à 36° 8.

Pour un abaissement de 11° 2 de la température extérieure, la température moyenne des matelots s'était donc abaissée de 0° 90 (1).

Il paraît présumable que, passant d'un climat froid à un climat chaud humide, à atmosphère stagnante, l'élévation thermométrique du corps serait encore plus sensible.

Or, l'on sait qu'une variation de 2° au-dessus ou au-dessous de la température normale suffit pour caractériser la fièvre ou l'état algide.

A 39° il y a fièvre, à 44°, le cœur ne bat plus, le sang ne dissout plus l'oxygène, il se coagule, la mort s'en suit promptement.

A 36° il y a commencement de léthargie, à 33°, l'homme meurt.

---

(1) D. E. S. M., J. GAVARRET, *Chaleur animale*, page 6.



Une oscillation de 5 à 6° est donc mortelle.

Ceci est vrai non seulement pour l'homme, mais aussi pour la plupart des animaux à sang chaud. Nous parlons, bien entendu de la température interne dans les parties profondes, telles que le cœur, le rectum, car à la surface cutanée, elle peut descendre à 32° ; aux pieds et aux mains, plus bas encore, sans qu'il s'en suive de graves accidents.

Tous ces faits démontrent quelle haute importance il convient d'attribuer à l'équilibre thermique ; ils font présumer que des différences en apparence insignifiantes, de 1° à 2° peuvent engendrer à la longue des troubles profonds.

Mais avant de développer cet ordre de considérations, évaluons chacune des composantes de la température de l'homme, calculons-en les valeurs extrêmes. Nous pourrions ensuite nous prononcer avec plus de certitude.

**Production de la chaleur interne.** — Elle a lieu en grande partie dans les muscles. Leur température est toujours plus élevée que celle des tissus qui les enveloppent. Les centres nerveux, le foie, sont aussi des foyers importants. Quant aux poumons, loin d'être le foyer principal, exclusif de la chaleur vitale, ainsi que le présumait Lavoisier, ils sont le siège d'une source de froid. La transformation de l'eau en vapeur et de l'acide carbonique dissous en acide carbonique gazeux, l'emporte sur la chaleur due à la combinaison de l'oxygène avec l'hémoglobine.

La chaleur est distribuée dans tout le corps par le sang. Au plus la circulation est active, au plus la température à la périphérie se rapproche de 37°, au plus la sueur afflue à la surface cutanée. Si elle se ralentit au contraire, la température cutanée tend vers celle de l'air ambiant. La transmission à ce milieu étant proportionnelle à la différence de température, elle diminue si la différence diminue. Les déperditions sont donc dans une certaine mesure sous la dépendance du système nerveux.



La production interne varie suivant que l'on considère les périodes de sommeil, de repos, de travail. Quand l'on passe du sommeil au travail, la respiration s'accélère, la quantité d'oxygène brûlé et d'acide carbonique exhalé, et par suite le nombre de calories produites s'accroît très rapidement. Une partie de cette chaleur se transforme en travail, l'autre élève la température du corps à la périphérie, la tension artérielle s'accroît, les déperditions par évaporation, par contact, par rayonnement, deviennent plus considérables ; l'équilibre de température parvient ainsi à se maintenir.

L'on peut cependant après un travail musculaire considérable et prolongé, constater un léger abaissement dans les profondeurs de l'organisme, un demi degré environ. Les combustions intérieures ne suffisent plus aux déperditions externes et au travail dépensé.

D'après les expériences de Hirn, le dégagement de chaleur sensible par un adulte du poids de 67 kilog. est de  
40 calories (1) par heure durant le sommeil,

154,1 . . . . .	id. . . . .	le repos,
271,2 . . . . .	id. . . . .	le travail.

Considérons une journée composée de trois périodes égales de sommeil, de repos et de travail. La chaleur disponible sera de 3725 calories (2).

Cette source de chaleur est donc considérable, la température du corps croîtrait rapidement, (3° par heure environ), si les déperditions étaient nulles.

**Respiration.** — L'homme aspire l'air ambiant, cet air passe dans les poumons, il y acquiert une température voisine de 37°, il se charge d'acide carbonique et se sature

---

(1) La calorie est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° la température d'un litre d'eau.

(2)  $\frac{24}{3} (40 + 154,4 + 271,2) = 3725$



d'humidité ; de là trois causes de déperditions de chaleur dont l'importance dépend de l'état atmosphérique.

Nous envisagerons dans nos calculs trois états différents : dans l'un la température sera de 0° et l'air à moitié saturé ; dans le second, l'atmosphère sera à 37° et saturé au quart ; dans le troisième elle sera à 32° degré et saturé aux trois quarts. Nous adopterons ces chiffres comme caractérisant, les premiers l'hiver des climats septentrionaux, les seconds l'été des climats continentaux, entre les tropiques, les troisièmes l'été des climats maritimes dans la même zone.

**Transmission à l'air expiré.** — Le volume d'air aspiré par l'homme en vingt-quatre heures étant en moyenne de treize mètres cubes, la transmission de chaleur à l'air expiré, sera dans le premier état de 147 calories (1) dans le second 0 calorie, dans le troisième 17. Si l'atmosphère est à plus de 37°, comme il arrive souvent, alors que soufflent les vents tels que le siroco, le simoun, en Algérie, le khamsin en Egypte, le harmatan au Sénégal, etc., l'air aspiré tend à réchauffer par contact les poumons, au lieu de les refroidir.

**Évaporation pulmonaire.** — L'évaporation, il est vrai,

(1) La formule suivante dans laquelle :

t est la température de l'air aspiré ;

T celle de l'air expiré ;

H la pression atmosphérique soit 760 mm. de mercure ;

F la tension maximum de la vapeur d'eau à la température de l'air ambiant.

$\frac{1}{n}$  le degré de saturation

donnera les valeurs de déperditions :

$$P = 13 \times \frac{1,293}{1+at} \times \frac{H-F}{760} \times 0,237 (T-t)$$



annule cet effet, car ces vents sont très secs, ils donnent lieu à une évaporation considérable. (1)

Les déperditions dues à cette cause seront de 311 calories dans le premier état, de 246 dans le second, et de 143 seulement dans le troisième.

**Dégagement d'acide carbonique.** — L'exhalaison d'acide carbonique est, par journée de 24 heures, de 600 grammes environ ; nous ne connaissons pas la valeur de la chaleur latente de vaporisation, cependant d'après la densité du gaz, on peut la supposer de 300 calories ; la déperdition calorifique serait en ce cas de 180 calories.

**Ingestion des aliments et boissons. — Déjections.** — Admettons une absorption journalière de 2 kilog. d'aliments, moitié à la température atmosphérique, moitié à celle du corps. Les déjections se faisant à 37° degrés, la déperdition sera :

1<sup>er</sup> état 37 calories.  
 2<sup>e</sup> id. 0 id.  
 3<sup>e</sup> id. 5 id.

Il faut pour estimer la quantité de liquide ingéré, tenir compte de ce fait, que la journée que nous avons considérée, comprend une période de huit heures de travail manuel, dès

(1) La déperdition par évaporation sera obtenue par la formule suivante avec une approximation suffisante.

$$13 \left( \frac{1,293}{1+aT} \times \frac{FT}{760} \times 0,622 - \frac{1,293}{1+at} \times \frac{\frac{Ft}{n}}{760} \times 0,622 \right)$$

$$(606,5 + 0,305 T - T) + 13 \times \frac{1,293}{1+at} \times \frac{\frac{Ft}{n}}{760} \times 0,622 (T - t)$$

Le premier terme est relatif à la chaleur absorbée par l'évaporation de l'eau par les poumons, le deuxième à l'échauffement de la vapeur contenue dans l'air aspiré, il est négligeable.



lors, il n'est point exagéré de fixer à 6 litres le volume d'eau qui sera absorbé dans les deux derniers états climatériques. Tous ceux qui ont dirigé des chantiers dans les pays chauds, savent quelle énorme quantité d'eau les ouvriers absorbent, malgré toutes les prescriptions contraires ; c'est là un besoin impérieux, la santé serait promptement compromise, le travail impossible, si l'eau venait à manquer. Les déperditions peuvent être estimées comme il suit : (mais il y a là évidemment un peu d'arbitraire). Les déperditions seront :

1<sup>er</sup> état, 44 calories.

2<sup>e</sup> id. 72 id.

3<sup>e</sup> id. 72 id.

**Bains.** — Le bain froid est un précieux auxiliaire pour combattre la débilitation dans les climats énervants ; là, seulement, il est possible de se livrer à un exercice prolongé, sans ressentir une fatigue extrême ; au dehors, tout mouvement produit la lassitude, la prostration immédiate.

Nous ne saurions cependant tenir compte de cette source de déperdition en raison de son intermittence.

La production de calorique est incessante et il ne suffit point de soustraire à l'organisme une ou deux fois par 24 heures un certain nombre de calories, pour que pendant le restant de la journée, il se trouve dans des conditions normales.

Les expériences nous manqueraient d'ailleurs pour évaluer ces pertes. Aussitôt plongé dans l'eau fraîche, la température cutanée s'abaisse, la différence thermométrique diminue ; en fait la déperdition calorique est moindre qu'on ne serait porté à le croire.

**Évaporation cutanée.** — La quantité d'eau évaporée est proportionnelle à la surface d'évaporation, à la vitesse de circulation de l'air, et en raison inverse de son degré



de saturation. Cette source de froid dépend donc, non-seulement de la température et de l'état hygrométrique de l'air, mais aussi de son degré d'agitation et par suite, relativement à l'homme, de la nature de son vêtement. L'évaporation pourra être considérable si l'air se renouvelle aisément autour du corps ; elle sera forcément insignifiante en cas contraire.

Ce n'est point ici le lieu d'étudier le vêtement, cela nous entraînerait dans une trop longue digression ; bornons-nous à dire que le vêtement à l'euro péenne composé d'une chemise, d'un pantalon, d'un gilet, d'un paletot (non compris les flanelles et caleçons), le tout serré à la taille et au cou, a pour effet d'annuler presque le renouvellement de l'air à la surface du corps, de diminuer considérablement l'évaporation et d'accumuler par suite la sueur.

Ce sont là autant d'inconvénients dans les pays chauds ; il faudrait au contraire que l'air pût circuler librement, que la perspiration se fit incessamment et que la sueur ne s'accumulât point. Elle est une cause de malaise et en même temps un danger. Ayant trop chaud, l'on se découvre, la sueur qui imprègne chemise et gilet s'évapore alors très rapidement ; l'on prend froid.

Pour évaluer les déperditions possibles par évaporation, nous supposerons l'homme nu et l'air peu agité, nous obtiendrons ainsi des chiffres qui seront les valeurs limites que l'on peut atteindre. Dans un air calme saturé au quart, à la température de 37°, l'évaporation peut être estimée à 4 kg. par mètre carré et par jour. La surface de l'homme étant de 1 m 50, la quantité d'eau évaporée sera de 6 kg. Nous calculerons l'évaporation dans les deux autres états climatiques, en admettant qu'elle est proportionnelle à la capacité de saturation de l'air (1).

---

(1). 1m.3. d'air à	0° saturé au	1/2	peut absorber	2 g. 43
—	37	—	1/4	— 32, 91
—	32	—	3/4	— 8, 37



Les déperditions seront :

1 <sup>er</sup> état. . . . .	268 calories.
2 <sup>e</sup> état. . . . .	3,484 id.
3 <sup>e</sup> état. . . . .	883 id.

Ajoutons que ces chiffres ne sont pas exagérés ; dans un air agité, ils seraient beaucoup plus importants. Nous avons admis que, à 37°, dans un air saturé au 1/4 il s'évaporerait une couche d'eau de 4 millimètres en 24 heures ; or nous relevons dans le *Bulletin météorologique de l'Algérie* — Biskra, juillet 1874.

Température maxima moyenne,	37° 91
id. minima moyenne,	23° 55
id. moyenne générale,	31° 52

Evaporation moyenne, 10 millimètres par 24 heures.

Le vent soufflait quelquefois sans doute, mais d'autre part pendant la nuit, la température baissait et l'évaporation devenait faible. Les 10 millimètres étaient donc évaporés en moins de 24 heures.

De tout ceci, il résulte que l'évaporation cutanée dans un pays sec et chaud, est une source puissante de froid qui à elle seule suffit pour équilibrer les productions de calorique, si les glandes sudoripares peuvent, sans fatiguer l'économie animale, fournir la quantité de sueur nécessaire.

Par contre un animal meurt assez rapidement dans l'air sec ne marquant pas plus de 59°, si l'eau vient à lui manquer. Aussitôt ses réserves d'eau épuisées, la température s'élève.

(Suite de la note, page 31.) L'évaporation cutanée sera proportionnelle à ces nombres, elle sera de :

$$6 \times \frac{2,43}{32,91} 606,5 = 268 \text{ c.}$$

$$6 (606,5 + 0,305 \times 37 - 37) = 3484 \text{ c.}$$

$$6 \times \frac{8,37}{32,91} (606,5 + 0,305 \times 32 - 37) = 883 \text{ c.}$$



**Transmission de chaleur à l'air par contact.** —

La transmission de chaleur par contact à l'air varie avec l'agitation de celui-ci ; elle est proportionnelle à la surface et à la différence de température de cette surface et de l'air ambiant, cette différence doit être prise entre le vêtement extérieur et l'atmosphère. La température à l'extérieur du vêtement dépend évidemment de la conductibilité de celui-ci, de la conductibilité de ceux qu'il recouvre et de leur perméabilité.

Même observation que ci-dessus relativement aux inconvénients du costume européen dans les climats très chauds, et relativement à la signification des chiffres que nous allons donner. Ils s'appliquent à la déperdition dans un air calme, par un homme nu dont la peau serait à 37°, ce qui est à peu près exact si l'atmosphère marque plus de 30°.

1 <sup>er</sup> état. . . . .	5328°
2 <sup>e</sup> id. . . . .	0
3 <sup>e</sup> id. . . . .	720

Notons que la température est souvent de plus de 37° et qu'il y a alors gain de chaleur.

Si elle était de 45°, ce gain serait de 1152 calories.

**Rayonnement.** — Il est proportionnel à la surface considérée et à la différence de température entre cette surface et les objets environnants.

Chaque corps jouit d'un pouvoir émissif différent. Nous supposerons les objets avoisinants, aux températures que nous avons choisies pour caractériser les trois états atmosphériques et le corps de l'homme dépouillé de tout vêtement. Le calorique perdu sera, en adoptant pour coefficient de rayonnement de la peau, 3,50.

1 <sup>er</sup> état. . . . .	4665°
2 <sup>e</sup> id. . . . .	0
3 <sup>e</sup> id. . . . .	630



Quand on passe de l'ombre au soleil, la déperdition est le plus souvent négative ; un vêtement blanc très réfléchissant est alors d'un utile secours.

### RÉCAPITULATION

*Déperditions maxima en 24 heures éprouvées par un homme dépouillé de tout vêtement dans un air calme.*

TEMPÉRATURES		0	37	32
ÉTATS HYGROMÉTRIQUES		1 2	1 4	3 4
Respiration	Echauffement de l'air ex- piré. . . . .	147	0	17
	Evaporation pulmonaire.	311	246	143
	Exhalaison d'acide car- bonique . . . . .	180	180	180
Ingestion et déjections des aliments . . .		37	0	5
Ingestion et déjections des boissons . . .		44	72	72
Evaporation cutanée . . . . .		268	3484	883
Transmission de chaleur à l'air . . . . .		5368	0	720
Rayonnement du corps. . . . .		4665	0	630
TOTAL. . . . .		11030	3882	2650

**Conclusions.** — Sans accorder à ces chiffres plus de crédit qu'ils n'en méritent, eu égard aux nombreuses hypothèses que nous avons dû faire pour les obtenir, faute d'expériences directes et en raison même de la complexité, de la variabilité des divers éléments considérés, nous pouvons cependant accepter comme très probables les conclusions que nous allons en déduire. Une erreur de quelques centaines de calories dans nos calculs ne suffirait point pour les infirmer, tant les différences sont considérables.

Dans les climats froids, les pertes par contact avec l'air et par rayonnement, sont les plus importantes. Des vêtements chauds et épais joints à une alimentation très abondante et



très riche en principe combustible (graisses, huiles) rétablissent l'équilibre de température d'une part, en diminuant les pertes, d'autre part en augmentant la production de chaleur. Pour vivre dans leur rigoureux climat, les Esquimaux consomment par jour jusqu'à huit et dix kilog. de viande crue renfermant un bon tiers de graisse. Or un kilog. de graisse donnerait lieu à une production de 9000 calories, si sa combustion était complète.

Il est relativement aisé aux habitants des climats tempérés qui sont doués d'une robuste constitution, de supporter les hivers de la zone glaciale pendant quelques années tout au moins, sans qu'il en résulte des troubles sérieux. Nous ne développerons point cette question, les chiffres relatifs à cet état climatérique ayant été calculés, seulement pour servir de termes de comparaison.

L'examen de ce tableau justifie amplement, par les différences qu'il accuse, la classification en climats secs et climats humides de M. Celle.

Dans les climats secs, l'évaporation est une source de froid dont la puissance est telle qu'il est possible à l'homme d'assimiler la même ration alimentaire, de produire la même quantité de chaleur que celles afférentes aux personnes sur lesquelles portaient les expériences de M. Hirn. Nous avons vu, en effet, que cette production était de 3725 calories et nous trouvons pour valeur des déperditions, 3882. Peut-être pourrait-on objecter qu'il ne suffit pas que l'équilibre se maintienne sur l'ensemble de la journée ; mais qu'il est nécessaire qu'il existe à chaque heure du jour, et que, dès lors, la température choisie, 37° est trop basse ; des températures de 45° et même de 47° s'observant quelquefois.

Nous répondrons à cela, qu'à ces heures, l'évaporation sera beaucoup plus considérable que l'évaporation moyenne par heure sur l'ensemble de la journée ; cette source de froid croît en intensité en même temps que la température s'élève, l'air devenant de plus en plus sec. L'alcarrazas placé à l'ombre, à l'abri du rayonnement extérieur, ne s'échauffe pas



beaucoup. A ces heures de forte chaleur, les personnes non acclimatées éprouvent un grand malaise. Cet état est d'ailleurs passager. Enfin la production de calorique interne doit être minime à ces moments ; c'est là un point sur lequel nous reviendrons plus loin.

Dans les climats humides, la condition de l'homme est beaucoup plus mauvaise. La température des climats maritimes est certes moindre que celle des climats continentaux : c'est ce dont nous avons tenu compte en adoptant 32° et 37° pour les caractériser ; mais cela ne suffit pas à compenser la faiblesse de l'évaporation. Notons qu'à cette différence de 5° des températures moyennes diurnes, peut correspondre une différence dans les maxima de 10 à 15°

Dans les climats humides, l'oscillation thermométrique du jour à la nuit est insignifiante, dans les climats très-secs elle est considérable.

Les déperditions ne pouvant être supérieures à 2674 calories (nous avons supposé l'homme nu) force est de réduire l'alimentation. On ne saurait produire 3725 calories sans compromettre l'existence, le corps s'échaufferait au-dessus de sa température normale. Cette réduction s'opère d'ailleurs d'elle-même, fatalement, quelque artifice qu'on emploie pour aiguïser l'appétit ; peu importe que l'on ingurgite une quantité notable d'aliments, l'assimilation n'est que partielle, l'utilisation faible, la délibitation, l'affaiblissement est donc inévitable.

Dès lors, d'aucuns ont estimé qu'il valait mieux s'y prêter de bonne grâce pour éviter des perturbations de l'appareil digestif.

Telles sont les conclusions de MM. les docteurs Ruzf, Beaucoy et Aubert Roche, les premiers pour les Antilles, le dernier pour l'Egypte ; ils disent trop pléthorique l'immigrant européen ; il faut, disent-ils, le débilitier dès son arrivée.

Non seulement une alimentation abondante est nuisible,



mais tout travail excessif ne l'est pas moins ; il y a pendant la période de travail, production considérable de calorique, exagération de sueur.

Ces phénomènes aggravent l'influence climatérique. Rappelons toutefois l'exception déjà spécifiée en faveur de la natation dans l'eau fraîche. Là, en effet, le calorique produit se dissipe au fur et à mesure.

Il y a donc lieu de conclure que l'habitant des pays froids qui s'expatrie pour aller vivre dans un climat chaud et humide, trouble profondément les conditions normales de son équilibre thermique ; d'une part, il est contraint d'exagérer les excrétions sudorales pour livrer à l'évaporation tout ce qu'elle peut emporter et tirer le meilleur parti possible de cette source de froid ; d'autre part, il lui faut réduire considérablement sa ration alimentaire, sa production calorique.

Dans les climats secs, l'immigrant peut (théoriquement au moins) continuer son régime ; en fait, il arrivera peu à peu à le réduire, mais dans une proportion moindre. Il tendra à s'établir un nouvel état dans lequel la production étant plus faible, l'évaporation nécessaire se trouvera réduite d'autant. Le rendement de la machine animale n'est nullement invariable ; il est beaucoup plus élevé dans le Sahara qu'à Paris. A une consommation de nourriture minime correspond une production de travail considérable dans une atmosphère chaude et sèche.

Aussi ce n'est point tant dans cette diminution des aliments assimilés que gît le péril (quoique si elle est trop accentuée, les tissus n'étant plus renouvelés aussi activement, se flétriront, l'individu vieillira) que dans l'élévation même de la température interne.

Sachant par les expériences de Claude-Bernard que vers 44° le sang ne dissout plus l'oxygène, et que la température du foie est de 40°8 dans les climats tempérés, on est très fondé à présumer qu'une élévation de 1 à 2° de la température interne doit exercer un trouble profond dans la génération des cellules, dans le fonctionnement de l'organisme,



lorsqu'elle se maintient pendant des semaines, des mois entiers.

D'autres faits pourraient être invoqués à l'appui de cette hypothèse.

Pendant les fièvres, l'absorption d'oxygène est très minime ; tout n'est donc pas de se livrer à de profondes et nombreuses inspirations, une différence minime dans la température du sang suffit pour troubler l'hématose.

L'on sait, d'autre part, qu'une différence de température de cet ordre suffit pour modifier considérablement le pouvoir de pullulation d'un milieu destiné à la culture des microbes.

On ne saurait donc attacher trop d'importance à la température interne.

Pour présumer quel sera le degré d'élévation, il faut tenir compte à la fois des indications du thermomètre et de l'hygromètre ou, ce qui est plus simple et plus exact, consulter un thermomètre mouillé. La température psychrométrique donne la mesure du danger.

La résistance de l'homme à l'échauffement est comparable à celle d'un alcarrazas. Dans les climats secs, elle sera plus grande que dans les climats humides, la température fut-elle plus basse de 10 à 15°

C'est à l'élévation de la température psychrométrique qu'est dû le caractère débile des Indous comparé à la vigueur des Sahariens. De part et d'autre, le régime alimentaire ne comprend pas de viande. Malgré que les Touaregs, les Chambaas se nourrissent exclusivement de laitage et de dattes, malgré que leur ciel soit de feu, ces peuples jouissent d'une robuste constitution.

Pour éviter tout équivoque et supprimer tout élément étranger, tel que aptitude de race, influences palustres etc., il suffit de comparer l'état sanitaire, l'aptitude au mouvement, la résistance à la fatigue des Français en deux points salubres et à hautes températures ; mais l'un à atmosphère sèche, l'autre à atmosphère humide tels que Pondichéry et Biskra.



**Chaleur solaire** — Nous n'avons point tenu compte de la chaleur solaire directe, par la raison qu'étant démontré que la condition de l'Européen vivant à l'ombre est mauvaise, il se trouve, à *fortiori*, établi qu'au soleil, son cas est dangereux. Les nombreux exemples de pléthore calorique, d'insolation qui signalent la période des chaleurs, le démontrent suffisamment.

Si le travail, les marches prolongées en plein soleil, sont encore possibles, quoique fort périlleuses dans les journées de grandes chaleurs, dans les climats secs, pour celui qui ne s'est point adapté au climat, pour celui qui est trop sanguin, pour celui qui se sustente trop grassement, (1) ces labeurs sont absolument funestes dans les climats humides. On a pu dire de celui qui travaille en plein soleil qu'il creuse sa tombe.

**Du vent.** — La température et l'humidité sont les seuls éléments dont nous ayons tenu compte dans nos calculs ; il

---

(1) Il ne sera peut-être point hors de propos ici de rapporter une observation consignée par le général Margueritte, dans ses chasses de l'Algérie :

« Les chevaux destinés à courir l'autruche doivent être entraînés pendant quinze jours à trois semaines.

» La méthode des Mekhalifs consiste à priver le cheval de fourrage, à lui diminuer la ration d'orge et à lui faire faire progressivement en plein midi des courses de deux à quatre lieues.

» Ce mode d'entraînement est rationnel pour courir dans le désert à l'heure la plus chaude des plus chaudes journées d'été.

» Des congestions imminentes seraient le résultat d'un entraînement avec augmentation de nourriture et surabondance de sang.

» Leurs chevaux et juments ressemblaient à des coursiers squelettes ranimés après dissection, tant ils étaient maigres par suite de l'entraînement. »

En outre, les chevaux sont laissés à jeun la veille du jour de chasse, et on leur fait boire cinq à six litres d'eau au moment du départ.

Dans de pareilles conditions, le rendement mécanique de l'animal doit être énorme. Le calorique des combustions interites est transformé en travail ; la production de chaleur sensible doit être très minime.



en est un troisième cependant dont l'influence sur l'équilibre thermique n'est pas moins considérable.

Si l'air se renouvelle incessamment autour du corps, les déperditions par contact et par évaporation vont s'accroître dans les climats humides ; car la température de l'air n'y atteint jamais 37° et l'air quoique fort humide n'est jamais entièrement saturé. La vie, de languissante qu'elle était, va reprendre toute son intensité ; « il suffit que la brise souffle pour soustraire l'Européen aux influences énervantes du climat, pour lui procurer, dit Dutroulau, les sensations vivifiantes d'un printemps éternel d'Europe » (1).

Tel est le cas dans la plupart des archipels du Pacifique. Là où l'alisé règne en maître, la vie est active, les races fortes (aux Fidjis, aux Tonga, aux Samoa, les hommes sont superbes de développement musculaire) (2).

Dans les climats très secs et très chauds le vent n'améliore point les conditions d'équilibre thermique ; déjà en air calme la peau se rétracte, se flétrit, se dessèche. Le vent a pour effet d'accroître les gains de chaleur par contact, si sa température est de plus de 37°. Force est pour diminuer le dessèchement des muqueuses, l'intensité de l'évaporation pulmonaire, de respirer à travers un voile ainsi que le font les Touaregs.

**Du coefficient de déperdition calorique pour caractériser les climats.** — De ces trois agents : température, humidité, agitation de l'air, résulte la déperdition totale ; or c'est cette résultante qu'il importe de connaître ; aussi estimons nous qu'il ne serait point sans utilité de résumer en une seule formule, les diverses causes de déperditions, et de caractériser le climat de chaque localité par les valeurs que prend le coefficient de déperdition totale pendant les mois les plus chauds.

---

(1) Michel LÉVY. — *Traité d'hygiène*, p. 530.

(2) PAULY, p. 670.



Mais l'on ne peut espérer tirer partie de l'idée qu'autant que cette formule serait établie par une commission générale d'hygiène et de météorologie, de sorte que les valeurs calculées en diverses contrées soient comparables entr'elles.

A défaut de formule, la température psychrométrique, et la quantité d'eau évaporée, sont les éléments les plus importants à connaître. Un pays chaud, sera d'autant plus tonique, plus vivifiant, que la température psychrométrique sera plus basse et la quantité d'eau évaporée plus grande.

**De la résistance spécifique des races.** — Il ne serait point sans intérêt de rechercher quelles sont les différences organiques qui permettent à l'indigène des tropiques de vivre là où l'Européen dépérit ; nous ne disons pas de prospérer, car la résistance des indigènes, est souvent fort limitée dans les climats humides. Il est beaucoup d'endémies auxquelles ils sont encore plus impressionnables que les Européens ; il serait en même temps utile d'estimer quelle part revient aux différences d'ordre physique, telle que la nudité du corps, la teinte sombre et huileuse de la peau, sa perméabilité, le régime généralement végétal et sobre ; enfin d'établir un parallèle entre les climats et les races. Ce sont là autant de sujets à approfondir.

**Moyens prophylactiques.** — De l'ensemble des faits et considérations exposés, ressort clairement la conclusion que, c'est à l'insuffisance des dépenses caloriques qu'est due l'anémie des pays chauds salubres. Dès lors, il paraîtra logique, plutôt que d'attendre que la constitution soit ruinée, puis d'aller se retremper dans la mère-patrie, ou sur les hautes montagnes, ce qui n'est d'ailleurs pas possible à tous, de recourir à des moyens préventifs, de créer dans l'habitation une atmosphère vivifiante. Au lieu de réduire le régime alimentaire, la produc-



tion calorique, nous accroîtrons les déperditions. Nous rétablirons l'équilibre thermique dans des conditions de fonctionnement semblables à celles de nos pays d'origine. C'est à l'étude des divers agents de réfrigération qui nous ont paru les plus facilement applicables dans l'habitation, que nous consacrerons les chapitres suivants. Nous aborderons ensuite, quoique d'une façon plus sommaire, l'étude des influences telluriques des climats insalubres.

---



## CHAPITRE II

### **De la réfrigération par un courant d'air naturel doué d'une vitesse sensible**

La ventilation telle qu'on l'entend à l'ordinaire a pour objet le maintien d'une atmosphère salubre dans les lieux habités. Il suffit pour cela d'attribuer par heure 25 à 30<sup>mc</sup> par adulte et 15<sup>mc</sup> par enfant, ainsi que nous le dirons avec quelque développement, en traitant de la ventilation par air froid. Nous nous proposons ici d'utiliser les courants d'air comme mode de réfrigération ; les volumes à mouvoir sont de beaucoup supérieurs à ceux nécessaires à la salubrité.

Le mouvement imprimé à l'air a pour effet de renouveler sans cesse la couche qui enveloppe le corps qui y adhère, sur les parties à nu et aussi, quoique dans une moindre mesure, sous le vêtement ; les déperditions caloriques par contact et par évaporation sont ainsi accrues. De là, résulte cette délicieuse sensation de fraîcheur que nous fait éprouver la brise, même alors qu'elle est tiède et humide. C'est ce phénomène que nous nous proposons d'utiliser ; il comporte d'autres modes d'application que le jeu de l'éventail ou du punka, seuls auxiliaires auxquels l'on ait recours dans les pays chauds. C'est de la création des courants d'air permanents ou intermittents que nous nous occuperons.

Nous n'ignorons point les difficultés, les inconvénients inhérents à ce système ; mais il est tel cas où il est le seul admissible : ainsi, par exemple, s'il s'agit d'établissements fréquentés par un grand nombre de personnes.



Le problème général de la réfrigération en pays chauds, comporte plusieurs solutions ayant chacune leurs avantages particuliers ; il faut les étudier toutes, pour pouvoir faire un choix judicieux entr'elles et même les combiner à deux, et les utiliser tour à tour, si leur efficacité est sous la dépendance de l'état atmosphérique.

Dans les climats maritimes à air humide, à température estivale ne dépassant point 26 à 28°, la ventilation par un courant d'air sera d'un précieux secours.

**Volume d'air à mettre en mouvement.** — La vitesse d'une brise légère est de 2 m. à la seconde environ, c'est celle qu'il faut imprimer à l'air s'il est chaud et humide pour produire la sensation de fraîcheur ; il conviendrait de la réduire, si la température était inférieure à 25°.

Considérons une salle ayant 3<sup>m</sup> de large sur 3<sup>m</sup> 33 de haut, soit 10<sup>m<sup>2</sup></sup> de section, et de longueur quelconque ; elle débitera 72000<sup>m<sup>3</sup></sup> à l'heure, si le courant qui la parcourt, marche à raison de 2<sup>m</sup> à la seconde, ce qui nécessitera l'emploi d'un puissant ventilateur actionné par une machine de dix à douze chevaux.

Abordée ainsi de front, la réfrigération par ventilation est impraticable dans les maisons particulières ; mais il n'en est point de même, s'il s'agit d'un lieu public, café, hôtel, etc. ou encore d'un groupe de maisons, solidaires les unes des autres.

Le courant créé peut en effet parcourir successivement plusieurs salles de grande longueur, si elles sont placées en circuit, plus exactement si elles forment un canal continu et ventiler cent ou mille personnes, sans qu'il soit nécessaire d'augmenter la force motrice. Si le nombre de personnes est considérable, la solution devient pratique et même très économique, puisque, à raison de 30<sup>m<sup>3</sup></sup> par tête, ce courant suffirait à la ventilation normale de 2,400 personnes.

Au cas où la section de 10<sup>m<sup>2</sup></sup> serait insuffisante, eu égard aux proportions de l'édifice, on pourrait l'accroître, la dou-



bler même, sans modifier en rien la puissance de la ventilation ; on divisera la salle en deux par une cloison longitudinale en glaces, de telle sorte que la vue puisse en embrasser l'ensemble. L'air après avoir cheminé dans l'un des côtés sera ramené par l'autre.

Si l'on se bornait à ce seul artifice, la réfrigération par ventilation serait forcément limitée à quelques cas particuliers ; mais il est aisé d'en imaginer d'autres de même genre, pour réduire la masse d'air à actionner et par suite la force motrice nécessaire.

Le principe même de ce système de réfrigération n'est pas de mettre en mouvement de grands volumes d'air, mais bien de renouveler constamment la couche qui enveloppe le corps. Il n'est nullement besoin que la section d'écoulement soit de  $10^{\text{m.}2}$ , il suffit que le corps soit plongé dans le courant.

La solution théorique radicale serait de canaliser le courant dans des gaines en étoffe embrassant le corps ; et quoique à première vue cela paraisse impraticable, il ne faut point de bien longues réflexions pour reconnaître qu'il est au contraire possible d'en faire l'application à certains cas, à certains meubles, au lit notamment, ainsi que nous le verrons. Mais sans aller aussi loin dans cette voie, on peut se borner à réduire la section d'écoulement de l'air en des points convenablement choisis de l'habitation, et aménager les communications de telle sorte que l'air s'écoule forcément par ces étroits passages.

Tel sera le cas dans l'installation représentée (*fig. 1*). On peut employer, soit des cloisons construites à demeure, soit des panneaux mobiles que l'on mettra en place au moment voulu. Ces panneaux seraient semblables aux anciens paravents ; on les appliquera contre les chambranles des portes d'arrivée et on les recouvrira d'une tenture. Leur écartement sera réglé à volonté en raison de la destination de l'emplacement choisi et du nombre de personnes qui doivent y trouver place. Les couloirs ainsi formés étant acces-



sibles par leurs deux extrémités, de longueur minime, à parois mobiles et élastiques, on pourra, sans qu'il en résulte de gêne, réduire leur largeur et leur hauteur au strict nécessaire de telle sorte que le débouché libre laissé à l'air se trouvera réduit à 1 ou 2<sup>m.2</sup> lorsque les personnes y occuperont leurs places, y seront assises. Dès lors, avec un volume d'air dix à cinq fois moindre que celui indiqué plus haut, on jouira de la même sensation de fraîcheur, du même bien-être.

Dans les dispositifs représentés (*fig. 1*), le courant prend des vitesses très différentes, suivant qu'il traverse ces couloirs ou qu'il s'épanouit dans les pièces ; il en résultera des pertes de force vive considérables, et la puissance du moteur ne sera point diminuée autant que l'aura été le débit, surtout si le parcours comprend plusieurs points de passage. On remédiera quelque peu à cet inconvénient, en adoptant les dispositifs représentés *fig. 2* et *3*.

Dans la *fig. 2* la ligne A B représente des châssis mobiles recouverts d'une tenture; le courant se trouve ainsi canalisé sans étranglement, ni changement brusque de section, tout en étant utilisé dans diverses pièces successives. Les châssis peuvent être supprimés ; la tenture sera alors accrochée au mur en C D, de là, elle passera sur une tringle ou une corde fixée de A en B à 2<sup>m</sup> 20 de hauteur.

Dans la figure 3, le courant dessert successivement divers appartements, il monte des caves au rez-de-chaussée, par la cheminée A, suit le parcours marqué par les flèches et se dégage dans la cheminée B qui le porte à l'étage supérieur. Ce canal est coupé par des cloisons correspondant aux diverses pièces de l'habitation, mais elles ne s'élèvent point jusqu'au plafond et laissent une large ouverture au courant.

Là, où il sera utile d'intercepter la vue, d'amortir les bruits d'un côté à l'autre, on combinera ensemble trois cloisons, partie à claire-voie, partie pleines (*fig. 4*) faisant chicane. Ce même croquis représente une tenture flottante, dont on réglerà la hauteur à volonté.



On peut imaginer d'autres dispositions, mais celles-ci suffisent à démontrer qu'il est possible, sans actionner d'énormes volumes d'air, de créer en des points déterminés des courants à vitesse sensible et de faire servir le même courant, à la ventilation de divers appartements d'une maison.

Examinons maintenant quels sont les moyens à employer pour utiliser les vents, les brises naturelles ; nous verrons ensuite à quels agents, à quels moteurs, il faut s'adresser pour les faire naître artificiellement, là où l'atmosphère est trop calme.

**De la brise naturelle.**— Dans les régions balayées par les vents réguliers permanents, tels que les alizés, la température est peu élevée ; la ventilation naturelle est le mode de réfrigération par excellence, le tout est d'aménager la maison pour les recevoir.

Dans les régions que fréquentent les brises marines intermittentes, on doit de même en tirer parti malgré leur inconstance, en raison de l'extrême simplicité des dispositions à prendre pour en jouir ; mais l'on s'aidera, en outre, pendant les heures de calme, d'un autre système de réfrigération.

Les rues des cités devraient être alignées suivant les directions des brises d'été, ou tout au moins leur tracé devrait-il être tel, que ces brises pussent y pénétrer et les parcourir dans toute leur longueur, sans rencontrer de ressaut, ni de changements brusques de direction qui brisent le courant et l'éteignent. Si les artères principales ne satisfont pas à ces conditions, si l'on ne peut, s'inspirant de l'exemple des Ptolémée, ouvrir des voies faciles aux brises du large ainsi qu'ils le firent à travers Alexandrie, tout au moins pourrait-on graduer les hauteurs des maisons et ne point masquer complètement les quartiers placés à l'aval des courants, et créer ainsi des sortes de bas-fonds où jamais ne circule la brise, et où seule la tempête se fait



sentir. Mais il ne suffit pas d'ouvrir les rues aux courants aériens, il faut encore que ceux-ci pénètrent dans les maisons.

Dans celles faisant face au vent, la précaution à prendre est toute indiquée ; il faut laisser ouvertes les baies qui se correspondent de la face amont à la face aval. Il s'établira des courants dont on atténuera la vitesse, en réglant l'entrebaillement des portes et fenêtres. Les ouvertures des murs et cloisons devront autant que possible être en ligne droite ; la moindre dépression entre les deux orifices d'entrée et de sortie fera naître le mouvement.

Si le vent longe les façades, on le déviera à l'intérieur à l'aide de volets fixés aux fenêtres, et on lui fera traverser la maison de part en part. Sur l'une des façades, les volets seront placés à contrevent, (*fig. 7*) ils feront par exemple un angle de  $45^{\circ}$  avec l'axe de la rue ; sur l'autre ils seront couchés sous le vent et feront l'angle supplémentaire. On fixera les charnières sur les angles opposés, on donnera à ces volets simples, à un seul battant, la largeur de la fenêtre pour accroître leur efficacité. Ici, de même que dans la *fig. 2*, on pourra localiser le courant par une tenture ou par des châssis mobiles qui seront placés suivant AB, BC, CD, et EF, de telle sorte qu'il soit loisible à chacun de séjourner dans le courant ou dans les parties non ventilées des pièces.

Il serait également facile de recevoir la brise par les deux façades, si le couloir LK était remplacé par une cour intérieure, mais le courant serait moins actif, car dans le cas présent il y a pression sur l'orifice A, et dépression sur l'orifice D. Au lieu d'établir les prises d'air sur les façades, il sera souvent préférable de les reporter sur les terrasses. L'histoire rapporte que les Egyptiens installaient au sommet de leurs maisons un double cône de ventilation ; par l'un, le vent descendait à l'intérieur, par l'autre l'air vicié était extrait. Les manches à vent des navires remontent de même à une haute antiquité.

Sur la terrasse on dispose d'un grand espace, on peut



s'installer tout à son aise et donner aux surfaces de déviation des courants, telle étendue que l'on voudra; de plus, on peut choisir la meilleure orientation.

Les volets de déviation seront remplacés par des cloisons convergentes, (*fig. 5 et 6*) recouvertes en voûtines, ayant 2 à 3 mètres de haut à l'origine, et venant se raccorder en mourant au sommet de la cheminée de ventilation, tout comme de gigantesques manches à vent, en forme de pipe dont le tuyau serait la cheminée. Le vent s'engouffrera entre ces cloisons et descendra dans l'étage à ventiler. Même observation que plus haut, pour la localisation des courants dans des couloirs à parois flottantes.

Si au lieu d'une maison de ville, il s'agit d'une maison de campagne, il est un autre dispositif dont on s'aidera parfois (*fig. 8*). En même temps que l'on choisira pour emplacement une éminence bien dégagée de tous côtés, on dirigera vers la maison, des lignes de plantation formant éventail pour dévier et concentrer les brises d'été. Ces lignes seront complantées d'essences telles que le cyprès, le peuplier, à haute tige, à branchage serré; on en dirigera la taille pour qu'elles forment de véritables barrières de grande hauteur. L'habitation sera traversée dans toute sa profondeur par le courant.

Notons que, autant il est utile et logique d'abriter l'habitation du soleil par des plantations, autant celles-ci deviennent nuisibles si elles empêchent les brises d'arriver jusqu'à elle. Il est aisé de se garer de l'un et de jouir des autres en ne s'enveloppant que d'arbres de haute futaie, sans branchage au bas. L'eucalyptus globulus, en Algérie, satisfait parfaitement aux conditions requises, si l'on ne prend en considération que la période des chaleurs; mais il sera le plus souvent préférable de choisir des arbres à feuilles caduques, tels que le platane, et de les faire s'élanter très-haut sur tige.

Ainsi d'une part, on abritera l'habitation contre les radiations solaires, par des arbres de haute venue, à tronc



nu, et dont les branches s'épanouissent au dessus ; d'autre part, on déviéra, on concentrera sur elle les brises d'été, par quelques lignes de plantations formant barrières.

**Création des courants par la chaleur solaire — Galeries — Tranchées d'appel.** — Nous nous sommes borné jusqu'ici à diriger les courants aériens; l'on peut aussi se proposer de les faire naître sous l'influence de la chaleur solaire.

Il nous a été donné d'observer durant plusieurs mois de forte chaleur, dans une petite ville du littoral de l'Espagne, (Aguilas, province de Murcie), une rue qui était constamment balayée par une délicieuse brise, durant les heures les plus chaudes de la journée, alors que partout ailleurs l'atmosphère était d'un calme étouffant. Cette rue orientée Est-Ouest, et sensiblement horizontale, était normalement traversé par une deuxième Nord-Sud, tracée suivant une ligne de forte pente. Les courants naissaient à 40 ou 50 mètres de la rue transversale, marchaient à la rencontre l'un de l'autre, puis s'infléchissaient vers celle-ci et s'y confondaient. Le phénomène était d'autant plus remarquable qu'il se produisait dans des conditions de simplicité extrême et avec une énergie singulière. Le courant était assez rapide pour entraîner la poussière du sol, et cependant, la cheminée ou mieux, la tranchée d'appel (cette rue étant à ciel ouvert) était formée de maisonnettes à un seul étage et n'avait pas 40 mètres de long, la différence d'altitude n'atteignait certes pas 15 mètres.

Dans toutes les villes situées à flanc de coteau, il serait aisé d'utiliser ce phénomène ; mais on rendrait le procédé plus certain, plus énergique, en recouvrant par un vitrage les ruelles, à forte inclinaison, exposées en plein midi ; ou même en établissant spécialement, dans ce but, des galeries ou tunnels vitrés, dirigés suivant les lignes de plus forte pente. On créerait ainsi une cheminée d'appel chauffée par le soleil. La grandeur de la



section, la longueur du parcours, la différence d'altitude entre la tête d'entrée et de sortie, l'intensité de la chaleur solaire détermineront le débit, la vitesse du courant. En fermant les têtes de ces galeries, on les transformera en véritables serres chaudes. Nous verrons tantôt quelle est la puissance de ce système. La chaleur solaire peut être utilisée à la ventilation par d'autres ouvrages.

Sur la façade sud de l'habitation, aménageons extérieurement au mur et adossés contre lui, des conduits à large section, ayant pour parois apparentes des feuilles de métal noirci, tôle ou zinc, des vitrages ou même des poteries de peu d'épaisseur ; l'air s'y échauffera, il y aura appel dans les pièces en communication avec ces cheminées. Les toitures peuvent servir aux mêmes fins si elles sont à peu près étanches à l'air. Une couverture en feuille de zinc fixée sur liteaux, ou en tôle ondulée, est une véritable surface de chauffe pour l'air qui circule au dessous. Pour rendre cette circulation active nous doublerons la couverture par un faux plafond en planches jointives, fixées sous les arbalétriers ou les chevrons ; sur le faite on ménagera une bouche de sortie d'air chaud, ou mieux encore on surmontera le faitage d'une cheminée. Pour ventiler une pièce, on la reliera par un conduit à large section, avec la nappe d'air chaud. Par cela même, l'étage supérieur sera protégé contre l'afflux de chaleur et il deviendra plus habitable.

La surface de chauffe dont on dispose là, sera souvent très-considérable. Le courant sera très-puissant si l'on donne aux conduits une section suffisante et à la cheminée d'évacuation une certaine hauteur. L'on peut ainsi créer à peu de frais une énergique ventilation de jour.

#### **Calorifères à eau chauffée par le soleil. —**

Mais toutes ces installations présentent un inconvénient des plus graves. Aussitôt le soleil descendu à l'horizon le courant cessera de se produire. Or les nuits sont



bien souvent plus pénibles à supporter que les journées. Sur le littoral notamment dans les climats maritimes, l'abaissement de température du jour à la nuit est insignifiant ; par contre l'humidité s'accroît et la brise s'éteint avec le crépuscule ; les déperditions caloriques deviennent insuffisantes, l'équilibre est détruit, la sueur ruisselle du corps, le sommeil nous fuit, le séjour au lit nous épuise loin de nous reposer de nous reconforter. La moindre agitation de l'air suffirait à rétablir l'équilibre, à nous permettre le repos, ainsi que nous l'avons éprouvé bien souvent par nous même. Sans doute il serait préférable d'agir sur la température de l'air, de le refroidir, de le dessécher et de créer une atmosphère d'air frais et sec dans les alcôves ; cette solution a toutes nos préférences, nous la développerons amplement dans l'un des chapitres suivants. Mais à défaut d'air rafraîchi on sera très-heureux de disposer d'un courant d'air atmosphérique.

La vitesse de ce courant devra d'ailleurs être minime, bien moindre que celle que nous avons admise jusqu'ici, car la production de calorique est beaucoup plus faible pendant le sommeil et les troubles organiques occasionnés par les courants d'air bien plus à craindre, en raison même de l'immobilité du corps.

Une vitesse de 0<sup>m</sup> 25 à 0<sup>m</sup> 50 à la seconde nous paraît devoir suffire.

Notons enfin qu'il est fort aisé ici de localiser le courant entre le lit et une légère étoffe flottant au-dessus (*fig. 42*) ; dès lors le volume d'air à actionner se trouvera réduit de beaucoup ; 100 litres par seconde et par lit suffiront largement.

Pour produire le courant, nous emmagasinerons durant le jour la chaleur solaire dans des bassins à eau recouverts par des vitrages. L'air circulera dans des tuyaux métalliques immergés à 0<sup>m</sup> 10 ou 0<sup>m</sup> 20 sous l'eau et aboutissant d'une part à une cheminée d'évacuation,



d'autre part à la pièce à ventiler. Il s'échauffera dans son parcours à travers le bassin et le courant s'établira.

Calculons *grosso-modo* quelles devraient être les dimensions de ce bassin calorifère.

Nous avons 5 lits à ventiler soit 500 litres à la seconde ou  $30\text{m}^3$  à la minute. Avec une cheminée de 10 à 15 mètres de hauteur, il faut échauffer l'air de  $20^\circ$  centigrades environ pour que le courant s'établisse nettement, ce qui nécessitera une dépense de 185 calories par minute (1).

Or nous savons par Pouillet que chaque mètre carré de surface reçoit du soleil 10 calories par minute à Paris pendant 10 heures par jour. Le bassin devrait donc avoir au minimum  $18\text{m}^2$  de surface ; nous lui donnerons  $40\text{m}^2$  pour tenir compte, de l'interposition du vitrage qui arrête au passage et renvoie vers le ciel un certain nombre de rayons caloriques, des déperditions par le sol et le vitrage, et enfin de l'inégale durée du chauffage de jour et de la ventilation de nuit.

Quant au volume d'eau emmagasiné, il suffirait qu'il fût de  $13\text{m}^3$  (2) et la profondeur du réservoir de  $0\text{m}30$  ; en admettant que la température de l'eau varie seulement de  $10^\circ$  ; que par exemple, de  $60^\circ$  le soir, elle descende à  $50^\circ$  le matin ; en donnant au réservoir 1 mètre de profondeur, le fonctionnement sera assuré pour trois nuits.

L'installation sera assez dispendieuse ; mais la dépense courante, l'entretien et la surveillance seront nuls, la marche très régulière. Le courant sera d'autant plus énergique que le soleil aura été plus ardent.

Cette installation comprend un réservoir recouvert par un vitrage et des tuyaux de chauffe présentant une grande

---

$$(1) 30 \times 1,3 \times 0,237 \times 20 = 185^c$$

$$(2) \frac{0,500 \times 3600 \times 1,3 \times 0,237 \times 20 \times 12}{10 \times 1000} = 13\text{m}^3$$



surface. On pourra donner à ceux-ci la forme rectangulaire, les composer de deux feuilles de zinc espacées de 0<sup>m</sup>10, ayant toute la largeur des feuilles du commerce et soudées par leurs bords. La charge à supporter étant ici fort minime, 0<sup>m</sup>10 à 0<sup>m</sup>20 d'eau, ce mode de construction est parfaitement suffisant. On interposera entre les feuilles, de distance en distance, tous les 0,20 par exemple, des liteaux ou petites planches, pour s'opposer aux déformations. Ces canaux déboucheront dans une galerie aboutissant à la cheminée d'évacuation ; on adossera celle-ci contre le mur le plus élevé de la construction et on lui donnera la plus grande hauteur possible.

Ce système exige que l'on dispose d'un certain emplacement, il sera plus particulièrement applicable à la campagne. Il n'est d'ailleurs admissible que pour la ventilation de nuit à faible débit ; pour celle de jour, il faudrait accroître considérablement l'étendue du bassin.

**Ventilation par cheminée d'appel — Chauffage de l'air par combustible.** — Il n'est point nécessaire d'examiner longuement la ventilation par cheminée d'appel, ce sujet est amplement développé dans tous les traités de chauffage et de ventilation ; ce système est d'ailleurs très inférieur à la ventilation mécanique dans le cas qui nous occupe, par cette double raison que l'air de ventilation n'a pas à être chauffé et que d'autre part, il faut lui imprimer une certaine vitesse, vaincre des résistances ; la ventilation mécanique est seule admissible, étant mis à part, le cas particulier considéré plus haut, relatif à une faible ventilation de nuit.

Mieux vaut brûler le combustible à produire de la vapeur, qui actionnera un ventilateur ; la dépense de calorique sera dix à quinze fois moindre.

**Ventilation mécanique.** — Après avoir indiqué quels dispositifs on peut prendre pour bénéficier des courants d'air



naturels et comment on peut mettre le soleil à contribution pour leur donner naissance, il ne nous reste donc qu'à dire quelques mots de la ventilation mécanique. Nous ne nous engagerons point dans la description des nombreux types de ventilateurs inventés jusqu'à ce jour, on la trouvera dans les ouvrages spéciaux écrits sur la matière ; nous nous attacherons plutôt à indiquer les moteurs qu'il convient d'employer, selon l'importance des locaux et le nombre d'habitants, suivant que l'on sera dans une grande ville ou aux champs : l'homme, les animaux de trait, le gaz, la vapeur, l'électricité seront choisis suivant le cas.

Un homme de force moyenne, peut en tournant la manivelle d'un ventilateur, mouvoir 1000 à 1500 m.<sup>3</sup> d'air à l'heure, et lui imprimer une vitesse de 1 à 2 mètres à la seconde, si les résistances sont faibles, et le ventilateur bien proportionné.

C'est une première ressource, et quelque faible qu'elle soit, on devrait la mettre à profit plutôt que de laisser l'anémie envahir l'organisme. C'est surtout pour la ventilation de nuit que le travail de l'homme est applicable en raison du faible volume d'air à déplacer. On peut même en ce cas, ainsi que l'ont proposés le général Morin et Pécelet, interposer un accumulateur, un poids par exemple soulevé à une certaine hauteur, comme cela se pratique dans les horloges ; ce poids, dans son mouvement de descente entraînerait la rotation du ventilateur. Il serait soulevé en une heure par un ou deux hommes et mettrait par exemple 40 heures à descendre. Le rapport dépend du débit du courant et aussi des résistances qu'il a à vaincre, celles-ci différeront beaucoup d'une application à l'autre, aussi ne pouvons nous en fixer la valeur avec précision.

Le choix d'un cheval comme moteur, se trouve naturellement indiqué si l'on en a à son service et s'il est possible d'installer un manège. A la campagne c'est une solution très acceptable. Le même manège qui élève l'eau d'arrosage, actionnera le ventilateur.



Un cheval de moyenne force pourra produire un courant de 3 à 4000<sup>m.3</sup> à l'heure. La ventilation sera beaucoup plus soutenue et plus économique qu'à bras d'homme ; le moteur étant utilisé à d'autres travaux en dehors les heures de ventilation.

S'il s'agit d'une maison de ville desservie par le gaz d'éclairage, un moteur à gaz sera la meilleure solution pour des installations de moyenne importance. Suivant le cas, on adoptera une machine de 1½, 1, 2 chevaux ; la consommation de gaz sera de 1<sup>m.3</sup> par cheval et par heure, et le volume d'air mis en mouvement de 6 à 8000 m. cubes. C'est là le moteur domestique par excellence à cette heure. On peut l'installer en tout lieu, à tout étage. Il suffit de tourner un robinet pour le mettre en marche ou pour l'arrêter. La dépense cesse à l'instant même, elle reste proportionnelle au travail produit ; une cheminée domestique suffit à l'évacuation des produits.

Le moteur à gaz, devrait faire place à un récepteur électrique, s'il existait une usine de distribution de force à domicile par l'électricité. L'installation pourrait se réduire à deux organes ; les cables de transmission et le récepteur dynamo-électrique sur l'axe duquel serait calé le ventilateur. Ici plus de fumée, plus d'odeur, pas de fondations, pas de trépidations, pas besoin d'eau, tous les *désiderata* sont réalisés.

Les usines de distribution de force à domicile trouveront dans la ventilation des villes maritimes situées entre les trentièmes degrés de latitude Nord et Sud, un vaste champ d'application. Espérons que nous n'attendrons pas que les américains aient acquis 10 ans d'expérience avant de les suivre dans la nouvelle voie que Eddison vient d'ouvrir : l'avenir est à l'électricité !

Si enfin la ventilation doit être appliquée à un édifice public, à un hôtel, etc., le moteur à vapeur sera choisi de préférence, en raison de l'économie qu'il permettra de réaliser. On l'établira dans les caves et il refoulera l'air par



des canaux de dimensions convenables dans les salles à ventiler.

Un courant animé d'une vitesse de 2<sup>m</sup> à la seconde dans des salles de 10<sup>m.4</sup> de section, débitant par suite, 20<sup>m.3</sup> à la seconde, nécessitera l'emploi d'une machine de 10 à 12 chevaux, suivant la longueur, les difficultés du chemin à parcourir, la résistance à vaincre ; mais il suffira largement à la ventilation de 1000 personnes.

La dépense courante peut être estimée à 3 ou 4 fr. par heure, non compris le service de l'intérêt et de l'amortissement. Ce deuxième facteur sera de beaucoup réduit si l'on trouve au moteur d'autres emplois, ce qui nous paraît fort aisé en général : citons entre autres la production de la glace.

Quoiqu'il en soit, la dépense est insignifiante, hors de proportion avec les services à rendre et nous nous tiendrions pour satisfait, si nous pouvions inspirer à quelque industriel le désir de faire l'application de ce système à un établissement public.

Notons qu'en donnant aux diverses salles des largeurs différentes, l'on jouira dans chacune d'elles de vitesses différentes et qu'il sera loisible à chacun de choisir celle qui lui conviendra le mieux.

En résumé dans les climats maritimes à atmosphère tiède et humide, l'équilibre thermique de l'homme est instable. Si l'air est en repos, les déperditions caloriques sont insuffisantes, la sueur inonde le corps, il y a malaise, affaissement, dépérissement ; si au contraire il est agité, les déperditions par contact et par évaporation deviennent plus importantes, la vigueur renaît.

On peut à défaut de moyens plus parfaits utiliser ce mode de réfrigération, soit en facilitant le libre accès de nos habitations aux courants aériens, ou mieux encore en les dérivant et les concentrant sur elles ; soit en les faisant naître sous l'influence des radiations solaires et assurant leur permanence de jour et de nuit, en emmagasinant ces radiations



dans des réservoirs d'eau ; soit encore en se servant de ventilateurs actionnés par des moteurs animés ou mécaniques.

Les masses d'air à mettre en mouvement pour produire la sensation de la brise sont énormes si l'on ne localise le courant en des points particuliers à faible section ; la force motrice nécessaire est importante. Mais, par cela même que la masse d'air est considérable, elle suffit à l'alimentation d'un très grand nombre de personnes. Cette solution inadmissible pour des installations particulières, si l'on n'use de divers artifices, est au contraire très-acceptable si on l'applique à des établissements publics fréquentés par un grand nombre de personnes.

Ajoutons que ce système se trouvera complètement en défaut quand aux brises marines succéderont des vents désertiques. En cette prévision, il sera utile de recourir à d'autres dispositions pour le suppléer dans ces moments.

**Appareil Garlandat.** — Peut être, est-ce ici le lieu de signaler l'appareil rafraîchisseur de l'ingénieur Garlandat, quoique ce chapitre ne traite que de la ventilation par un courant d'air atmosphérique, dont ni la température ni l'humidité n'ont été modifiées. Dans cet appareil, l'air refoulé par le ventilateur, traverse une lame d'eau et en prend la température à un ou deux degrés près. Au cas où l'on disposerait d'un grand volume d'eau froide il serait d'un emploi très-avantageux. On réduirait alors considérablement le volume d'air à distribuer ; on ferait ainsi de la ventilation par air frais au lieu de ventilation par un courant d'air tiède animé de la vitesse de la brise.

---



### CHAPITRE III.

#### **Evaporation naturelle. — Climats secs et brulants**

La ventilation par un courant d'air atmosphérique, donnera de bons effets, dans les climats maritimes à air tiède et humide. Le courant activera le refroidissement par contact et l'évaporation cutanée. Tout au contraire dans les climats continentaux, à atmosphère brûlante et sèche, il accroîtrait les gains de chaleur et non les déperditions.

Le tégument externe laisse transuder une quantité d'eau limitée, qui ne croît point indéfiniment avec le degré de siccité et d'agitation de l'air.

Dans une atmosphère calme et sèche, la limite utile est atteinte, le corps s'il est nu, reste parfaitement sec, de telle sorte qu'en imprimant à l'air qui nous entoure, une certaine vitesse, nous accroîtrons seulement les transmissions de calorique de l'air au corps, et non les pertes par évaporation.

Il est aisé d'en faire l'expérience sur soi même dans ces climats, alors que soufflent les vents embrasés des déserts alors que la peau est sèche, aride, brûlante ; vient-on à la mouiller pendant quelques instants, l'on ressent une vive impression de froid, puis immédiatement après, aussitôt le corps sec, la chaleur nous envahit de nouveau. Sortons du bain par un violent siroco, nous sommes saisis par le froid, puis aussitôt après, brûlés par la chaleur.

Maintefois dans le trajet Alger-Oran, traversant les plaines du Chélif et de la Mina, par des journées d'été,



nous avons fait l'expérience d'exposer au dehors, pendant la marche du train, notre main enveloppée d'un linge fin dont nous entretenons l'humidité, et toujours le froid senti a été très marqué. La sensation de fraîcheur était d'autant plus vive, que l'atmosphère était à une température plus élevée.

Nous sommes donc autorisé à dire, d'une part, que la chaleur est due à l'insuffisance de débit des glandes sudoripares ; d'autre part que l'évaporation est, dans ces contrées une source énergique de froid.

Le tableau ci-joint donne la mesure de cette énergie pour Alger et Biskra, pendant les mois de juin, juillet, août et septembre 1874.

LIEU D'OBSERVATIONS	HEURE des OBSERVATIONS	TEMPÉRATURES observées (1)	DEGRÉS hygrométri- ques (2)	ABAISSEMENT théorique de température (3)	TEMPÉRATURE finale (4)
Alger. ....	7 h. du matin....	23 <sup>o</sup> 48	83,1	4 <sup>o</sup> 5 <sup>o</sup>	18 <sup>o</sup> 58
	1 h. après-midi.	27 <sup>o</sup> 22	70,8	8 <sup>o</sup> 00	19 <sup>o</sup> 22
	7 h. du soir.....	24 <sup>o</sup> 15	82,6	4 <sup>o</sup> 65	19 <sup>o</sup> 50
Biskra.....	7 h. du matin. . .	26 <sup>o</sup> 35	48,4	11 <sup>o</sup> 90	14 <sup>o</sup> 40
	1 h. après-midi..	34 <sup>o</sup> 30	27,5	18 <sup>o</sup> 50	15 <sup>o</sup> 80
	7 h. du soir.....	29 <sup>o</sup> 49	36,9	15 <sup>o</sup> 00	14 <sup>o</sup> 49

Les chiffres des colonnes 1 et 2, sont extraits du *Bulletin mensuel du service météorologique de l'Algérie*.

La colonne 3, donne l'abaissement maximum de température que prendrait l'air en se saturant, dans l'hypothèse où il n'emprunterait qu'à lui même la chaleur nécessaire à la vaporisation de l'eau de saturation. En fait, ce maximum ne saurait être atteint, les refroidissements réels seront moindres, mais leur rapport ne sera pas changé. Le



refroidissement sera trois fois plus intense à Biskra qu'à Alger. Les mêmes installations, suivant qu'elles seront appliquées à l'intérieur du continent africain ou sur le littoral, donneront des résultats très notables ou nuls.

Telle est la raison principale des insuccès relatifs auxquels a donné parfois lieu la ventilation par air refroidi par évaporation naturelle. L'on devrait toutefois citer comme un véritable succès, l'abaissement de 5° obtenu au parlement de Londres, si ce chiffre est exact. Mais il est rapporté en termes très dubitatifs par le général Morin, dans ses études sur la ventilation, (1) et diffère trop de celui constaté par lui même à Paris, dans ses propres expériences, pour qu'il puisse être tenu comme certain. Quoiqu'il en soit, le procédé employé au Parlement anglais et essayé au Conservatoire des Arts-et-Métiers à Paris, consiste à faire traverser à l'air de ventilation un nuage de poussière d'eau. Cette poussière est produite en refoulant l'eau sous pression dans des tubes percés de très petits orifices, placés en avant des baies d'admission de l'air. Le général Morin n'a mesuré là qu'un abaissement de 2° c. cela est dû à ce que l'air passe trop vite à travers ce nuage, la durée, la longueur du parcours sont très insuffisantes ; la preuve en est que l'état hygrométrique de l'air ne variait presque pas. Les dépenses en force motrice et en eau étaient exagérées relativement à l'effet produit. L'eau n'était point évaporée, la majeure partie retombait sur le sol ; or, c'est le froid dû à l'évaporation qu'il faut utiliser et non celui dû au réchauffement de l'eau.

Prenons deux cas extrêmes : nous sommes dans un pays à hiver rigoureux, l'eau de puits marque 10° ; pendant l'été nous voulons refroidir à 20° l'air ambiant dont la température est de 25° ; chaque litre d'eau pourra absorber 10 calories, en s'échauffant de 10° à 20°.

Supposons-nous à Biskra, l'eau marque 30° on l'éva-

---

(1) Vol. I, page 43.



pore, la température finale est de 20°, chaque litre aura absorbé 582 calories. Ainsi l'eau chaude en s'évaporant aura absorbé cinquante huit fois plus de calorique que l'eau froide pour se réchauffer, la température finale étant la même de part et d'autre. Dans le premier cas, avec un litre d'eau on refroidira de 25° à 20°, 6<sup>m</sup>3 5 d'air ; dans le second on refroidira de 35° à 20°, 124<sup>m</sup>3.

Les avantages offerts par l'évaporation naturelle en pays secs peuvent se résumer ainsi :

L'abaissement de température est proportionnel au degré de siccité de l'air. Une minime quantité d'eau suffit pour refroidir un énorme volume d'air. La température initiale de cette eau est sans influence sensible, peu importe qu'elle soit plus ou moins élevée.

Voyons maintenant sous quelle forme nous allons utiliser ce phénomène physique. Une première idée fort naturelle est de refroidir simplement l'air de ventilation en le faisant passer dans une cheminée ou frigorifère à grande surface d'évaporation. L'on peut aller plus loin et utiliser directement l'évaporation, à refroidir les parois de l'habitation. Le refroidissement sera beaucoup plus énergique, l'on se rapprochera d'avantage des valeurs maxima que nous avons indiquées dans le tableau précédent. Nous verrons par la suite qu'avec des surfaces d'évaporation moindres, et de moindres quantités d'eau et d'air, nous obtiendrons un refroidissement final beaucoup plus accentué ; bornons nous pour le moment à dire qu'il ne suffit point de considérer la température de l'air ambiant, mais bien aussi celle des objets, des murs, plafonds, qui nous entourent ; nous pouvons avoir très chaud dans un air glacé si nous sommes exposés à des radiations caloriques intenses.

L'équilibre thermique résulte de l'égalité des pertes et des gains caloriques ; théoriquement on l'obtiendra en accroissant l'une quelconque des sources de déperdition ;



en fait, mieux vaut qu'elles aient toutes une certaine valeur. Il nous sera aisé ici d'augmenter les déperditions par contact avec l'air et celles par rayonnement, en utilisant comme surface d'évaporation certaines parois de la maison.

Sans doute on peut demander à l'air froid de soustraire aux murs le calorique qui les traverse du dehors au dedans, mais il faut dans ce cas exagérer considérablement les masses d'air à mettre en mouvement.

Supposons l'atmosphère à  $35^{\circ}$ , nous nous proposons de maintenir dans nos appartements une température de  $20^{\circ}$ , l'état hygrométrique est tel que par évaporation l'air peut se refroidir à  $15^{\circ}$ . Après qu'il se sera refroidi, de  $35$  à  $15^{\circ}$  on ne pourra le laisser se réchauffer que de  $15$  à  $20^{\circ}$ , puisque c'est cette dernière température que l'on veut obtenir dans l'habitat.

L'utilisation sera donc de  $(20-15) : (35-15)$  soit un quart. L'air expulsé emportera inutilement les  $3/4$  du froid produit.

Notons en outre que la température sera au plus bas, de  $20^{\circ}$  et non de  $15^{\circ}$ .

Si au lieu de se servir de l'air comme intermédiaire pour rafraîchir les murs, nous refroidissons ceux-ci directement en les doublant à l'intérieur par de minces cloisons étanches, sur la face externe desquelles l'eau s'évaporera, les parois de l'habitation seront alors à une température voisine de  $15^{\circ}$ . Il suffira dès lors de mettre en circulation l'air nécessaire à la ventilation, soit  $20$  à  $25^{m^3}$  par habitant ; cet air sera à la température la plus basse qu'il ait pu atteindre étant donné l'état hygrométrique de l'atmosphère.

Mais il est bien des cas où l'on ne voudra pas admettre ces cloisons mouillées ; il y aura alors lieu, tout en s'entourant de ces doubles cloisons, de faire circuler dans l'intervalle, l'air froid des cheminées d'évaporation, ou encore de suspendre au milieu du vide, une feuille d'étoffe qui



servira elle même de surface d'évaporation et d'écran contre l'afflux calorique.

Il convient d'ajouter pour justifier l'utilité, la nécessité de ces cloisons réfrigérantes, alors que le chauffage s'effectue en pays froid par une cheminée ou un calorifère, que la chute calorique dont on dispose ici est beaucoup plus faible ; et en effet, en brûlant du combustible, l'on peut échauffer l'air autant qu'on le désire, le porter par exemple de 0 à 40°, tandis que par évaporation, l'on pourra tout au plus le refroidir de 15 à 20° dans les climats les plus secs.

**Cheminées d'évaporation.** — (*Fig. 9, 10, 11.*)—

Une première question est à résoudre : convient-il de ventiler avec l'air ayant servi à l'évaporation, ou est-il préférable de ventiler avec l'air refroidi indirectement, mais qui ne s'est pas hydraté.

La première solution est évidemment plus simple et d'un meilleur rendement ; les surfaces seront moins considérables et les appareils moins compliqués. Par contre, l'air de ventilation sera plus humide pour un même abaissement de température ; or il importe qu'il ne le soit point trop, il deviendrait désagréable.

Suivant donc qu'il s'agira d'un climat très sec, comme celui des hauts plateaux et du Sahara algérien, ou d'un climat mixte, nous adopterons le premier système ou le second. Nous disons climat mixte et non climats maritimes ; dans ces derniers, l'évaporation naturelle ne donnerait lieu qu'à un rafraîchissement insignifiant.

L'appareil des climats secs sera d'une extrême simplicité. Il suffit qu'il présente de grandes surfaces d'évaporation, que l'eau se répartisse uniformément sur toute leur étendue et que l'air se renouvelle de lui même.

Nous adopterons des toiles ou tissus suspendus librement *fig. 9, 10, 11* et séparés les uns des autres par des intervalles suffisants pour le passage de l'air, soit 5 à 10 centimètres.



Nous leur donnerons la plus grande hauteur possible, cinq, dix, quinze mètres si la maison le comporte. Leur largeur sera la largeur commerciale du tissu choisi, toile, cotonnade ou autre, soit 0<sup>m</sup> 70 à un mètre. Ces feuilles seront logées dans des cheminées verticales partant de l'étage supérieur, et descendant au bas des pièces à refroidir. Chaque feuille sera alimentée uniformément sur toute sa largeur à l'aide d'un certain nombre de cordelettes suspendues au dessus, dans le même plan vertical. Ces cordelettes traverseront le fond d'un petit bassin en zinc, chacune d'elles donnera écoulement par capillarité à un fil d'eau. L'alimentation de chaque feuille devra être tel que le débit soit à peu près nul au bas, mais cependant réel. On additionnera l'eau d'un peu d'alun ou de tannin pour éviter la putréfaction des tissus et de l'eau, la reproduction des moustiques, etc. Chaque feuille sera terminée à ses extrémités supérieure et inférieure par une coulisse, dans laquelle on passera une tringle en bois ou en fer ; ces tringles seront reçues par leurs extrémités dans des rainures équidistantes. La tringle inférieure servira à donner une certaine tension à la feuille, soit par son propre poids, soit par des poids additionnels que l'on y fixera. L'écartement des feuilles et par suite l'écoulement régulier de l'air, se trouve ainsi assuré entre toutes les surfaces d'évaporation. Pour faciliter la surveillance de l'appareil et s'assurer que chaque feuille est convenablement irriguée on leur donnera des longueurs un peu différentes, de telle sorte qu'elles ne se masquent point l'une l'autre et que l'on puisse apercevoir le rebord inférieur de chacune d'elles. L'eau excédante sera reçue dans un petit bassin placé au pied de la cheminée. Rien de plus aisé que de monter un tel appareil en tout lieu, de le démonter, d'enlever les feuilles et de les remettre en place, après les avoir débarassées, nettoyées des sels, carbonates de chaux ou autres qui se seront déposés sur elles, par suite de la concentration des eaux mères.



Le courant d'air s'établira tout naturellement de haut en bas, il sera d'autant plus actif que la cheminée sera plus haute. On en règlera la vitesse et par suite, dans une certaine mesure, la température, à l'aide d'une petite vanne ménagée au bas. Il importe en effet, de remarquer que le but que l'on doit se proposer ici étant d'avoir l'air le plus froid possible et non d'évaporer dans un appareil donné la plus grande quantité d'eau, le courant d'air devra être assez lent dans son mouvement de descente. Chaque mètre cube d'air doit absorber une quantité de vapeur suffisante pour se refroidir presque jusqu'au point de saturation.

Il nous reste à évaluer les surfaces d'évaporation nécessaires par habitant.

**Surface d'évaporation. Consommation d'eau par habitant.** — Il faut  $25\text{m}^3$  d'air par tête pour la ventilation, nous en donnerons 50 pour combattre dans une certaine mesure le rayonnement par les murs. Cet air est pris à  $35^\circ$  et nous voulons abaisser sa température à  $15^\circ$ , (en fait, on ne pourra descendre aussi bas, nous prenons un cas extrême), il faudra lui soustraire 300 calories. Chaque litre d'eau pris à  $30^\circ$  et évaporé à  $15^\circ$ , absorbera 580 calories, l'évaporation par heure et par tête sera donc de 500 grammes. Or un mètre carré de surface mouillée évapore à air libre dans ces climats, 200 grammes par heure ; mais il convient d'observer qu'à mesure que l'air devient moins chaud et plus humide, l'évaporation devient moins active ; au bas de l'appareil on peut admettre qu'elle sera nulle, en moyenne elle aura été de 100 grammes ;  $2\text{mq}$  50 de feuille ou  $5\text{mq}$  de surface d'évaporation suffiraient donc. Nous donnerons 10 mètres carrés de tissus pour tenir compte des imprévus.

Cette solution est certes d'une extrême simplicité, elle sera d'autant plus énergique que l'atmosphère sera plus sèche. Notons que la colonne d'air froid engendrée par ces



cheminées accroitra quelque peu la pression intérieure des pièces ventilées ; l'air froid sortira par les joints et fissures des portes et fenêtres, il n'y aura pas de rentrée d'air chaud.

**Cheminées d'évaporation à double circulation d'air.** — (*Fig. 12, 13, 14.*) Dans les climats mixtes à atmosphère quelque peu humide, il sera souvent préférable de ventiler avec de l'air n'ayant pas servi à l'évaporation. En ce cas on substituera aux tissus perméables des tissus imperméabilisés, ou des feuilles de zinc. Pour assurer la répartition de l'eau sur les surfaces d'évaporation, on badigeonnera celles-ci de quelques couches de chaux, de ciment ou de plâtre.

Si l'on choisit un tissu, on le rendra imperméable et rugueux en l'imprégnant d'huile de lin mélangée d'un peu de sulfate de zinc, pour la rendre plus siccativ, et dans le mélange on incorporera du sable pour obtenir la rugosité. La feuille étant sèche et le sable adhérent, on passera une ou plusieurs couches de chaux, etc, à l'aide d'un pinceau que l'on promènera horizontalement pour combattre la tendance de l'eau à descendre par les lignes de plus grande pente ; on s'aidera des attractions capillaires pour atténuer les effets de la pesanteur. Le point délicat et essentiel est d'assurer l'imbibition et la répartition de l'eau sur toutes les surfaces d'évaporation. Les feuilles étant préparées, on recevra leurs bords latéraux entre des chevrons de 5 à 6 centimètres de côté et on serrera le tout par des boulons espacés de 0 m. 50 environ.

Si l'on emploie des feuilles de zinc, on badigeonnera de même de quelques couches, les faces destinées à être mouillées ; le montage de l'appareil sera fait comme il vient d'être dit ; ou bien encore on supprimera les chevrons, et les feuilles seront soudées les unes aux autres ; ces appareils sont moins simples que les précédents, on peut cependant les faire seulement de deux feuilles, et ce sera



en effet préférable si l'on dispose d'une certaine hauteur, ou que l'on puisse donner à la cheminée une grande largeur. Dans ce dispositif comme dans tous les autres semblables que nous aurons à décrire, l'on devra donner la plus grande hauteur possible ; la circulation de l'air, la distribution de l'eau seront ainsi plus simples. Mais les appareils en zinc, en raison de leur rigidité, seront d'un montage et surtout d'un démontage plus difficile.

Dans l'appareil à double circulation (*fig. 12*), l'utilisation des surfaces est minime ; quatre parois servent à l'évaporation, les quatre autres au refroidissement par contact, alors que dans les *fig. 9, 10, 11*, l'évaporation et le refroidissement s'effectuaient simultanément sur ces huit parois. D'autre part, il convient de remarquer que l'air d'évaporation entraîne inutilement une bonne partie du froid produit, moitié pour le moins. Il en résulte que le rendement est quatre fois plus faible que dans les cheminées à circulation simple.

Il est vrai que l'air refroidi étant déversé dans les pièces à ventiler, l'air d'évaporation peut servir à combattre le rayonnement, si on le canalise entre murs et cloisons ; l'utilisation serait alors de 1/2. L'eau sera distribuée comme dans ces derniers par des cordelettes traversant le fond d'un baquet à eau. Les gouttelettes seront reçues par des caniveaux perforés de trous convenablement espacés. Lors de la mise en marche on arrosera à grande eau pour bien imbiber la couche d'absorption, l'eau continuera dès lors à se répartir sur toute la surface si l'alimentation se fait par des points peu espacés, 0<sup>m</sup> 05 environ.

Arrivée au bas, l'eau excédante s'écoulera latéralement dans un baquet par les canaux formés par le retournement des feuilles. L'air humide, de même, s'échappera latéralement par un conduit spécial figuré à droite dans le croquis. L'écoulement de cet air froid et sec sera réglé par une porte ménagée au pied de la cheminée. Quelques jours d'expérience suffiront pour reconnaître quel est le degré



d'ouverture qui donne les meilleurs résultats. Si le courant est trop rapide le refroidissement sera faible, s'il est trop lent, le débit devient insuffisant, et par suite, l'effet obtenu minime. Nous retrouverons plus loin cet appareil, il nous servira à dessécher l'air par le chlorure de calcium, puis à le refroidir dans les climats chauds et humides.

**Cloisons frigorifères.** — Les cheminées donnent de l'air frais, mais cet air se réchauffe par suite des transmissions qui s'effectuent à travers les murs, portes et fenêtres, et en définitive la température intérieure sera intermédiaire entre celle de l'atmosphère et celle du frigorifère. L'échauffement d'ailleurs sera d'autant moindre, que la ventilation sera plus active, mais il sera toujours très sensible à moins que l'on emploie des volumes d'air énormes. Il sera préférable de s'entourer de surfaces d'évaporation.

C'est ici le lieu de rappeler que le général Morin s'est livré à un essai de ce genre. Il arrosait d'eau la couverture du grand amphithéâtre du Conservatoire des Arts-et-Métiers. Sous l'action des rayons solaires, l'intérieur du comble avait atteint les journées précédentes des températures qui s'étaient élevées en moyenne à 4°24 au dessus de la température extérieure.

L'écoulement continu d'une mince couche d'eau sur la couverture en zinc suffit pour ramener, puis maintenir la température sous comble à 0°7, au dessous de celle de l'air extérieur.

L'effet à attendre de nos cloisons sera beaucoup plus marqué tant en raison de ce fait primordial que nous appliquons le système dans des contrées à atmosphère très sèche, que par suite du mode d'application et de la multiplication des surfaces d'évaporation ; nous réduirons d'abord la transmission de calorique par l'interposition d'un mur entre l'extérieur et ces surfaces ; grâce à cette protection, la source de froid, l'évaporation l'emporteront sur l'afflux



de chaleur, ce qui n'aurait pas lieu si nous adoptions la paroi externe des murs comme surface d'évaporation.

Le soleil, d'après Pouillet, déverse plus de 40 calories par mètre carré et par minute à la surface du sol à Paris, soit 600 calories par heure ; l'évaporation naturelle ne saurait en absorber plus de 200 si la température ne doit pas dépasser 20 à 30°, l'échauffement du mur soleillé sera donc quelque peu diminué, si on l'alimente d'eau, mais cet échauffement sera cependant considérable. La température du mur sera supérieure à celle de l'atmosphère. Il est à présumer que dans les expériences du général Morin le soleil ne devait pas être très ardent, ou ne frapper qu'une partie du comble, sans quoi l'effet obtenu eut été moins sensible. Il convient donc surtout dans les pays chauds de se protéger tout d'abord contre les rayons du soleil, puis de recourir à l'évaporation à l'ombre.

Nous doublons chaque mur de façade ou du moins tous les murs et cloisons qui limitent l'appartement à rafraîchir par des cloisons mouillées sur leur face externe, la production de froid sera ainsi supérieure aux transmissions caloriques, et la température interne différera peu de celle marquée par l'eau d'un alcarrazas ou par un psychromètre. Ceci, en tant du moins, que les portes et fenêtres n'ont point un développement exagéré, ni une action prépondérante. Nous dirons quelles précautions il convient de prendre, en traitant de l'aménagement des maisons rafraîchies par la glace.

La transmission à travers un mur de 0<sup>m</sup>50 d'épaisseur en maçonnerie ordinaire pour une différence de température de 20° (35° extérieurement 15° au minimum à l'intérieur) est de 35 calories ; la production de froid par une surface mouillée exposée à l'air, sera au moins de 60 à 90 calories négatives, suivant que l'évaporation par mètre carré et par heure, sera de 100 ou 150 grammes. Il serait d'ailleurs facile de la doubler en utilisant la paroi interne des murs comme surface évaporatoire, ou encore en



suspendant dans l'intervalle, entre mur et cloison, une toile mouillée. Nous pouvons donc affirmer sans hésitation que ce moyen de protection est très suffisant pour soustraire l'habitat à l'influence de l'atmosphère la plus brûlante.

Ceci établi, disons à quelles conditions ces parois doivent satisfaire, avec quels matériaux nous les édifierons, comment nous les aménagerons. Il faut à la fois, qu'elles soient rigides, imperméables, bonnes conductrices du calorique. Observons toutefois que la conductibilité propre de la cloison est masquée, annulée par la faible valeur des coefficients de rayonnement et de transmission par contact avec l'air, et que dès lors, dans les conditions actuelles, transmission d'une face mouillée à l'air qui baigne l'autre face, la conductibilité n'a point la haute importance qu'on serait tenté de lui accorder à première vue. Pour une feuille de zinc peinte, le coefficient de transmission sera de 7.60 ; pour une brique de 0<sup>m</sup>04 d'épaisseur elle sera de 5.27 ; la différence n'est point telle que l'on doive exclure les cloisons en briques, ajoutons d'ailleurs qu'il s'agit moins de transmettre du froid de la face mouillée à l'atmosphère intérieure que d'annuler directement le calorique rayonné par les murs, si, et c'est la combinaison la meilleure, l'air de ventilation a été préalablement rafraîchi dans un frigorigère. Dès lors la transmissibilité par la cloison devient sans influence et on peut construire celle-ci en briques sur champ et même sur plat.

Les briques doivent être très cuites et imperméables. La cloison sera hourdée au ciment où à la chaux hydraulique. On badigeonnera d'une ou plusieurs couches de ciment la face d'évaporation et on peindra l'autre à l'huile. Pour mieux assurer la parfaite imbibition de la surface, on peut aussi créer des briques de modèle spécial à rainures horizontales (*fig. 15*). Ces briques seront posées par assises parfaitement de niveau, réglées de telle sorte que les petits canaux se raccordent. Aussitôt que le mortier aura fait



prise, on passera un lissoir pour assurer la continuité des dits canaux. Après quelque temps, il est vrai, toutes ces rainures seront engorgées par le carbonate de chaux et il sera nécessaire de brosser les surfaces, de les nettoyer. De même si l'on adopte des briques ordinaires, il sera utile une ou deux fois par mois, de passer le pinceau pour détruire les écoulements par filets verticaux qui se seraient formés, et de renouveler l'enduit poreux.

Si la cloison est en zinc, on peindra la face apparente à l'huile et on badigeonnera l'autre à la chaux.

L'eau sera distribuée par un petit caniveau en zinc de 0<sup>m</sup>05 de large et de haut, longeant toute la paroi, la dominant, recevant l'eau d'un robinet à débit constant. Elle s'échappera goutte à goutte par capillarité, soit par des petits trous, munis de cordelettes, percés au fond des caniveaux distants les uns des autres de 0<sup>m</sup>05 ; soit par des bandes de toile de 0<sup>m</sup>10 à 0<sup>m</sup>20 de large découpées à festons sur l'un des côtés. Ces bandes plongeront dans le caniveau et retomberont librement au dehors, les pointes des festons à quelques centimètres au-dessus de la cloison à irriguer. Il importe au bon fonctionnement du système que les surfaces d'évaporation soient toujours parfaitement mouillées.

Ce résultat sera atteint si d'une part la distribution d'eau est uniforme, si chaque cordelette, chaque feston donne son tribut, et que d'autre part on renouvelle de temps à autre la porosité des parois d'évaporation.

La disposition représentée (*fig. 15*) permet, en soulevant les panneaux A de contrôler la distribution. L'intervalle de 0<sup>m</sup>30 ménagé entre mur et cloison, suffit largement pour que l'on puisse avec un pinceau emmanché régénérer les surfaces.

Arrivées au bas, les eaux excédantes s'écouleront par un canal ménagé au pied des cloisons.

Il n'est point superflu de dire quel sera le débit utile de chaque pointe, pour que l'on n'ait pas tendance à l'exagérer outre mesure, ce qui ne servirait de rien. En



admettant que l'évaporation soit de 200 grammes à l'heure par mètre carré (et cette évaluation est trop forte dans les conditions de fonctionnement de l'appareil) chaque pointe doit donner quinze gouttes d'eau à la minute, si la cloison a 4 mètres de haut.

L'air sera admis par panneaux à claire voie faisant partie du plancher supérieur et s'écoulera par le bas, soit au dehors de l'édifice, soit dans les pièces qui avoisinent l'appartement à rafraîchir, ce qui leur donnera une température intermédiaire. L'appartement sera alimenté d'air par une cheminée d'évaporation.

On pourrait aussi faire circuler l'air horizontalement, l'admettre par une façade et le laisser sortir par la façade opposée. Sous l'influence des vents, il se produirait des courants qui activeraient l'évaporation. A vrai dire, il est utile que l'air ne soit pas stagnant, sans quoi l'évaporation est insignifiante ; mais il n'est pas nécessaire qu'il circule avec une grande vitesse.

Quelles que soient les positions des ouvrages d'admission et d'évacuation, il y aura lieu de les munir de grillages pour éviter l'introduction des animaux et insectes. Dans la *fig. 16*, l'eau est distribuée exclusivement sur la cloison. Il serait loisible d'utiliser en outre la paroi interne du mur au même usage : c'est ce que l'on devra faire si celui-ci est trop mince ; les transmissions de calorique étant d'autant plus importantes que l'épaisseur sera moindre, il devient nécessaire d'accroître la production de froid.

Si l'on se propose de construire un pavillon d'été, il suffira d'un mur double composé d'une murette de 0<sup>m</sup>12 à l'extérieur et d'une cloison de 0<sup>m</sup>05 à l'intérieur avec espacement de 0<sup>m</sup>20 à 0<sup>m</sup>30 entre les deux.

Il est une combinaison qui donne satisfaction à ceux qui redouteraient ces murs et ces cloisons mouillées, et qui dispense de les construire et de les enduire en vue de les rendre imperméables ; c'est de suspendre entre mur et cloison une ou deux feuilles de tissus ainsi que



nous l'avons vu dans les cheminées frigorifiques à circulation simple. Les toiles ou cotonnades seront simplement suspendues, on les retirera et on les remettra en place à volonté, toute difficulté disparaît. On devra toutefois ne point négliger d'additionner l'eau d'un peu d'alun, de tannin ou autre antiseptique pour assurer la conservation de l'étoffe. Tout ceci suppose implicitement que les cloisons servent exclusivement à doubler les murs de façade ; c'est là en effet qu'elles sont le plus utiles, elles suppriment le rayonnement des murs. Mais il ne sera pas toujours possible de les édifier contre ces murs, ou du moins, les surfaces de protection seront trop minimes et l'installation trop compliquée si ces murs sont percés de nombreuses ouvertures. Il sera en ce cas utile de transformer les séparations des diverses pièces en doubles cloisons réfrigérantes. De même si l'on ne veut rafraîchir qu'une partie de la construction, il faudra la limiter par des cloisons semblables.

Rien de particulier en ce qui concerne leur mode d'exécution, le système de distribution d'eau et d'écoulement de l'air. Ici de même, on acceptera plus facilement deux cloisons sèches avec toile mouillée suspendue au milieu.

Mais nous n'avons déjà que trop développé les détails d'exécution, ils peuvent varier à l'infini et avoir chacun leurs applications favorables. Le fait important à dégager de tout ceci est que l'évaporation est une source puissante de froid, d'autant plus puissante que l'atmosphère est plus aride, plus brûlante. C'est par excellence celle qui convient d'utiliser à l'intérieur de l'Afrique du Nord, de l'Australie, dans les contrées privées de pluies. La quantité d'eau nécessaire est très minime (20 litres par tête et par jour au maximum) cette eau peut être de très mauvaise qualité, être très chaude, peu importe, sa puissance frigorifique n'en est pas sensiblement affectée.

Les appareils et dispositions élémentaires que nous venons de décrire permettront sûrement de créer une



atmosphère d'air frais dans l'habitation ; le tout est de multiplier suffisamment les surfaces d'évaporation et de se protéger contre l'introduction de l'air chaud par les portes et fenêtres,

Nous croyons cependant devoir faire observer qu'il est possible de combiner des appareils encore plus énergiques ; de rafraîchir l'air au dessous de la température psychrométrique à air libre à l'ombre, en associant ces appareils élémentaires non plus en quantité mais en tension, si l'on peut s'exprimer ainsi.

Tel serait le cas si l'air de ventilation était donné par les canaux B. de l'appareil *fig. 12* et que l'air circulant en A provint lui-même des canaux B d'un appareil semblable placé au dessus.

Mais il ne sera point nécessaire d'adopter des dispositions aussi compliquées, les appareils élémentaires décrits suffiront à tous les cas.

---



## CHAPITRE IV

### Dessication de l'air et évaporation par l'air sec

Dans les contrées très chaudes et très humides, l'évaporation naturelle, de même que la ventilation par un courant d'air atmosphérique, n'améliorerait pas suffisamment les conditions d'équilibre thermique de l'homme ; il faut donc rechercher des moyens plus énergiques.

A température égale l'air sec est beaucoup plus hygiénique et plus agréable que l'air humide ; l'évaporation est plus active, la sueur disparaît, les déperditions caloriques s'accroissent considérablement, ainsi que nous l'avons constaté en calculant les valeurs relatives à deux atmosphères, l'une sèche l'autre humide.

Les déperditions par évaporation cutanée ont été estimées à 883 calories par 24 heures, l'air étant à 32° et au 3/4 saturé, et à 3484 dans une atmosphère marquant 37° centigrades et saturée au quart.

La dessication de l'air est donc, entr'autres phénomènes, un de ceux que l'on peut mettre à contribution pour lutter contre les climats des zones intertropicales.

L'air sec obtenu, on disposera d'un agent énergique de refroidissement, que l'on utilisera à rafraîchir l'air ; on aura ainsi de l'air froid et sec.

#### **Le chlorure de calcium est le corps à employer.**

— De tous les corps avides d'eau, le chlorure de calcium paraît le plus propre à être admis dans l'économie domestique. Sa capacité d'absorption est considérable. Cent parties de ce sel peuvent soustraire à l'air 300 parties d'eau.



Sa manipulation est sans danger, sa valeur commerciale très faible (on le répand sur les voies publiques, dans certaines villes pour maintenir leur humidité, et par suite réduire le nombre d'arrosages nécessaires), sa concentration est sans difficulté.

Ajoutons pour être complet que si cette opération est poussée trop loin, ce sel passe à l'état solide, ce qui rend difficile son épandage, et sa distribution continue sur de grandes surfaces ; c'est là son seul défaut.

L'acide sulfurique est encore plus avide d'eau, et de plus, il reste à l'état liquide ; mais il ne saurait être adopté. Son maniement est dangereux, sa concentration donne des vapeurs corrosives, et exige un matériel spécial assez onéreux.

**Dessication de l'air.** — Occupons-nous d'abord exclusivement de la dessication simple de l'air. Il est tel cas où il ne sera pas indispensable de le refroidir avant de le livrer à la consommation. Si la dessication ne doit pas être poussée très loin, on pourra l'effectuer avec l'appareil déjà décrit sous le nom de cheminée d'évaporation à circulation simple (*fig. 9*) ; nous imbiberons d'une dissolution de chlorure concentré des étoffes suspendues dans une cheminée, mais l'air s'échauffant à mesure qu'il perd sa vapeur, le courant sera ascendant et non descendant.

La distribution de la dissolution nécessite diverses précautions en raison de sa viscosité. Pour diminuer celle-ci, on se servira de chlorure purifié. Les récipients seront vidés par décantation, les dépôts devront être rejetés. On s'assurera fréquemment de la régularité des écoulements et on dégorgera les trous qui se seraient obstrués, en imprimant un mouvement de va et vient aux cordelettes qui les traversent, si elles ne donnent pas leur tribut. Avant de suspendre dans la cheminée les feuilles d'absorption, on les foulera dans la dissolution pour qu'elles s'en imprègnent.

Le liquide recueilli au bas de l'appareil sera concentré à



nouveau, puis versé dans le réservoir supérieur de distribution, après refroidissement préalable. La concentration ne doit pas être poussée trop loin, sans quoi le sel cristalliserait en refroidissant, et il faudrait le laisser s'hydrater partiellement avant de le verser dans le dit réservoir.

La dissolution employée n'étant pas très concentrée, il n'y aura pas d'autre dégagement de chaleur que celui dû à la condensation de la vapeur d'eau. Cet appareil convient tout particulièrement si l'on veut simplement diminuer l'humidité de l'air et ventiler avec cet air ; son échauffement sera minime.

Il pourrait être utilisé l'hiver si cela présente quelque avantage pour le traitement des goutteux, rhumatisants etc.

Si l'on se propose, au contraire, de pousser la dessiccation plus loin, on se servira de chlorure cristallisé. La dissolution sera concentrée jusqu'à ce que la température atteigne 130° centigrades ; on la laissera refroidir partiellement et on la versera encore tiède au sommet des plans inclinés formés par les feuilles d'absorption (*fig. 18*). Il sera aisé grâce à cette inclinaison de répandre le liquide sur toute leur largeur, par petites quantités successives ; il passera immédiatement à l'état solide et l'on arrivera ainsi à obtenir des plaques de chlorure adhérentes aux étoffes et étalées sur de grandes surfaces. La trappe P étant refermée, l'air chaud s'évacuera par la cheminée C. Après un moment on ouvrira au contraire P et l'air sec sera admis dans la chambre de prise d'air D.

Le courant ascendant continuera à se produire, le chlorure tombera en *deliquium*, s'écoulera lentement tout au long des étoffes et sera admis dans le caniveau E.

A ne considérer que la question économique, le refroidissement devrait être obtenu en utilisant à l'évaporation, l'air sec, après qu'il aura servi à la ventilation. L'installation serait celle représentée (*fig. 19*). L'air sec pris en A s'écoulerait entre deux feuilles de zinc ou d'étoffes mouillées d'eau sur leurs faces extérieures, se refroidirait dans le



parcours A B. Après avoir traversé les pièces habitées C D il serait repris en E F, lécherait les parois mouillées d'eau et sortirait par le haut ; mais le mouvement ne saurait se produire sans le secours d'une cheminée faisant appel dans les intervalles G G. Le refroidissement obtenu serait peu considérable. Mieux vaudrait dessécher un volume d'air deux, trois fois plus important que celui nécessaire à la ventilation, et le faire circuler dans la cheminée à double circulation (*fig. 12*). Les parois mouillées d'eau refroidiraient l'air qui circule entre leurs faces sèches. L'appareil serait alimenté par de l'air desséché, au lieu de l'être par l'air atmosphérique.

**Cheminées de dessiccation et de refroidissement simultanés.** — Mieux vaut encore effectuer dans un seul et même appareil la dessiccation et le refroidissement et grouper les surfaces d'évaporation et d'absorption dans un ordre déterminé, d'après l'effet à produire. On peut se proposer, soit d'avoir l'air le plus froid et le plus sec possible, auquel cas les circulations d'air, de chlorure et d'eau devront se faire méthodiquement ; soit de réduire au minimum les dépenses en combustible, eau et chlorure, auquel cas, après avoir refroidi et desséché l'air strictement nécessaire à la ventilation, on lui restituera son humidité, sa chaleur. Il suffit, en effet, qu'il soit froid et sec pendant qu'il parcourt les pièces habitées ; on peut ensuite l'utiliser à l'évaporation et lui faire absorber la chaleur dégagée par la condensation de la vapeur et le rendre à l'atmosphère, plus chaud et plus humide qu'on ne l'y avait pris. Mais ces dernières considérations qui seraient les plus importantes dans un appareil industriel ne sont ici que secondaires. Les dépenses courantes sont très minimales ainsi que nous le verrons.

Il n'est pas non plus nécessaire de dessécher l'air complètement, ni d'abaisser sa température au point le



plus bas possible, il sera très suffisant d'obtenir de l'air à 20° à demi saturé. Il importe davantage de rechercher la simplicité dans l'installation et la continuité dans le fonctionnement. Il faut en outre que la circulation d'air s'établisse toute seule sans qu'il soit nécessaire de s'aider d'un organe spécial de ventilation.

**Appareil de M. Geneste et Herscher.** — Mais avant de décrire diverses solutions étudiées et partiellement expérimentées par nous en 1876-1878, (expériences qu'il nous a fallu abandonner par suite de notre départ pour l'Espagne), nous devons reproduire ici la description donnée dans la 4<sup>e</sup> édition du traité de la chaleur de Pécelet, d'un appareil créé par MM. Geneste fils et Herscher frères. Dans cet appareil l'air est refroidi sans dessiccation préalable. Celle-ci s'effectue par le fait même du refroidissement.

« Il se compose d'une série d'éléments superposés à une petite distance les uns des autres et formant une colonne verticale entourée d'une cheminée cylindrique qui laisse un canal annulaire entre les éléments et la cheminée. Chaque élément est formé d'un vase cylindrique annulaire dont l'enveloppe extérieure est poreuse et dont l'enveloppe intérieure est métallique ; la partie annulaire renferme de l'eau, la partie cylindrique intérieure est ouverte en haut et en bas pour la circulation de l'air. Autour de ce premier vase s'en trouve un autre de même hauteur, annulaire aussi, dont l'enveloppe extérieure est métallique et pleine, et l'enveloppe intérieure est formée d'une toile métallique ; celle-ci se trouve à quelques centimètres de l'enveloppe extérieure du vase poreux ; l'espace annulaire compris entre les deux enveloppes est rempli de chlorure de calcium ; entre deux éléments successifs se trouve placé un support à double enveloppe de même diamètre extérieur que l'élément, de façon à



constituer une seule colonne cylindrique placée dans l'axe de la cheminée. L'eau qui suinte à travers le vase poreux s'évapore rapidement au contact de l'air, desséché sous l'influence du chlorure de calcium, et se refroidit fortement. On peut ainsi obtenir un abaissement de température de 15°. »

C'est là une solution qui mérite d'être mise à profit. Nous l'ignorions alors que nous faisons nos expériences ; mais il ne nous paraît cependant pas superflu de relater nos combinaisons personnelles, bien convaincu que ce n'est que par une série d'efforts successifs, par la fusion de ce que chaque inventeur a apporté d'utile qu'un appareil devient vraiment pratique.

A notre point de vue spécial nous reprocherons à l'appareil décrit par Pécelet de ne pouvoir, sans que son prix ne devienne fort élevé, présenter le développement de surface suffisant pour refroidir et dessécher l'air de ventilation nécessaire à une maison.

**Fig. 20 et 21.** — De tous les dispositifs admissibles celui-ci est le plus simple, il comprend deux feuilles d'étoffe imperméabilisées et à surfaces poreuses appliquées contre une cloison ou un mur, et formant double cheminée verticale; les faces  $A^1 B^1$  sont alimentées de chlorure et la face  $A^2$  est imprégnée d'eau par des cordelettes qui traversent le fond de petits canaux en zinc  $a^1 a^2 a^3$  placés au dessus. Les gouttelettes de liquide tombent de quelques centimètres de hauteur dans des gouttières en zinc  $S S$  perforées de petits trous  $t t$ , simplement cousues l'une à l'autre en  $U$ . Ces gouttières ne sont pas destinées à emmagasiner la moindre quantité de liquide, elles ont seulement pour but de rejeter sûrement sur la paroi à alimenter, les gouttelettes qui viennent les frapper et qui sans cela tomberaient en partie jusqu'au pied de l'appareil, sans aucune utilité. L'air neuf chaud et humide arrive en  $D^1$  se dessèche et se refroidit



en léchant  $A^1$  et s'écoule en  $D^2$ . L'eau s'évaporerait en effet de  $A^2$  vers  $B^1$  et refroidirait  $A^1$  beaucoup plus que cette paroi ne pourra s'échauffer en condensant la vapeur d'eau que renfermait l'air affluent.

L'écoulement de l'air sera réglé par une vanne  $V$ . Il est indispensable qu'il parcoure lentement le trajet  $D^1 D^2$  ; sa température de sortie en dépend dans une certaine mesure.

Il faut que la quantité de vapeur abandonnée par l'air sur  $A^1$  soit moindre que celle qui de  $A^2$  ira en  $B^1$ . Dans la cheminée  $E^1 E^2$  la paroi  $A^2$  se refroidit et la paroi  $B^1$  s'échauffe ; il tend à se former un courant descendant contre  $A^2$  et ascendant contre  $B^1$  ; en réalité il se formera une série de petits tourbillons qui auront pour effet de porter l'eau de  $A^2$  sur  $B^1$ . On pourrait remplacer ces tourbillons par un seul courant, en interposant entre  $A$  et  $B$  une feuille d'étoffe qui servirait simplement d'écran et qui laisserait passer l'air de  $A$  vers  $B$  et de  $B$  vers  $A$  par le haut et par le bas ; nous en verrons l'application (*fig. 34*).  $B^1$  s'échauffera,  $B^2$  rayonnera l'excès de calorique et il se formera contre, un courant d'air qui absorbera une partie de la chaleur, ce qui limitera l'accroissement de température marqué par  $B$ . On amoindrirait cet échauffement en faisant couler sur  $B^2$  une lame d'eau, comme nous le faisons en  $A^2$ . Nous retrouverons également cette disposition (*fig. 34*). Il est une cause qui contribuera à obtenir de l'air moins froid que dans les appareils suivants, c'est que dans tous ceux-ci, la cloison  $M$  qui ici s'échauffe est remplacée par une feuille, telle que  $A$  qui se refroidit. Mais ainsi que nous l'avons dit, nous décrivons ici le moyen le plus simple, non le plus complet. Nous estimons néanmoins qu'il donnera un résultat très satisfaisant.

Le plan incliné  $I I$  est de même que dans l'appareil (*fig. 18*) destiné à recevoir la dissolution concentrée alors qu'elle est sur le point de se prendre en masse.



Pour combattre l'échauffement de B, à ce moment on pourra momentanément laisser pénétrer l'air en E<sup>1</sup> et un courant ascendant s'établir de E<sup>1</sup> vers E<sup>2</sup> ; mais on laissera ensuite retomber la tringle portée par B dans le canal récepteur R<sup>3</sup>. Il convient en effet de remarquer que l'air affluent en E<sup>1</sup> étant chaud et humide il serait à craindre qu'il abandonnât une partie de sa vapeur sur B<sup>1</sup> et qu'il ne restreignit l'abaissement de température de A<sup>2</sup>.

Ajoutons enfin, qu'il importe d'alimenter A<sup>1</sup> avec une dissolution assez liquide quoique encore très avide d'eau pour faciliter sa distribution par cordelettes, et d'alimenter B<sup>1</sup> avec le sel très concentré, pour avoir une dessiccation énergique de l'air et par suite une évaporation abondante en A<sup>2</sup>. La disposition adoptée satisfait à ces conditions ; le liquide recueilli en R<sup>3</sup> sera versé en a<sup>1</sup> a<sup>3</sup>, celui recueilli en R<sup>1</sup> sera porté à la chaudière de concentration puis versé sur I I. Cet appareil est facile à poser et à démonter ; les deux feuilles d'étoffe sont réunies par des coutures ou des lacs en J J (*fig. 21*). Le serrage effectué en ces points aura pour effet d'appliquer l'étoffe contre les potelets en bois G I et par suite les deux feuilles et le mur formeront deux cheminées distinctes, fermées sur leurs quatre faces verticales ; les montants G I sont fixes, les montants H sont mobiles.

**Fig. 22-23-24.** — Cet appareil résulte de la juxtaposition face à face de deux des appareils précédents. Les gouttières ont été rejetées en dehors de la cheminée centrale pour faciliter son nettoyage et l'imbibition de ses faces à chlorure. On procédera à cette opération, qu'il sera bon de renouveler de temps à autre sur toutes les faces alimentées en enlevant momentanément le distributeur H C (*fig. 22*). L'appareil est démontable. L'herméticité, ou plus exactement le rapprochement des lisières des feuilles sera fait par des coutures exécutées en J J J J, (*fig. 24*) les montants sont tous fixes.



La *figure 22* donne le plan du distributeur ;  $V^2$  est le réservoir à eau,  $V^1$  celui à chlorure.

Dans le récepteur, les canaux sont groupés par deux,  $R^1 R^2$ ,  $R^1 R^2$ . Les canaux  $R^2 R^2$  (*fig. 24*) déversent l'eau excédante, par les petits bouts de tuyau  $XX$ , dans l'évacuateur  $YY$ . Les canaux  $R^1 R^1$  portent le chlorure dans un réservoir  $Z$  d'où il sera versé dans  $V^1$ . Le canal  $R^3$  reçoit le chlorure dilué au maximum qu'il faut régénérer. L'air neuf admis en  $D^1$  s'écoule en  $D^2$ . Chaque feuille est terminée par une coulisse dans laquelle on passera un petit barreau de fer pour empêcher le bas des feuilles de flotter et assurer ainsi l'herméticité en  $R^1$  et  $R^2$ .

**Fig. 25-26.** — Dans cet appareil, les feuilles sont en zinc, ce qui simplifie la construction et assure à l'appareil une durée considérable. Mêmes recommandations que ci-dessus sur l'utilité de passer de temps à autre un pinceau mouillé sur toutes les parois et même une couche à la chaux ou au ciment, pour détruire les canalicules verticaux qui tendent toujours à se former et maintenir la porosité des surfaces.

L'appareil est moins facile à monter, s'il a une grande hauteur. Or il est utile de la donner la plus grande possible, tant pour avoir une grande colonne descendante d'air froid, qui donnera dans les appartements un léger excès de pression, ce qui supprimera les rentrées d'air par les joints des portes et fenêtres, que pour la bonne utilisation de l'eau versée au sommet. On ne peut diminuer outre mesure le débit par gouttelettes sans s'exposer à voir une partie des surfaces à eau se sécher ; par suite mieux vaut avoir de la hauteur et forcer l'alimentation.

**Fig. 27.** — La *fig. 27* donne la disposition à adopter pour supprimer le répannage du sel concentré et tiède sur les plans inclinés  $II$ . Cette opération demande quelque



attention pour être bien exécutée, il faut verser des couches successives et attendre qu'elles durcissent.

La partie supérieure de la cheminée centrale, est flanquée d'un certain nombre de caisses en zinc K avec nervures intérieures en bois pour accroître la rigidité, et rendre facile le clouage sur chaque caisse, d'une grille en fil de fer, en paille ou simplement en toile d'emballage à larges mailles.

Le sel ayant été concentré au point voulu, soit à 130°, on le versera dans les dites caisses et on le laissera refroidir. Après durcissement et refroidissement, on les portera à l'appareil et on les placera sur champ en les appliquant contre les rebords en zinc T (*fig. 28*) cloués contre les potelets qui supportent le distributeur. Le chlorure tombera peu à peu en *deliquium* et s'écoulera lentement jusqu'au bas des feuilles de zinc. On l'y reprendra pour le verser en Q<sup>4</sup>.

**Etendue des surfaces d'absorption et d'évaporation.** — Il nous reste à voir quelle étendue il faut donner aux surfaces d'absorption et d'évaporation. Si nous supposons l'atmosphère à 30° thermométrique et 90° hygrométrique (ce sont là des conditions qui, heureusement ne se rencontrent que fort rarement; nous les adoptons comme limite extrême), chaque mètre cube d'air renfermera 24 grammes d'eau. Pour ramener l'air à 20° thermométrique et à 63° de l'hygromètre, il faut lui soustraire 15<sup>gr</sup> 5 de vapeur; soit pour une ventilation de 25<sup>m</sup>3 par tête, 412 grammes de vapeur à soustraire.

Il résulte de nos expériences, que chaque mètre carré de surface imbibée de chlorure de calcium concentré à 130°, peut absorber 60 grammes de vapeur par heure dans l'air calme, à la température de 28°, marquant 75 à 80 à l'hygromètre, ce sont les conditions moyennes de l'été à Alger pendant les heures les plus chaudes. Une surface de 7<sup>m</sup>2 nous paraît donc nécessaire pour conden-



ser 412 grammes de vapeur. Il est vrai, que l'abaissement de température produit dans nos appareils facilitera la condensation et que nous avons quelque peu exagéré le poids de vapeur à condenser ; mais d'autre part, la dissolution de chlorure sera d'autant moins active qu'elle sera déjà plus diluée. Quoiqu'il en soit, les surfaces à mettre en œuvre sont considérables.

Il nous faut refroidir  $25^{\text{m}^3}$  d'air de  $30^{\circ}$  à  $20^{\circ}$  ce qui nécessite 78 calories et par suite, l'évaporation de 134 grammes d'eau, qui joints aux 412 qui se condensent sur  $A^1$  donnent 546 grammes d'eau à évaporer en  $A^2$ . Dans les conditions de sécheresse créée dans la cheminée  $E^1$   $E^2$  on peut admettre sans exagération que l'évaporation sera de 1110 de millimètre à l'heure, soit 100 grammes par mètre carré ; une surface d'évaporation de  $5^{\text{m}^2}46$  suffit donc. En adoptant celle déjà trouvée,  $7^{\text{m}^2}$  nous serons donc dans de bonnes conditions.

Si l'on régénère chaque jour le chlorure de calcium, il faudra chasser 14 litres d'eau, porter à ébullition une masse de 42 litres et pour ce, brûler 3 à 6 kilog. de houille valant 0 fr. 12 à 0 fr. 24. La dépense de combustible est donc minime ; celle en chlorure est négligeable.

**Cloisons réfrigérantes.** — Les considérations déjà développées en étudiant les divers modes d'utilisation de l'évaporation par l'air atmosphérique dans les climats secs sont de tous points applicables ici. Il faut à la fois ventiler avec de l'air frais, refroidir directement les parois des habitations par l'évaporation et se protéger contre l'afflux de chaleur par les baies de communication, en doublant portes et fenêtres et déversant dans le vide qu'elles laissent entr'elles l'air frais, après qu'il a traversé les pièces habitées. Nous reviendrons sur ces derniers points dans le chapitre qui traite de la réfrigération de l'habitation par la glace. Nous nous bornerons ici à indiquer la composition de quelques cloisons réfrigérantes. Dans



la plus simple (*fig. 29*) l'eau s'évapore en A<sup>1</sup> et est absorbée par la dissolution de chlorure de calcium qui coule sur B<sup>1</sup>, la cloison A se refroidit, la feuille B s'échauffe. On obtiendrait un refroidissement plus notable en suspendant entre A et B une feuille d'étoffe divisant la cheminée en deux ; contre la paroi A<sup>1</sup> se formerait un courant descendant d'air froid et contre B<sup>1</sup> un courant ascendant d'air chaud ; le rayonnement de B<sup>1</sup> sur A<sup>1</sup> serait annulé, or le résultat à atteindre est de refroidir A le plus possible. On pourrait en outre répandre sur B<sup>2</sup> une couche d'eau dont l'évaporation combattrait l'échauffement qui se produit en B<sup>1</sup>. Enfin la feuille B peut être remplacée par les caisses employées dans l'appareil (*fig. 27*) ; c'est même là un avantage marqué, en faveur des cloisons simples. Toute la cloison B étant accessible, il devient possible de la former de caisses renfermant le chlorure de calcium cristallisé et de supprimer ainsi la difficulté que présente la distribution uniforme de la dissolution de chlorure ; mais même réduites à ces simples éléments (*fig. 29*) paroi A<sup>1</sup> mouillée d'eau, paroi B<sup>1</sup> imbibée de chlorure de calcium, la cloison A se refroidira ; la pièce qu'elle limite sera non-seulement soustraite à l'afflux de chaleur qu'elle aurait reçue à travers une cloison ordinaire, mais en outre refroidie.

S'il s'agit d'une cloison de séparation entre deux pièces à refroidir, on pourrait entre deux cloisons en briques suspendre une feuille d'étoffe ordinaire, non préparée et l'alimenter au chlorure (*fig. 31*) les parois A<sup>1</sup> B<sup>1</sup> étant alimentées d'eau. L'échauffement intérieur serait ici combattu par le courant qu'on laisserait s'établir de F<sup>1</sup> vers F<sup>2</sup> ; mais il sera plus efficace d'interposer entre A et B deux feuilles imperméables (*fig. 30*), et en ce cas le courant d'air chaud sera localisé entr'elles. Les faces C<sup>1</sup> D<sup>1</sup> recevant la dissolution et les faces C<sup>2</sup> D<sup>2</sup> restant à sec, ainsi que le représentent les *fig. 30, 32, 33*, qui ne diffèrent entr'elles que par la composition



des planchers, qui peuvent à volonté être en bois ou en voûtelettes portées par des fers à T ou à U ; cette dernière forme se prête plus aisément à la consolidation des cloisons, sans qu'il soit nécessaire de s'aider d'armatures métalliques formant chaînage. Les autres voûtines du plancher peuvent d'ailleurs reposer sur des fers à T ordinaires.

Il est enfin un dernier groupement à signaler comme réunissant toutes les conditions propres à accroître l'abaissement de la température des cloisons (*fig. 34*). Les parois A<sup>1</sup> B<sup>1</sup>, C<sup>1</sup> D<sup>1</sup> reçoivent l'eau et C<sup>2</sup> D<sup>2</sup> le chlorure ; E et F sont des toiles sèches. Les petits tourbillons irréguliers des appareils précédents se transforment ici en deux courants, parcourant les circuits E'' A<sup>1</sup> E' C<sup>2</sup> E'', F'' B<sup>1</sup> F' D<sup>2</sup> F''. Les parois C<sup>1</sup> D<sup>1</sup> seront refroidies par l'évaporation due au courant qui s'établira dans la cheminée centrale.

Enfin, si l'on dispose d'un organe spécial de ventilation, cheminée d'appel ou ventilateur, on pourra dessécher l'air dans l'appareil, (*fig. 18*), puis le faire circuler dans une double cloison à parois intérieures alimentées d'eau (*fig. 35*) l'air sec sera admis dans le conduit G fermé au dessus par le canal R, et au dessous par la planche K<sup>1</sup> qui est échan-crée sur ses rebords. Cet air sera aspiré en H par l'échan-crure ménagée dans la planche K<sup>2</sup> ; mais le renouvellement de l'air sera difficile à établir en raison du développement de ces cloisons, tandis que dans les dispositifs précédents, il s'effectuera de lui-même.

Dans toutes ces installations les cloisons seront en briques hourdées au ciment, peintes à l'huile et badigeonnées de plusieurs couches de chaux à l'intérieur.

Les feuilles d'absorption, d'évaporation et celles servant d'écran, seront simplement suspendues, par des tringles passées dans une coulisse ménagée sur leur lisière supérieure, à des traverses TT, ou barreaux de fer mobiles. Après avoir enlevé les petits canaux distributeurs, on retirera les dites traverses puis enfin les feuilles.



On peut loger dans l'épaisseur des planchers toutes les parties qu'il importe d'atteindre, et conserver à l'étage supérieur sa destination, (*fig. 29, 30, 31, 32, 33, 35*), en recouvrant les appareils de panneaux mobiles faisant partie des planchers.

Si l'étage supérieur n'est pas habité pendant l'été, on laissera l'air chaud de la cheminée centrale se dégager à travers les panneaux à claire-voie, ainsi que le représentent les figures. En cas contraire, ces panneaux devront fermer hermétiquement et l'air s'écoulera horizontalement vers une cheminée d'appel.

On ménagera au bas des cloisons de distance en distance, des petites ouvertures pour remettre en place les tringles des lisières inférieures si elles avaient dévié de leur position normale.

Les caniveaux récepteurs en zinc seront entrés et sortis par bout, par de petits regards ménagés à l'intersection des cloisons réfrigérantes avec les murs ou cloisons qui les recourent.

Au passage des portes et fenêtres les feuilles présenteront une solution de continuité correspondant aux embrasures : les caniveaux supérieurs et inférieurs ne seront point interrompus.

Les liquides versés en un point de la canalisation se répartiront de là dans les diverses directions.

Les caniveaux seront placés à des niveaux quelque peu différents, de telle sorte que les liquides puissent tomber de ceux d'amont dans ceux d'aval, sans qu'il soit nécessaire d'établir ni jonction, ni soudure entre eux. Ce système de caniveau à air libre pourra être remplacé par un tuyau sous pression, perforé de petits trous équidistants ; mais il faudra ne se servir alors que de liquides dépouillés de toute impureté.

L'emploi combiné des appareils à air sec et froid et des cloisons réfrigérantes donnera un refroidissement considérable, qui peut atteindre et dépasser même 12 à 15°.



Ce système est à peu près indépendant des variations atmosphériques ; si d'humide, l'air devient très sec, on supprimera provisoirement l'alimentation au chlorure, comme superflue.

Les dépenses courantes seront minimales, l'installation ne comporte que des éléments assez simples et l'emploi de matériaux de peu de valeur, faciles à se procurer.

Cette solution cependant en raison de sa complication relative ne devra être préférée que si les autres devenaient insuffisantes ; elle convient parfaitement dans les climats très chauds, très humides et insalubres.

Notons en effet que l'air de ventilation en s'écoulant lentement entre des parois desséchantes déposera en même temps que sa vapeur, les germes, poussières, qu'il tenait en suspension et que ces germes seront détruits par le fait même de la régénération incessante du chlorure.

L'air sera donc à la fois desséché, refroidi et purifié.



## CHAPITRE V

### **Refroidissement de l'air par circulation souterraine**

Nous examinerons ici divers modes de réfrigération basés sur l'utilisation des variations thermométriques qui se produisent de l'hiver à l'été, de la nuit au jour.

Le choix de l'un d'eux pourra être motivé par les facilités particulières que présenterait son application.

Les couches superficielles du sol se refroidissent l'hiver, se réchauffent l'été. Ces variations thermométriques diminuent à mesure que la profondeur augmente. Dès 1 mètre de profondeur les oscillations diurnes ne se font plus sentir, à 20 mètres le changement de saison est interverti, tant la propagation de la chaleur est lente à se produire ; à cette profondeur, la différence entre le maximum et le minimum est tout au plus de 2°; à 30 ou 35 mètres la température est constante.

Mais dès 5 à 6 mètres de profondeur la variation d'une saison à l'autre est faible, le sol est à la température moyenne annuelle de l'atmosphère ; on peut en extraire de l'air relativement frais en été, chaud en hiver. Chacun a ressenti en traversant par une chaude journée d'été un courant sortant d'une cave profonde, une sensation de fraîcheur très marquée. La ventilation par l'air circulant dans des excavations souterraines, se présente tout naturellement à l'esprit comme une solution des plus simples. On peut citer en sa faveur divers exemples de refroidissement continu ainsi obtenus, entr'autres, celui du cabinet de la Direction du conservatoire des Arts-et-Métiers et celui du laboratoire



de M. H. Deville, à l'École Normale : ces cabinets sont rafraîchis par un courant d'air emprunté aux caves de ces établissements publics. (Général Morin, *Manuel du chauffage*.)

Ce système est donc parfois efficace, mais il importe, pour éviter un échec, de rechercher qu'elles étaient les conditions dans ces cas favorables et de voir dans chaque application particulière s'il est possible de les réaliser toutes.

L'étendue des surfaces de l'excavation relativement au débit du courant, la température du terrain, sa conductibilité ainsi que la durée de la période des chaleurs, tels sont les éléments principaux de la question.

Or, dans les exemples cités, la surface des parois des caves est considérable, et le courant faible ; d'autre part, la température moyenne du sol est de 10 à 12° à Paris, à ces profondeurs, tandis que dans les contrées dont nous nous occupons, elle sera de 20 à 28°. Enfin il est bien évident que la durée des chaleurs est bien moindre à Paris que dans la zone torride. On peut donc pressentir, d'après cela que le système sera rarement efficace en ces contrées. Mais la question n'en mérite pas moins étude, en raison de l'extrême simplicité de cette solution, ne dût-elle être appliquée que dans la zone tempérée.

Étudions successivement chacun des termes de la question, nous verrons dans quelle mesure nous pourrons les modifier et les disposer en vue du succès.

**Étendue des surfaces.** — Il sera établi ci-après que 100 m<sup>2</sup> suffisent largement pour rafraîchir l'air de ventilation nécessaire par habitant pendant toute la durée de la saison chaude. Comment obtenir cette surface ? En bien des cas le creusement d'une excavation sera motivé simultanément par d'autres besoins, surtout à la campagne : soit pour la création d'une cave, de recherches d'eau etc. etc... ; dès lors la forme de l'excavation dépendra de sa destination en même temps que la dépense d'installation n'incombera point entièrement au service de la ventilation. Mais



supposons que l'on n'ait d'autre but que de refroidir l'air. On creusera un puits et on recherchera au-dessous de 5 mètres de profondeur, s'il est une couche facile à traverser en galerie. Nous disons galerie, c'est qu'en effet pour un faible cube de déblai, la surface des parois est considérable ; de plus il est aisé d'établir des courants d'air les parcourant d'une extrémité à l'autre, et d'assurer ainsi les échanges caloriques avec le terrain. Un devis des plus simples permettra d'estimer la dépense : en fait elle serait fort souvent acceptable ; là n'est pas la grande difficulté, elle proviendra le plus souvent de ce que la fraîcheur du sol est insuffisante.

**Température souterraine.** — Nous avons déjà vu qu'à quelques mètres de profondeur, la température du sol diffère peu de la moyenne atmosphérique annuelle ; elle décroît donc avec la latitude. Le rafraîchissement de l'air de ventilation sera d'autant plus faible et insuffisant que l'on se rapprochera davantage de l'équateur.

Il est cependant un cas où la température du sol peut être plus basse que l'isotherme du lieu.

Cette température ne résulte pas seulement des quantités de chaleur reçues du soleil, de l'air, de la pluie, ou perdues par rayonnement et évaporation, mais bien aussi, dans les terrains aquifères, de la circulation des eaux souterraines.

C'est même là l'élément prépondérant. Or ces eaux s'infiltrant dans le sol pendant l'hiver, leur température peut être relativement basse, si elles sont abondantes et que leur parcours soit limité. On pourrait penser à contribuer à la réalisation de ce phénomène sur une petite échelle, en jetant dans des puits absorbants les eaux débitées par les canaux et les rivières pendant les froids de l'hiver. Mais il est un autre moyen d'un emploi plus général, c'est de faire circuler l'air à travers l'excavation pendant tout l'hiver, ou mieux encore seulement pendant les nuits froides. Dès lors la température des parois de l'excavation se rapprochera de la



température minimum moyenne d'hiver. L'abaissement produit sera d'autant plus important que le climat considéré jouira de saisons plus tranchées et de variations diurnes plus grandes, autrement dit, que l'on sera plus loin du rivage des mers et à une plus grande altitude.

Quel que soit le lieu, il sera utile de recourir à cette circulation d'hiver pour refroidir chaque année les parois de l'excavation de la quantité dont elles se sont échauffées pendant l'été, par le fait seul de la ventilation. Cette circulation s'établira d'ailleurs d'elle-même si l'excavation est creusée sur le flanc d'un coteau, d'une montagne, d'un pli de terrain et qu'il y ait une différence de niveau entre l'entrée et la sortie. Si ces deux ouvertures sont au même niveau, on surmontera l'une d'elles d'une cheminée pour détruire l'équilibre et engendrer le mouvement. L'air froid pénétrant dans le sol se réchauffera, il s'écoulera par la cheminée. A l'entrée et à la sortie pourraient être placés des cônes d'injections, analogues aux manches à vent des navires, pour utiliser les vents régnants à produire une active circulation souterraine.

En été l'air atmosphérique pénétrera par le haut de la cheminée, descendra dans la galerie, s'y refroidira, puis s'écoulera par la bouche de sortie inférieure dans l'appartement à ventiler ; ceci par suite de la différence de niveau des deux orifices.

**Caves.** — Signalons l'application de ce dispositif aux caves ; là surtout il sera efficace, par cela même qu'il n'est point nécessaire d'avoir une ventilation d'été constante. La manœuvre est d'ailleurs des plus simples, le tout est d'ouvrir ou de fermer en temps opportun la porte d'accès ; la température de l'excavation sera ainsi plus basse que celle des terrains avoisinants.

**Conductibilité.— Transmission calorique.** — Il ne suffit point que la température initiale des parois de l'exca-



vation soit basse, il faut que cet état se maintienne pendant toute la durée des chaleurs.

La transmission à l'air résulte en effet, de la différence de température entre la paroi et l'air affluent, elle ira donc forcément en diminuant ; or, il faut qu'à la fin de l'été elle soit encore suffisante pour le rafraîchissement de l'air.

La conductibilité des couches traversées, leur capacité calorique, leur densité, sont les facteurs qui déterminent la rapidité de la transmission. Chacun d'eux varie dans des limites très étendues ; si le sol est sablonneux et sec, la conductibilité, la capacité calorique, la densité, sont faibles, les transmissions de chaleur s'effectueront très lentement. Ces conditions sont éminemment défavorables ; mieux vaudrait un terrain compacte, la conductibilité serait plus grande. Mais le mieux sera de choisir un terrain qui soit imprégné d'eau.

Ce corps est un excellent réservoir de chaleur, sa capacité calorique l'emporte sur celle de tout autre ; sa conductibilité théorique est minime sans doute, mais s'il n'est point immobilisé, s'il n'est point engagé dans une combinaison chimique, il se produit des déplacements intermoléculaires qui répartissent le calorique au loin. Si les couches traversées sont humides, les variations thermométriques se propagent plus rapidement.

Ajoutons que si la galerie était percée dans des terrains alimentés par des nappes d'eau souterraines, l'invariabilité de la température serait alors assurée ; mais il ne serait plus possible, en ce cas, d'espérer le moindre effet de la ventilation d'hiver. La température de l'excavation serait celle des eaux de la nappe.

Une galerie de captage d'eau, terminée à ses deux extrémités par des puits, serait une excellente solution, l'air serait aspiré à travers ce circuit. Ceci suppose bien entendu que l'eau recouvrirait seulement le radier de la galerie.

**De la surface d'excavation nécessaire.** — Le



calcul exact de la surface nécessaire pour refroidir, dans un temps donné un volume d'air déterminé, nécessite la résolution des deux questions suivantes :

1° Étant donné un massif, à température initiale homogène à toute profondeur, quelle sera la distribution des températures, après que l'on aura fait circuler à sa surface un courant dont on connaît la vitesse, le débit, les températures à l'entrée et à la sortie.

2° Étant donné ce massif, quel sera le courant d'air froid nécessaire pour le ramener à son état initial.

On trouvera dans Pécelet (Tome 1, page 577. — *Traité de la chaleur*) une formule établie par Cauchy qui permettrait de résoudre la première question ; mais il ne nous paraît pas que les résultats qu'elle donne soient confirmés par les observations thermométriques faites par MM. Becquerel au Muséum d'histoire naturelle ou par M. Marié-Davy à l'observatoire de Montsouris. Les variations thermométriques observées sont beaucoup plus lentes à se produire que ne l'indique la dite formule.

Mais il n'est pas indispensable de chercher la valeur minimum de surface nécessaire, il sera beaucoup plus simple et plus pratique de la calculer très largement pour éviter tout mécompte.

Nous admettrons que les variations thermométriques des parois de l'excavation ne se propagent pas à plus de 1 mètre de profondeur normalement à ces parois, pendant toute la durée de la ventilation d'été, et que la variation totale de cette couche est seulement de 3°. Nous supposerons en outre que la ventilation d'été durera 100 jours et que pendant tout ce temps il nous faut refroidir de 10° un volume d'air de 30 m.<sup>3</sup>. par heure et par habitant.

Dans ces conditions il y a à soustraire à l'air (1) 224640 calories. Une galerie de 18 m. 50 de longueur, 4 m. 00 de

---

(1)  $30 \times 1,3 \times 24 \times 0,24 \times 10 \times 100 = 224640$ .



largeur, 2 m. 50 de hauteur suffira (1) (*fig. 36*). La surface refroidissante sera de  $129 \text{ m.}^2$  5, il suffira que la transmission par mètre carré soit de  $62,4 : 129,4 = 0,72$  calories. La transmission s'effectue d'une paroi à l'air, elle dépend exclusivement du degré d'agitation de celui-ci. La vitesse de circulation devant être excessivement faible, pour que l'air ait le temps de se refroidir, la transmission sera de 0,72 calories (2), et la différence de température pourra descendre à  $0^\circ,18$ ; on arrivera donc à refroidir l'air à la température des parois, à  $0^\circ,18$  près.

Supposons-nous à Alger, la température du sol au commencement de l'été, avant toute ventilation, sera de  $19^\circ$ ; vers la fin de la saison chaude de  $22^\circ$ , l'air pourra encore être rafraîchi à  $22^\circ,18$ .

Pour creuser cette galerie, il faudra extraire  $46 \text{ m.}^3$  de déblai, non compris les puits d'entrée et de sortie. A vrai dire, un seul puits suffirait, si on le divisait en deux compartiments, de même que la galerie, de telle sorte que l'air entrant par un côté allât au fond de la galerie, puis revint par l'autre; ce dispositif ne vaut point le premier.

Notons que la vitesse d'un courant débitant  $30 \text{ m.}^3$  à l'heure, dans une galerie de  $2 \text{ m.}^2$  50, est seulement de  $0^{\text{m}} 0033$  à la seconde, c'est-à-dire absolument insensible. Il ne faudrait point trop l'accroître, l'on s'exposerait à ne pouvoir atteindre la fin de l'été. Mais le chiffre que nous avons calculé est une limite inférieure. Après une première campagne on sera mieux fixé sur le débit possible en air frais.

---

(1) Volume de la zone à température variable :

$$18,5 \times 10,5 = 187 \text{ m.}^3 \text{ 20.}$$

Variation de la capacité calorifique de la dite zone :

$$3 \times 0,20 \times 2 \times 1000 \times 187,20 = 224.640.$$

0,20 capacité calorifique du sol. 2, poids spécifique.

(2)  $M = 4 (T - t) = 0,72$ , d'où l'on tire  $T - t = 0,18$ .



Ce système n'est donc point absolument inefficace. Les conditions indispensables au succès sont : grande surface d'excavation, faible section d'écoulement de l'air, basse température du terrain et bonne conductibilité ; on y satisfera en recourant à une galerie et en y faisant circuler l'air froid pendant l'hiver. Il ne sera préférable aux autres que dans de rares occasions. L'évaporation de l'eau, la fusion de la glace ou de la neige, sont des agents bien plus énergiques de refroidissement.

---



## CHAPITRE VI

### Utilisation des variations nyctémérales — Emmagasinement des froids nocturnes — Gale- ries — Murs doubles.

Nous venons de voir comment on peut emmagasiner les froids de l'hiver et les utiliser l'été. Il est non moins facile d'utiliser les variations thermométriques de la nuit au jour.

Sur les hauts plateaux, à l'intérieur des continents, l'air est sec; si en même temps il est pur, s'il ne tient pas des poussières en suspension, le rayonnement nocturne sera intense. Le sol, et par suite l'air qui le baigne se refroidit considérablement. La différence thermométrique entre le maximum et le minimum d'une même journée est parfois de plus de 25° à l'ombre.

Il est divers moyens de tirer parti de ce phénomène :

Au cas où l'on aurait recours à une galerie souterraine, comme organe intermédiaire, on activera le courant pendant les heures froides; les parois de l'excavation se refroidiront pendant la nuit et rafraîchiront pendant le jour l'air de ventilation.

Mais supposons que l'on ne dispose pas d'une galerie; une solution des plus simples s'offre à l'esprit. Elle consiste à favoriser la circulation de l'air à travers l'habitation pendant la nuit; il suffit pour cela de disposer convenablement les ouvertures d'entrée et de sortie de l'air, de sorte qu'il puisse aisément se renouveler. Les murs et cloisons, les planchers, plafonds, les meubles, tous les matériaux en un mot de l'habitation, abandonneront une partie de leur calorique à l'air froid et dès lors rafraîchiront pendant le



jour l'air venant du dehors. En outre, les parois des pièces seront froides par elles-mêmes, ce qui contribuera à rendre le système assez efficace. Mais la libre circulation de l'air froid durant la nuit, inacceptable en général dans les pièces habitées, en raison des dangers dont elle menace les habitants, n'est pas sans présenter des inconvénients dans celles qui ne le sont même que de jour.

Il serait à craindre qu'il ne se produisît des condensations de vapeur sur le mobilier et les murs. Aussi sera-t-il préférable d'adopter un système un peu plus compliqué comme installation, mais ne présentant point ces inconvénients.

Supposons que les murs de façade soient doublés à l'intérieur par une murette en briques de 0<sup>m</sup> 12 d'épaisseur distante de 15 à 20 centimètres (*Fig. 37*) ou encore que les murs de refend soient composés de deux murettes semblables avec intervalles entre elles. Ces canaux verticaux sont en libre communication avec l'atmosphère par le haut ; tout au contraire, l'on a ménagé au niveau du rez-de-chaussée, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, des ouvertures munies de vannes ; la communication peut être établie à volonté avec l'intérieur ou avec l'extérieur.

Pendant la nuit, lorsque l'atmosphère s'est refroidie et que les murettes sont encore relativement chaudes, il se produira des courants ascendants jusqu'à ce que l'équilibre de température s'établisse, c'est-à-dire que les murettes prennent la température de l'air froid. Le jour venu l'atmosphère s'échauffant, l'air pénétrera par le haut, se refroidira en léchant les parois des murettes et se déversera dans les pièces habitées.

Point n'est besoin d'organe spécial de ventilation ; la circulation, soit de jour, soit de nuit, s'établira d'elle-même. On l'interrompra ou on la rétablira à volonté, par la fermeture ou l'ouverture de petites portes ménagées au niveau du sol. Pendant la nuit, l'air froid du dehors s'élèvera entre les murettes ; pendant le jour, l'air chaud, pris au sommet de l'édifice, s'écoulera dans les appartements après





s'être rafraîchi. L'énergie du refroidissement, sa régularité, sa continuité, deviennent bien plus grandes que dans le système à libre admission d'air par les portes et fenêtres, et tout inconvénient est supprimé. L'installation créée, le système marchera à perpétuité sans dépense d'aucune sorte ; l'on aura de l'air froid et des appartements à parois froides. Les transmissions de calorique du dehors au dedans sont absolument supprimées.

Un calcul des plus simples démontre que dans les climats secs, à nuits sereines et froides, une installation de ce genre donnera des résultats très satisfaisants.

Admettons que la murette soit seule utilisée comme réservoir calorique, le refroidissement nocturne de la paroi interne du mur annulant simplement les transmissions de calorique dues à l'échauffement de la paroi externe, sous l'influence des rayons solaires, si la façade considérée y est exposée ; admettons en outre que la variation thermométrique utilisable de la dite murette soit seulement de  $3^{\circ}$ , par exemple que de  $20^{\circ}$  elle passe à  $17^{\circ}$  la nuit, puis de  $17^{\circ}$  à  $20^{\circ}$  le jour ; d'autre part, supposons que l'air pris à  $30^{\circ}$  soit refroidi à  $20^{\circ}$ , chaque mètre carré de murette absorbera 163 calories et refroidira  $55 \text{ m}^3$  d'air.

Il suffirait donc d'une surface de  $9 \text{ m}^2$  par habitant, si on attribue à chacun d'eux  $30 \text{ m}^3$  par heure et ce, pendant 18 heures par jour ; mais il sera préférable d'adopter une surface 3 à 4 fois plus grande. Dès lors le système fonctionnera durant 3 à 4 jours de suite, même si pendant tout ce temps l'atmosphère étant toujours agitée, l'on ne puisse profiter d'une seule nuit froide.

Mais ce mode de construction en murs doubles admis, il n'en coûtera pas beaucoup plus de l'appliquer à tous les murs de façade et de refend.

On passera ainsi de la maison actuelle, véritable réservoir de chaleur s'échauffant beaucoup le jour et se refroidissant très peu la nuit, au type absolument inverse dans lequel le refroidissement nocturne l'emportera sur l'é-



chauffement diurne. En effet, les surfaces de chauffe restent les mêmes que dans le premier type, alors que les surfaces refroidissantes seront triplées, quadruplées.

Ajoutons que pour accroître le refroidissement de l'air de ventilation, on l'extraira d'une cheminée spéciale, divisée par un certain nombre de cloisons en briques, de sorte qu'elle présente sous un faible volume une grande surface de réfrigération. Cet appareil jouera le même rôle que le régénérateur Siemens, à ces différences près, qu'il emmagasinerà les calories négatives et non les calories positives et que le courant ne sera renversé qu'une fois par 24 heures.

**Refroidissement par rayonnement.** — Pendant la nuit, le sol rayonne vers le ciel, il se refroidit. L'air n'est point influencé par ces radiations et les laisse librement passer ; il est adiathermane et ne se refroidit que par contact avec le sol. Sa température est plus élevée que celle qu'indiquerait un thermomètre faisant face au ciel. La différence peut être de 6° à 8° et même 10°. Chacun sait qu'au Bengale on obtient de la glace par des nuits marquant ces températures, si l'air est calme, en plaçant à air libre sur un lit de paille des vases renfermant une mince couche d'eau. De même il serait aisé en faisant circuler l'air au contact de surfaces de faible capacité calorique, rayonnant librement vers le ciel, de le refroidir au dessous de la température ambiante.

Le sol emmagasine pendant le jour la chaleur solaire puis la perd peu à peu la nuit ; son refroidissement et par suite celui de l'atmosphère, est moindre que celui d'un corps à faible capacité calorique, abrité contre les radiations terrestres et bien exposé au ciel.

Nous avons vu dans le chapitre de la ventilation qu'une toiture en zinc, doublée en dessous à quelques centimètres de distance par un voligeage jointif, constitue un appareil énergique d'appel d'air en raison de l'étendue des sur-



faces de chauffe exposées au soleil. Cette même couverture peut, durant la nuit, donner de l'air très froid. Toutes les conditions que nous venons d'indiquer se trouvent satisfaites. On pourrait donc mettre en communication les vides ménagés dans les murs et ceux compris entre la feuille de zinc et le voligeage ; il faudrait alors que le courant fût descendant, même de nuit, et pendant le jour, la communication devrait être interrompue, sans quoi il y aurait appel dans les appartements et ventilation par air chaud.

Mais il sera le plus souvent inutile de compliquer ainsi l'installation, mieux vaut conserver à chaque organe une seule et unique fonction. Nous nous servirons des doubles murs pour emmagasiner le froid et des doubles couvertures pour produire l'appel.

Signalons seulement pour mémoire, que par rayonnement nocturne, on pourrait refroidir directement l'intérieur des appartements sans avoir à se servir de l'air comme agent intermédiaire. Armons les fenêtres de persiennes à lames réfléchissantes en métal creux, en verre, en bois avec enduits métalliques polis ; donnons aux lames une inclinaison dirigée du dehors au dedans, à l'inverse de ce qui a lieu dans les persiennes usuelles ; grâce à cette inclinaison, les radiations lancées par les corps situés à l'intérieur pourront s'échapper vers le ciel lorsqu'elles viendront frapper sur les lames, et l'on évitera en outre la pénétration à l'intérieur des radiations venant du sol et des corps environnants.

De plus ménageons sur la façade nord des murs, des échancrures, des fentes horizontales à plans obliques dirigées vers l'étoile polaire, ce seront autant de portes de sortie ouvertes au calorique.

Mais le rayonnement direct refroidit les corps plus que l'air, et la vapeur se condenserait sur les meubles. Il faut toujours, au contraire, que l'air s'échauffe dans les appartements et non qu'il s'y refroidisse. En l'admettant seule-



ment, alors qu'il aura été refroidi au plus bas possible, avec le système de réfrigération adopté (et nous n'avons jamais perdu de vue cette considération dans tout le cours de ce livre), il ira en se réchauffant et s'éloignera du point de saturation ; il n'y aura de condensation ni sur les meubles, ni sur les murs. Le rayonnement direct, inacceptable pour les appartements, peut au contraire trouver d'utiles applications dans la production de la glace dans les pays tempérés à hiver peu rigoureux. Nous étudierons cette question en traitant de la glace.

Nous retiendrons donc seulement de ce chapitre, le système des doubles murs ou cloisons à circulation d'air intérieur, véritables réservoirs de calories négatives permettant d'atténuer les oscillations thermométriques du jour à la nuit ; c'est une solution des plus simples, elle mérite d'entrer dans la pratique.

---



## CHAPITRE VII

### **Du refroidissement de l'air par la glace et la neige**

Il est un dernier agent de réfrigération dont nous étudierons les divers modes d'emploi, c'est la fusion de l'eau solide, glace ou neige.

Deux cas principaux sont à distinguer ; ou cet agent sera seul mis en œuvre, la solution en ce cas est semblable au chauffage d'hiver, la glace remplace le combustible, à cette différence près, qu'en raison de son prix élevé, il faut protéger avec beaucoup plus de soins l'appartement à rafraîchir contre l'afflux calorique : ou l'on s'aidera d'une deuxième source de froid, la glace servira seulement à parachever le refroidissement de l'air de ventilation. Exemple : par évaporation l'air pris au dehors à 30–35° sera rafraîchi à 25° et par fusion de la glace, il sera refroidi de 25 à 15°. En même temps les murs seront doublés par des cloisons réfrigérantes ; dès lors la consommation de glace sera moindre.

Affirmons d'ailleurs dès maintenant, — nous le démontrerons plus loin — que dans ce cas comme dans l'autre, la consommation de glace ne sera pas hors de proportion, avec l'amélioration hygiénique produite ; dix tonnes au maximum par habitant, dans une maison bien aménagée. Or l'industrie peut livrer la glace à raison de 20 fr. la tonne. L'objection dépense n'a donc qu'une importance relative, surtout si l'on considère qu'indépendamment du refroidissement de l'air, ce corps a d'autres emplois dans l'économie domestique, et qu'il est, on peut le dire, de première utilité, surtout en pays chaud, ne serait-ce que pour assurer la conservation des matières alimentaires, poisson,



viande, laitage, etc. Ce ne serait pas petite économie dans un ménage, et il y aurait à en diminuer d'autant le coût réel de la ventilation par l'air refroidi au moyen de la glace. Il y aurait aussi à tenir compte de l'eau glacée dont on disposera à toute heure pour rafraîchir les boissons, les fruits, les bains, ce qui est non moins hygiénique qu'agréable.

Il ne nous étonnerait point que d'ici à 40 ans la consommation décuplé, et que les prix aient diminué de moitié. La neige peut d'ailleurs remplacer la glace et il est nombre de points, même dans la zone torride où chaque année elle tombe en abondance.

**Systeme basé sur l'emploi exclusif de la glace —  
Précautions à prendre pour le rendre praticable. —**

Occupons-nous en premier lieu du système d'habitations refroidies exclusivement par la glace ou par la neige, nous passerons ensuite à l'étude des systèmes mixtes. Nous avons déjà indiqué, dans les chapitres précédents, diverses précautions tendant à diminuer les échanges caloriques avec l'atmosphère ; mais les agents de réfrigération employés, étant en quelque sorte gratuits, il était peu important de réduire leur consommation. Ici, au contraire, il devient nécessaire de se protéger le plus complètement possible pour que cette solution devienne praticable. Il faut étudier chaque partie de la construction, diminuer les gains de chaleur et augmenter les déperditions.

La température d'une enceinte résulte de l'équilibre qui s'établit entre les quantités de chaleur transmises à travers les parois, murs, toitures, sol, perdues ou gagnées par l'air affluent, et produites ou absorbées par les habitants, les appareils caloriques et d'éclairage.

Nous rechercherons quelles sont les dispositions qu'il convient d'adopter pour diminuer la consommation de glace ; puis posant l'équation de l'équilibre thermique de la maison, nous en déduirons la quantité nécessaire pour maintenir



dans un type de maison de dimensions déterminées, une température donnée.

**Murs.**— Le moyen le plus propre à diminuer la transmission par les murs, est de les composer de deux murettes séparées par une matière isolante. Le tableau ci-joint renferme les valeurs du coefficient (1) de transmission d'un certain nombre de murs, d'épaisseurs et de compositions diverses; il a été calculé à l'aide des chiffres tirés du *Traité de la chaleur, de Pécelet*, l'éminent créateur de la physique industrielle.

Deux murettes en briques creuses séparées par une matière pulvérulente, floconneuse ou filamenteuse; la sciure de bois, le tan desséché et pulvérisé très finement, la poussière des routes, les cendres, le sable très fin, le varech, la paille hachée, la tourbe sèche, etc., donnent un mur très mauvais conducteur de la chaleur et assez peu coûteux. Il sera prudent de rendre imputrescibles et incombustibles les matières végétales choisies, ce à quoi on parviendra en les immergeant dans certaines solutions salines étendues, telles que le silicate de potasse.

Un mur composé de deux murettes de 0<sup>m</sup>,25 en briques creuses séparées par un intervalle de 0<sup>m</sup>50, rempli de paille hachée menue, transmettra dix fois moins de calories qu'un mur plein en maçonnerie ayant même épaisseur totale.

**Plafonds, terrasses, toitures.** — Dans les plafonds, terrasses et toitures, il importe d'employer des matières fort légères, telles que le varech, sans quoi il faudrait donner de grandes sections aux pièces de charpente, en raison des épaisseurs de matières, nécessaires pour diminuer

---

(1) Le coefficient de transmission exprime le nombre de calories transmises par mètre carré et par heure pour une différence de température de 1<sup>o</sup> entre les milieux séparés par le mur.



*Quantité de chaleur M transmise par mètre carré, par heure, pour 1° de différence à travers des murs de différentes natures peints ou tapissés du côté de l'enceinte et nus à l'extérieur.*

ÉPAISSEUR E TOTALE	MAÇONNERIE PLEINE	BRIQUES PLEINES	BRIQUES m. CREUSES DE 0,02	BRIQUES CREUSES DE 0,015		MAÇONNERIE ET SABLE	MAÇONNERIE ET CENDRES	BRIQUES PLEINES et sable		BRIQUES PLEINES et cendres		BRIQUES PLEINES ET AIR		BRIQUES CREUSES et cendres e=0m,015	
				(1)	(2)			m	m	m	m	E	M	(3)	m
m	c.	c.	c.	c.	c.	$2 \times 0,25 + 0,50$	$2 \times 0,25 + 0,50$	$2 \times 0,25 + 0,50$	$2 \times 0,25 + 0,50$	$2 \times 0,25 + 0,50$	$2 \times 0,25 + 0,50$			$2 \times 0,25 + 0,50$	$2 \times 0,25 + 0,50$
1,00	1,14	0,52	0,26	0,20	0,15	0,41 } 0,41	0,34	0,10						0,09	
0,75	1,40	0,67	0,33	0,27	0,19	$2 \times 0,25 + 0,25$	0,49	0,19						$2 \times 0,25 + 0,25$	0,15
0,50	1,79	0,92	0,49	0,37	0,28				$2 \times 0,12 + 0,25$	$2 \times 0,12 + 0,25$	$3 \times 0,20 + 0,04$	0,64	0,68	$2 \times 0,12 + 0,25$	0,18
											$5 \times 0,11 + 0,08$	0,63	0,61		
											$4 \times 0,14 + 0,06$	0,62	0,65		
											$2 \times 0,25 + 0,02$	0,52	0,84		
0,37	»	»	0,58	0,52	0,38				$2 \times 0,12 + 0,12$	$2 \times 0,12 + 0,12$	$3 \times 0,15 + 0,04$	0,51	0,82	$2 \times 0,12 + 0,12$	0,28
											$4 \times 0,11 + 0,06$	0,48	0,76		
											$2 \times 0,16 + 0,02$	0,35	1,10		
0,25	»	1,51	0,87	0,66	0,50				$2 \times 0,06 + 0,12$	$2 \times 0,06 + 0,12$	$3 \times 0,10 + 0,04$	0,34	1,02	$2 \times 0,06 + 0,12$	0,34
											$2 \times 0,12 + 0,02$	0,27	1,30		
0,18	»	»	1,00	0,91	0,69				$2 \times 0,06 + 0,06$	$2 \times 0,06 + 0,06$	$3 \times 0,06 + 0,04$	0,23	1,28	$2 \times 0,06 + 0,06$	0,52
											$2 \times 0,08 + 0,02$	0,18	1,60		
0,12	3,24	2,20	1,63	1,39	»						$2 \times 0,06 + 0,02$	0,14	1,81		
0,10	»	2,42	e = 0,02	0,01	0,006										
0,06	»	2,89		2,39	1,89	1,59									
0,01	3,96	3,81													

(1-2) Les chiffres de ces deux colonnes ne doivent pas inspirer une confiance absolue, ils supposent : 1° que les vides des briques ne sont pas obstrués par le mortier, 2° que l'air y circule.

(3) Cette colonne renferme les plus petites valeurs de M pour une même épaisseur.



les transmissions. Depuis longtemps d'ailleurs le varech sert à cet usage en certains pays du Nord. On le lave à l'eau douce, puis on le fait sécher, il est alors imputrescible. Il serait, avons nous dit, utile de le rendre en outre incombustible.

Pour réduire au minimum les transmissions caloriques venant par le haut de la maison, le mieux sera de réserver

NOTA. — La chaleur transmise dans les murs en briques creuses dépend avant tout du rayonnement. Pour une brique en métal (zinc par exemple)  $K=mr+nf=0,24+4=4,24$   $\frac{1}{K}=0,335$  au lieu de 0,116; l'influence de la conductibilité devient nulle ici.

E = 0 intervalle	+	e (épais. du métal,	M = 2,409
— 1 int. de 0,02	+	2 e	— M = 1,501
— 2 int. de $2 \times 0,02$	+	3 e	— M = 1,117
— 10 int. de $10 \times 0,02$	+	11 e	— M = 0,281

Ainsi un mur formé de 10 feuilles de métal poli, mince ou épais, ne transmettrait pas plus de chaleur qu'un mur de 1,00 d'épaisseur en briques creuses de 0,02. On pourrait diminuer encore et de beaucoup cette transmission en faisant le vide entre les cloisons; il n'y aurait plus que la chaleur transmise par le rayonnement qui est très faible. Ainsi théoriquement le calcul donne :

2 cloisons zinc	M=0,217
3 —	M=0,114
10 —	M=0,023

mais la chose n'est pas pratique.

*Transmission à travers une paroi mouillée d'un côté  
sèche de l'autre*

BRIQUE (1)			FONTE		
Epaisseur	Air calme	Air agité	Epaisseur	Air calme	Air agité
<b>E</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>M</b>
0,02	6,00	6,50	0,005	7,36	8,36
0,01	6,60	7,40	,	,	,

(1) Ce sera le cas de nos cloisons réfrigérantes.

Les valeurs de M données par ce tableau permettent de se rendre compte de la valeur relative des diverses cloisons réfrigérantes dont nous avons vu l'application en traitant de l'évaporation.



ver un étage ou tout au moins un faux étage, au-dessus des appartements à protéger et de les recouvrir d'un plafond suspendu semblable à celui représenté *fig. 38*. On peut ainsi donner à la couche isolante une épaisseur considérable, tout en conservant aux solives et poutres du plancher leurs dimensions usuelles, la surcharge de varech étant par elle-même assez faible.

De toutes les solutions, c'est la plus complète et la plus parfaite. L'étage supérieur prendra une température intermédiaire entre celle de l'atmosphère et celle de l'étage inférieur, ce qui diminuera beaucoup l'afflux calorifique. D'autre part, il n'y aura pas à redouter d'infiltration dans la couche isolante.

Mais supposons que l'on veuille protéger également l'étage supérieur. Si la maison est recouverte par des toits, on utilisera le comble comme grenier ; on approvisionnera sur le plancher porté par les entrails de la charpente une forte couche de paille, varech ou autre corps peu conducteur et léger. Si elle est couverte en terrasse, on accrochera le plafond après celle-ci et on laissera un vide au-dessus de la couche isolante pour permettre à l'air de circuler et dessécher le plafond si des infiltrations se produisent, ce qui n'est que trop fréquent avec les terrasses, surtout pendant les premières années de la construction.

Il est aisé de s'assurer par le calcul que l'adoption intégrale de la première combinaison indiquée, interposition d'un étage entre l'atmosphère et l'appartement d'été avec plafond suspendu supportant une couche de paille ou de varech de 0<sup>m</sup> 40 environ, aura pour effet de réduire de 36 à 1 la transmission de calorifique qui se serait produite si l'on se fût borné à se protéger par une terrasse ordinaire de 0,30 d'épaisseur en asphalte béton et briques (1).

---


$$(1) M_1 = \frac{T - t}{\frac{e}{c} + \frac{1}{K}} = \frac{40 - 20}{\frac{0,30}{1,80} + \frac{1}{3,70 \times 4}} = 66$$



On pourrait adopter d'autres dispositions telles que celles usitées dans les ateliers de filature et de tissage de M. Kœchlin à Sheds ; nous nous bornerons à celle que nous venons d'indiquer, elle permet d'annuler presque complètement l'afflux calorique, sans grande complication ni dépense.

**Transmission par le sol.** — Elle serait fort difficile à évaluer exactement, il faudrait à la fois estimer la chaleur venant des profondeurs du sol, et celle qui affluera latéralement, la température étant inférieure à celle des

(Suite de la note, page 110.)  $M_1$  Transmission totale par heure et par mètre carré à travers la terrasse.

$T_1$  Température de la couche d'asphalte  $40^\circ$  au minimum au soleil, le thermomètre à l'ombre étant à  $30^\circ$ . On la suppose ici peinte en blanc, ce qui est toujours utile.

$t$  Température à maintenir dans les appartements soit  $20^\circ$ .

$e$  Epaisseur de la terrasse.

$c$  Coefficient de conductibilité moyen.

$K = r \times f$  coefficient de transmission du dessous de la terrasse à l'air.

$r$  Terme relatif au rayonnement.

$f$  Terme relatif au contact de l'air.

$$M_2 = \frac{T_2 - t}{\frac{1}{k} + \frac{e}{c} + \frac{1}{k'} + \frac{e'}{c'} + \frac{1}{k''}} =$$


---


$$0,130 + 0,055 + 0,130 + \frac{0,40}{0,06} + 0,130 = 1,83$$

$M_2$  Transmission totale par heure et par mètre carré à travers le plancher avec plafond suspendu.

$T_2$  Température de l'étage supérieur, elle sera égale à celle de l'atmosphère soit  $30^\circ$ .

$K$  Transmission de l'air à la paroi supérieure du plancher.

$e$  Epaisseur du plancher.

$c$  Coefficient de conductibilité moyen.

$K$  id. de transmission de la surface inférieure du plancher à la surface supérieure de la couche isolante.

$e'$  Epaisseur de la couche isolante.

$c'$  Coefficient de conductibilité de la couche isolante.

$K''$  Transmission du plafond à l'étage qu'il abrite.

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{66}{1,83} = 36$$



terrains adjacents ; tenir compte en outre de la capacité calorique du sol et du temps nécessaire avant que le régime thermique final ne s'établisse.

Nous simplifierons la question en admettant que la température du terrain ne variera pas et qu'elle sera toujours égale à la température moyenne annuelle du lieu.

Cette hypothèse s'éloigne peu de la vérité, la terre étant ici abritée par la maison même contre les radiations solaires et le rayonnement nocturne, bref contre l'influence des radiations atmosphériques. Elle serait encore plus approximative, s'il existait à peu de profondeur une couche aquifère puissante et par suite à température constante; inépuisable réservoir de calorique, insensible à des influences aussi minimes que celles résultant de l'existence de ces constructions.

Les moyens de protection seront proportionnés à la différence de température existant entre le sol et l'habitation. Sur les confins de la zone tempérée et de la zone torride, la température du sol étant de 20° environ, de même que celle que l'on se propose de maintenir dans l'habitation, il n'y aura aucune disposition spéciale à prendre. Si l'on se rapproche de l'équateur, on protégera le rez-de-chaussée par une épaisse couche de sable très fin et très sec ou de terre desséchée et pulvérisée, et on prendra les précautions voulues pour éviter que les eaux ne l'envahissent, car elle deviendrait dès lors sans utilité.

Avec une couche de 1<sup>m</sup>00 d'épaisseur de sable à grains moyens, le coefficient de transmission M sera de 0,26 (1). S'il est très fin et très sec, la transmission sera encore moindre. A défaut de sable, on se servira de telle autre matière isolante que l'on pourra se procurer à bas prix. On supportera le rez-de-chaussée sur des caves et on

---


$$(1) \quad M = \frac{T - t}{\frac{e}{c} + \frac{1}{k}} = \frac{T - t}{\frac{100}{0,27} + 0,116} = 0,26 (T - t)$$



étalera dans celles-ci la couche isolante ; mais il faudra éviter que l'air atmosphérique ne circule entre le parquet et la dite couche isolante, on perdrait sans cela tout le bénéfice de cette disposition.

Si l'on se propose de rafraîchir seulement les étages supérieurs, on les limitera, tant par le haut que par le bas, par des planchers analogues à celui représenté *fig. 38*.

**Fenêtres.** — Le coefficient de transmission à travers un carreau de vitre est de 3,67, il est 20 fois plus grand que celui du plafond précédemment décrit ; il faut donc prendre des précautions spéciales pour amoindrir l'afflux de chaleur par les fenêtres. Il serait superflu sans cela de construire des murs, des planchers, des plafonds de formes particulières.

Le nombre de fenêtres sera limité au strict nécessaire pour l'éclairage intérieur, leurs dimensions de même. Loin d'imiter ce qui se fait en France, nous nous inspirerons plutôt des constructions mauresques.

L'exposition des fenêtres, le choix de leur emplacement, méritent toute attention ; on les placera de préférence au nord, et on les abritera du soleil par des auvents. Mieux vaut qu'elles soient placées haut que bas, à l'intérieur qu'à l'extérieur, et qu'il n'existe pas de construction en face. S'il est possible de satisfaire à ces diverses conditions, on aura diminué considérablement la pénétration des radiations extérieures.

Enfin, et c'est là une condition importante, toujours réalisable, chaque baie sera munie de deux châssis à double vitrage (*fig. 40*) ou d'un châssis à quadruple vitrage (*fig. 39*). Cette disposition peut être complétée en évitant les petits bois horizontaux et en mettant les cheminées distinctes ainsi obtenues  $ab$ ,  $ab$  (*fig. 40*)  $a_1 b_1$   $a_2 b_2$   $a_3 b_3$  (*fig. 39*) en communication par le bas avec l'appartement, par le haut avec l'intérieur, de telle sorte qu'il s'établisse des courants ascendants dans ces châssis et que



l'air emporte avec lui le calorique qui avait traversé les vitrages. Dans la *fig. 40*, *cc* représentent des petits tasseaux destinés à maintenir l'écartement des vitres ; *ac cb*, sont les évidements ménagés dans les petits bois.

Ce ne sera point là une dépense supplémentaire importante, elle sera compensée par la réduction opérée sur le nombre et sur la surface totale des fenêtres.

Il est encore un perfectionnement à signaler, mais des expériences seraient nécessaires pour en fixer la valeur.

L'on sait que chaque verre incolore jouit d'une transparence calorique propre, qui dépend de sa composition chimique, de même que chaque verre coloré ne se laisse traverser que par des vibrations de l'éther d'une certaine longueur d'onde.

Si donc les quatre feuilles de verre interposées entre l'intérieur et l'extérieur sont de composition différente, un moins grand nombre de rayons caloriques les traverseront.

Si la fenêtre à garantir est à quelques mètres au dessus du sol et à l'abri du soleil, on la protégera au dehors par des persiennes à lames réfléchissantes, inclinées du dehors au dedans, ainsi que nous l'avons dit dans le chapitre précédent. Même alors que les surfaces seraient ternes et non polies, ce moyen de protection conserverait encore une partie de son efficacité. L'inclinaison des lames empêchera les radiations externes de pénétrer et facilitera l'émission vers le ciel des radiations caloriques internes.

Si au contraire la fenêtre est exposée au soleil, on adoptera les persiennes ordinaires, mais pour diminuer l'afflux calorique dû à leur rayonnement vers l'intérieur, à travers les deux châssis à double vitrage, on laissera un courant d'air s'établir entre ceux-ci. L'air entrera par le registre **A** (*fig. 40 bis*), s'échauffera entre les châssis et se dégagera par la cheminée **B** ménagée dans l'épaisseur du mur.

Cette disposition serait également applicable si les deux châssis étaient à simple vitrage.

Par cela même, qu'une baie est élevée au dessus du



sol, que le mur est épais et que les châssis vitrés sont à l'intérieur, le nombre de radiations externes, émises par le sol, qui la franchissent, sera moins grand.

La rapidité avec laquelle les variations thermométriques de l'atmosphère se font sentir à l'intérieur est due aux fenêtres, surtout dans les maisons à loyer où elles sont en si grand nombre.

La seule fonction dévolue aux fenêtres, dans le type de maison que nous étudions étant de les éclairer, il n'y a aucun inconvénient à en réduire le nombre et les dimensions. Les surfaces nécessaires à l'éclairage sont minimales dans les pays de soleil et considérables dans les pays brumeux. Si donc il est logique d'avoir de grandes et nombreuses fenêtres dans le nord, il est illogique d'adopter ces mêmes errements entre les tropiques. L'inconvénient qui en résulte dans les pays froids : accroissement de la consommation de combustible, est minime en raison du bas prix des calories positives ; il est considérable sous l'équateur, en raison du prix vingt fois plus élevé des calories négatives.

Nous résumerons ainsi les dispositions à prendre : Baies en petit nombre, de petites surfaces, placées au nord ou abritées du soleil par des auvents, à bonne hauteur au dessus du sol, armées d'un quadruple vitrage et de persiennes à lames renversées si elles sont à l'abri du soleil, ou de persiennes ordinaires si le soleil les frappe mais avec circulation d'air entre les deux châssis vitrés (1).

**Portes.** — Chaque entrée sera protégée par deux portes à fermeture automatique. Il y a à tenir compte ici des transmissions à travers les portes, de l'écoulement de l'air par les joints et fissures, et du renouvellement de l'air du tambour à chaque entrée ou sortie.

---

(1) Valeur des coefficients de transmission :

Un châssis à 1 verre	—	3,65
id. 2 id.	—	2,43
id. 4 id.	—	1,42



Les portes extérieures seront placées en retrait ou abritées contre le soleil par des auvents. Si elles sont de grandes dimensions, on ménagera dans chacune d'elles des portes de service.

Les portes du dehors seront massives, celles du dedans seront composées de façon à être peu perméables au calorique. Toutes devront fermer exactement sur leurs encadrements.

L'écoulement de l'air par les fissures a été estimé par le général Morin à  $3\text{m}^3$  par heure et par mètre linéaire. Grâce aux portes de service, le développement des joints sera faible. Il est d'ailleurs aisé de diminuer le débit des joints en leur fixant des bourrelets élastiques, ainsi que cela se pratique dans les pays froids.

Le renouvellement de l'air du tambour sera également insignifiant si les portes ne sont ouvertes qu'en temps utile pour les entrées et les sorties.

Si l'une des portes reste ouverte pendant un moment, l'air du tambour, dont la température était intermédiaire entre celle de l'intérieur et celle de l'extérieur, sera remplacé par l'air chaud du dehors ou froid du dedans. Dans les deux cas, c'est un apport de chaleur à l'intérieur.

L'adoption de doubles portes disposées comme il vient d'être dit, annule presque l'influence des ouvertures de communication.

Une porte simple fermant mal, donnerait lieu à une instabilité thermométrique très marquée.

Souvent, il sera possible d'utiliser ces ouvertures comme bouches de sortie de l'air vicié, les transmissions caloriques par ces voies cessent alors d'être onéreuses ; l'air vicié devra être en ce cas expulsé par les impostes. (1).

---

(1) Coefficient de transmission pour un ensemble de deux portes en bois peint de 0,06 d'épaisseur : 1,02.

Coefficient de transmission pour un ensemble de deux portes à double panneaux en bois de 0,01 avec matelas en bourre de 0,03 chaque : 0,57.



**De la ventilation par l'air froid — Volume d'air nécessaire.** — Nous avons étudié dans un des chapitres précédents, la ventilation par un courant d'air animé d'une vitesse sensible, et nous avons vu qu'il fallait mettre en mouvement de grandes masses d'air, pour produire la sensation de fraîcheur que donne la brise ; nous étudierons ici la ventilation comme mode de réfrigération. Nous allons rechercher quel est le volume d'air qu'il faut attribuer à chaque habitant, pour maintenir une atmosphère salubre dans une enceinte.

L'adulte aspire  $13^{\text{m}3}$  d'air par jour. L'air expulsé par les poumons est chargé d'acide carbonique, 4,25 %, et saturé de vapeur d'eau ; il renferme des traces de matières organiques, et divers autres principes volatils qui, s'accumulant dans un espace fermé, en vicient l'atmosphère, la rendent irrespirable et même mortelle. Chacun sait quels terribles effets peuvent résulter de l'agglomération d'un trop grand nombre d'individus dans une enceinte fermée ; il nous suffira d'en citer un exemple classique. Nous avons vu en France, après la bataille d'Austerlitz, sur 300 prisonniers autrichiens enfermés dans une cave, 260 succomber en peu de temps.

L'influence de chacun des éléments de l'air vicié : diminution de la richesse en oxygène, excès d'acide carbonique, accumulation et fermentation des matières organiques et des éléments figurés, enfin échauffement et saturation de l'air, n'est point parfaitement déterminée. De nouvelles expériences sont nécessaires pour reconnaître quelle est leur importance relative.

La tendance fort légitime des hygiénistes est de donner à chacun un énorme volume d'air ; c'est ce que l'on devra faire toutes les fois que la chose sera possible, c'est-à-dire quand il n'en coûtera rien ; l'air atmosphérique affluant directement du dehors et sans avoir à subir de modification thermométrique ou hygrométrique. Mais force est de s'imposer une limite lorsqu'il faut l'échauffer ou le refroidir.



dir ; car il en résulte une dépense qui, dans ce dernier cas surtout, ne cesse pas que de devenir importante avec le temps.

Il convient dès lors de rechercher quel est le volume d'air utile. Les chiffres donnés par les différents auteurs qui ont traité ce sujet différent fort entr'eux. Les divergences, indépendamment de la tendance naturelle qu'ont les hygiénistes à forcer ce *quantum* et les ingénieurs à le réduire à ce qu'ils croient suffisant, de façon à rendre admissible la ventilation, ces divergences, disons-nous, sont dues à l'indétermination du but que l'on doit se proposer, et à la complexité des éléments de la question.

La destination du local, le mode de distribution de l'air, sa température relative en sont les termes principaux.

S'il s'agit d'une maison habitée par des hommes valides, l'on s'impose généralement pour condition, que la teneur de l'air en acide carbonique ne dépasse pas 0,001 ; il est aisé d'en déduire que la ration par homme sera de 28 à 30 m<sup>3</sup>.

Nous savons qu'un adulte exhale 20 litres d'acide carbonique par heure, et que l'atmosphère en renferme 0,0003. Chaque mètre cube d'air pourra donc recevoir de nos poumons 0,0007. Le quantum sera de  $0,020 : 0,0007 = 28,53$ , soit 30 m<sup>3</sup>.

En fait, la teneur en acide carbonique ne donne pas la mesure de la pureté de l'air. Ce gaz est en lui-même assez inoffensif, son influence ne devient sensible que si la teneur dépasse 1 p. ‰, et elle pourrait être due seulement à ce que l'air devient moins riche en oxygène.

La vapeur d'eau exhalée par les poumons et la surface cutanée contribue aussi à vicier l'atmosphère ; mais cette influence généralement très faible est, dans le cas qui nous occupe, absolument insignifiante.

Pour maintenir dans une enceinte la température de 20° dans les pays chauds, il sera nécessaire pour ne pas exagérer la consommation de glace de refroidir l'air à 15° environ.



En sortant des appareils de réfrigération il sera saturé et renfermera 12 g. 73 de vapeur par mètre cube. Après viciation il sera en outre chargé de la vapeur exhalée par les poumons soit pour 500 litres d'air à 37°, 14 g. 13 et de celle provenant de la surface cutanée, 50 g. au maximum, dans les conditions thermométriques actuelles, et étant admis que l'homme n'accomplit point un travail mécanique ; total 64 g. 13, qui répartis sur 30<sup>m3</sup> donnent 2 g. 13 pour chacun d'eux. De sorte que l'air renfermera 14 g. 86. On n'hésitera point à reconnaître qu'il sera très suffisamment sec, sachant qu'il peut en contenir jusqu'à 41 grammes avant d'être saturé à la température du corps humain.

Les matières organiques et autres principes volatils ont une influence plus marquée ; leur fermentation donne lieu à des émanations qui affectent désagréablement celui qui pénètre subitement dans l'enceinte viciée. Mais il est bien difficile d'en déterminer la composition, de dire à quelle dose elles deviennent nuisibles. En fait, le réactif le plus sûr, le plus simple, est l'odorat. Avec un *quantum* de 30<sup>m3</sup> par tête, il n'y a pas d'odeur perceptible ; c'est là tout ce que l'on peut assurer. Nous avons donc raison de dire que le but que l'on se propose n'est point rigoureusement déterminé et dès lors, les estimations varient naturellement d'un auteur à l'autre.

Si le local à ventiler est un hôpital, les conditions à réaliser deviennent plus nettes ; mais il n'en résulte point que l'on puisse en déduire quel est le volume d'air nécessaire. L'expérience, en effet, a démontré, que malgré les volumes de plus en plus considérables attribués à chaque malade dans les hôpitaux les plus récents, les mieux étudiés, volumes qui à l'heure actuelle ont été portés jusqu'à 100, 200 et même 300<sup>m3</sup> dans les salles de femmes en couche, la mortalité est infiniment plus considérable là, que partout ailleurs.

Il en résulte clairement, que le volume d'air à distribuer, n'est pas l'élément unique et essentiel d'une bonne ventila-



tion. Il ne suffit pas de diffuser les germes des maladies infectieuses dans un grand volume d'air, il faut les expulser immédiatement, éviter leur mélange avec l'air neuf, et les détruire.

La mortalité ne s'arrête point au périmètre des salles de l'hôpital, elle envahit les quartiers placés sous le vent ainsi que le démontrent les recherches statistiques du docteur Bertillon, sur la distribution de la mortalité dans les divers quartiers de Paris.

Là cependant le degré de diffusion est énorme, hors de proportion, avec ce que pourra jamais la plus énergique ventilation.

Soit donc qu'il s'agisse d'une maison d'habitation privée ou d'un hôpital, la ration d'air utile est une quantité indéterminée, il ne suffit point de donner beaucoup d'air pour jouir d'une atmosphère salubre.

**Influence du mode de distribution.** — Les modes de distribution et d'évacuation ont une influence aussi considérable. Suivant que l'air arrivera par le haut ou par le bas, qu'il sera refoulé ou aspiré, qu'il s'écoulera comme un fleuve dans une direction unique, ou qu'il sera débité par mille canaux ; suivant qu'il sera relativement chaud ou froid, il devra être plus ou moins abondant.

En fait, l'on doit se proposer de donner à chacun, de l'air neuf, parfaitement pur, et non de verser dans un local déterminé un grand volume d'air. Avec un faible débit on peut jouir d'une atmosphère très pure, si l'air vicié est immédiatement expulsé, sans être mélangé à l'air neuf. Ce régime de ventilation peut parfois être réalisé. C'est surtout dans les hôpitaux sur les malades alités qu'il serait aisé de l'appliquer.

Recouvrons le lit d'une légère étoffe transparente mais très peu perméable à l'air (*fig. 41*), formant gaine à 0<sup>m</sup>,20 au dessus des couvertures, tombant librement sur les côtés longitudinaux et reposant par les deux autres sur les côtés



transversaux. La bouche d'évacuation étant ménagée dans la tête du lit, l'air refoulé dans la salle pénétrera dans la gaine par le pied et s'écoulera par la tête dans un collecteur aboutissant à un foyer ; ou encore chaque gaine, chaque *lit-canal* se raccordera d'un côté à une bouche d'aspiration, de l'autre à une bouche d'insufflation.

Il y aura donc entraînement direct de tous les produits exhalés par les poumons et par la surface cutanée. Avec un volume d'air minime, l'atmosphère de la salle sera salubre.

Nous avons envisagé ici un mode d'évacuation directe, un mode de localisation de l'air vicié dont l'emploi sera forcément restreint au lit, ou autres cas analogues ; mais le fait de la séparation immédiate de l'air exhalé d'avec l'air neuf se produit de lui-même dans toute ventilation d'été.

Si en pays chaud, nous introduisons l'air froid par le bas des pièces et que nous l'expulsons par le haut, l'air exhalé par les poumons s'élevant directement au plafond, ne se diffusera pas dans les parties basses. Le degré de pureté sera maximum au niveau du sol et minimum vers le plafond. Il n'en serait point ainsi dans une ventilation par air chaud. L'air neuf, qu'il soit introduit par le haut ou par le bas, s'élèvera immédiatement au plafond, l'air expiré de même, car il est encore plus chaud, le mélange est inévitable.

Dans les deux cas, l'hypothèse de la diffusion homogène de l'acide carbonique expiré, hypothèse implicitement comprise dans le mode de calcul adopté pour évaluer la teneur de l'air vicié en gaz carbonique est fautive. L'air sera plus pur dans le premier cas et moins pur dans le second que ne l'indique le calcul.

**Influence de la capacité des salles.** — La capacité des pièces habitées mérite également de nous arrêter un instant. Dans l'hypothèse de la diffusion homogène et



étant admis une ventilation constante, il est bien évident, à *priori*, que cette capacité est sans influence sur la pureté de l'air, une fois le régime établi. Mais comme d'une part, cette hypothèse est souvent inexacte et que la ventilation n'est pas toujours constante, il sera préférable de jouir d'un grand espace cubique et surtout d'une grande hauteur, de telle sorte que la tête n'atteigne pas la couche d'air chaud et vicié. Notons cependant que plus la section des pièces sera grande, plus la vitesse moyenne de l'air sera faible, ce qui facilitera d'autant le dépôt des matières organiques, germes et poussières.

Mieux vaut un espace cubique moindre, combiné avec une ventilation permanente, qu'un énorme volume sans ventilation. Les produits exhalés pendant le séjour se déposent puis fermentent, surtout si la température est élevée ; d'où résulte une odeur nauséabonde. Nous nous attacherons donc à assurer le renouvellement constant de l'air plus encore qu'à avoir de vastes appartements.

Nous adopterons comme ration d'air utile 25 à 30<sup>m<sup>3</sup></sup> parce que ces volumes ont été reconnus très suffisants dans des expériences directes de ventilation par air chaud ; ils le seront à plus forte raison avec la ventilation par air froid.

**Calorique dégagé par l'homme.** — Nous savons qu'un adulte produit pendant le sommeil 40 calories par heure et pendant le repos 154 ; n'ayant pas à prévoir ici de période de travail manuel, nous adopterons 100 calories comme production moyenne.

Nous aurons à tenir compte de cette importante source de chaleur pour dresser le bilan calorique du type de construction que nous étudions.

**Eclairage artificiel.** — Dans les pays chauds, l'éclairage dure à peine quelques heures. Cette source de chaleur ne donne son contingent que lorsque les autres sont



en décroissance (transmission par les murs, plafonds; apport par l'air, etc., etc.), mais sa puissance est parfois telle, qu'elle domine de beaucoup toutes les autres; il ne sera point superflu d'examiner par quels artifices on peut s'y soustraire.

Rappelons quelles sont les productions caloriques par heure, des appareils d'éclairage : la bougie dégage 400 calories; une lampe brûlant 42 grammes d'huile, 350°; un bec de gaz débitant 125 litres, 650°, soit presque autant que 7 hommes. Un brillant éclairage exige de nombreux becs et donne lieu à une énorme production de calorique. Cette chaleur rend bien souvent insupportable le séjour des salons, des théâtres et autres lieux de réunion pendant les soirées d'été, même dans les pays tempérés. Il est aisé d'amoindrir son influence, et même d'utiliser, au profit de notre bien être, cette chaleur par laquelle nous nous laissons trop souvent suffoquer.

Les anglais, gens aimant le confort, ont imaginé dans ce but, les *sun-burners* ou cheminées de ventilation dont ils surmontent leurs becs de gaz. Nous compléterons cette excellente disposition, dont l'adoption devrait être générale, surtout dans les pays chauds, en arrêtant au passage par un tamisage approprié, les rayons caloriques qui accompagnent la lumière. Pour cela, nous entourerons chaque bec, ou chaque groupe de becs, de deux globes ou de deux cylindres distincts, de compositions chimiques différentes, choisis de façon à arrêter la plus grande partie de la chaleur rayonnante. L'on sait que, de même que chaque verre coloré ne laisse passer que les vibrations lumineuses dont la longueur d'onde est précisément celle de sa couleur, chaque verre incolore ne se laisse traverser que par des vibrations caloriques dont les longueurs d'onde sont comprises entre certaines limites, de sorte que par la superposition de deux verres de compositions différentes, on peut arrêter au passage toutes les vibrations caloriques; de même que par la superposition de deux verres colorés de couleurs



complémentaires, on arrête toute lumière, on produit l'obscurité.

Le courant d'air qui s'établira dans l'intervalle des deux enveloppes de verre, entraînera le calorique arrêté au passage.

**Dispositions diverses propres à réduire la consommation de glace** — *Localisation, groupement des pièces, mode d'évacuation de l'air.* — Malgré les multiples précautions indiquées, en vue de diminuer l'affluence calorique par les divers éléments de toute habitation (murs, fenêtres, planchers, etc.,) la consommation de glace ne laisserait pas que d'être considérable, si on voulait maintenir une basse température dans toute l'étendue d'une maison. Mais cela n'est point utile. Il suffit de protéger les pièces les plus fréquentées, celles où l'on séjourne : cabinets de travail, chambres à coucher, salle à manger. On les groupera de façon à limiter au minimum le périmètre de la zone froide ; de plus, la distribution intérieure de l'appartement sera telle, que l'air froid puisse à volonté être jeté dans les pièces de jour ou dans celles habitées la nuit. Des unes, il passera dans les autres, puis enfin, dans les pièces attenantes. On diminuera ainsi les transmissions par les murs de refend qui limitent la zone froide, en même temps que l'on créera une zone tempérée à température intermédiaire.

Dans l'appartement représenté (*fig. 43*), la glacière est placée dans l'étage supérieur, au-dessus de D. L'air après s'être refroidi, soit directement au contact du réservoir en tôle qui renferme la glace ; soit, ce qui est préférable, dans des poëles à eau froide dans lesquels circulera l'eau de fusion de la glace, est versé dans une canalisation qui le distribue aux cheminées 1, 3, 4, 5. La première est destinée à la ventilation de jour. L'air froid se déverse dans la salle à manger A, à 0<sup>m</sup>,50 au dessus du parquet de cette pièce, s'écoule en B D E F, puis dans l'antichambre



G, et enfin, avant d'être rejeté dans l'atmosphère, il s'é-  
tale dans la zone tempérée I L J K. Toutes les portes et fe-  
nêtres sont fermées, le courant passe d'une pièce à l'autre  
par les impostes. Il en résulte que l'air le plus froid, le plus  
pur, séjourne, tandis que l'air vicié et relativement chaud  
s'écoule par dessous le plafond ; il ne s'échappe qu'après  
avoir traversé toutes les pièces de la zone froide et de la  
zone tempérée, et se trouve ainsi utilisé pour le mieux.

Pendant la nuit la cheminée 1 étant fermée de même  
que l'imposte 2, on ouvre les cheminées 3, 4, 5, et l'im-  
poste 6, le courant est renversé. Chaque chambre jouit  
d'une bouche d'air froid et peut modérer ou activer son  
débit en manœuvrant une petite vanne. Il est aisé, par  
une disposition des plus simples, de créer dans chaque  
alcôve une atmosphère d'air froid et pur avec un débit  
très limité (*fig. 42*). Fermons leur côté ouvert par des  
rideaux ou par un vitrage n'atteignant pas le plafond,  
l'alcôve pourra en ce cas, être assimilée à un réservoir  
alimenté d'eau froide par le bas et laissant s'échapper par  
le trop plein, les eaux relativement chaudes du dessus. Le  
mouvement de l'air sera ascendant, il se produira sur  
toute la section de l'alcôve, sans vitesse sensible ; tout dan-  
ger est évité.

Nous proposons bien, il est vrai, dans le cours de cette  
étude, la ventilation du lit par un courant d'air localisé à  
vitesse sensible ; mais ceci en tant que l'on ne dispose pas  
d'air froid, et que la réfrigération ne peut être due qu'à  
la vitesse imprimée à l'air atmosphérique, chaud et humide.

La glace nous permettra d'obtenir de l'air aussi froid et  
aussi sec que l'on peut le désirer, et de créer une atmos-  
phère vivifiante ; c'est là son principal avantage. Dès lors  
il n'y a plus à s'aider de l'agent que nous avons préconisé  
à défaut de tout autre mode de réfrigération.

Loin d'imprimer à l'air une vitesse sensible et de faire  
naître des courants, nous nous attacherons à les éviter ; car  
ils seraient ici à redouter en raison de la fraîcheur de l'air.



Dans la ventilation de nuit nous pourrons donc réduire considérablement le volume d'air froid. Nous n'en jouirons pas moins d'une atmosphère parfaitement froide et sèche, grâce à l'aménagement de nos alcôves.

**Équilibre thermique de la maison.**— Nous pouvons maintenant dresser le bilan calorique de l'appartement représenté *fig. 43*. Nous admettrons que la température moyenne extérieure est de 30° et nous chercherons qu'elle est la consommation de glace nécessaire pour maintenir une température de 25°, étant bien compris qu'il faut entendre par là que la température de l'air vicié, à sa sortie, sera de 25°, mais qu'en fait, grâce au mode de distribution adopté, les habitants se trouvant toujours plongés dans l'air venant de la glacière avant tout échauffement préalable, jouiront de la température de l'air neuf affluent et non de celle de l'air vicié ; or nous allons voir qu'il faut refroidir l'air à 15° pour obtenir l'état d'équilibre thermométrique que nous cherchons à créer.

La note ci-dessous (1) donne les valeurs des diverses transmissions.

Nous ne tenons point compte de l'éclairage, parce

(1)	Mur extérieur	
0,15	$(13+2 \times 7,5) 3,5-5 \times 1$	$(30-25) \dots = 69,75$
	Fenêtres	
1,42	$5 \times 1 \times 1,5$	$(30-25) \dots = 53,25$
	Mur de refend	
0,15	$(13 \times 3,50-1,30 \times 2,5-0,80 \times 2,00)$	$(30-27,5) = 15,24$
	Portes	
0,57	$(1,30 \times 2,5+0,80 \times 2,00)$	$(30-27,5) \dots = 6,34$
	Plafond	
0,18	$(13 \times 7,5-5 \times 5)$	$(30-25) \dots = 65,25$
	Sol	
0,26	$13 \times 7,5$	$(25-25) \dots = 0,00$
	Total	<u>209,83</u>



qu'ainsi que nous l'avons dit plus haut, cette source de chaleur est intermittente et qu'elle intervient seulement alors que toutes les autres transmissions diminuent. Ceci en tant qu'il ne s'agit pas de lieux publics fréquentés par un grand nombre de personnes. Il serait inutile de diminuer les transmissions par les murs, la production de calorique par l'éclairage et par les assistants devenant incomparablement plus grande que celle due aux transmissions. Il faut, en ce cas, appliquer d'autres procédés, tels que la ventilation par un courant d'air forcé.

Cet appartement pouvant recevoir 5 personnes, le nombre de calories négatives à produire sera de  $209,83 : 5$ , soit 42 par tête.

**Consommation de glace.** — Nous avons vu que l'on pouvait estimer à 100 calories la chaleur produite par l'homme ; une partie de cette chaleur échauffera l'air de ventilation, une autre sera rayonnée vers les murs, la troisième enfin sera absorbée par l'évaporation cutanée. Cette dernière peut être estimée à moitié dans les conditions thermométriques et hygrométriques que nous allons créer ; elle ne contribue point à échauffer l'air, ni les murs et a pour seul effet de rendre l'atmosphère intérieure plus humide. On peut donc admettre qu'il faut produire 92 calories négatives par heure et par habitant.

L'air de ventilation distribué à raison de  $30\text{ m}^3$  par tête devra donc être refroidi à la température de  $15^\circ$  (1).

La consommation de glace correspondante sera, de 1 k. 56 (2) en admettant que la glace soit à  $0^\circ$ , l'eau de fusion chauffée à 10 ou  $11^\circ$ , l'air atmosphérique à  $30^\circ$  et parfaitement sec. S'il est au  $3/4$  saturé, il faudra en plus, 1 k. 95 (3).

---

(1)  $30 \times 1,30 \times 0,24 (25 - x) = 92^\circ$  d'où  $x = 15^\circ$ .

(2)  $30 \times 1.3 \times 0,24 (30 - 15) : 90 = 1 \text{ kg. } 56$ .

(3)  $30 (0,75 \times 0,0307 - 0,01273) (606,5 + 0,305 \times 30 - 15) : 90 = 1 \text{ kg. } 95$ .



La consommation par 24 heures, variera donc entre 37 et 84 kilogrammes ou mieux 50 et 100 kilog. pour tenir compte des pertes dues à la glacière ; elle dépend donc plus de l'humidité de l'air que de sa température. Si nous admettons 100 jours de forte chaleur, la consommation sera de 5 à 10 tonnes par habitant soit 100 à 200 fr., la glace ou la neige étant comptée à 20 fr. la tonne. Ce prix peut, dès aujourd'hui, être pratiqué en bien des contrées, ainsi que nous l'établirons.

Nous devons faire observer que nous nous sommes placés dans les conditions les plus favorables. On pourrait sans doute diminuer la consommation de glace, en poussant plus loin le refroidissement de l'air ; mais la différence thermométrique de l'atmosphère à notre appartement est déjà notable, il pourrait être dangereux de l'accroître davantage. D'autre part, si l'on ne voulait pas rafraîchir l'air à 15°, mais seulement à 20°, il faudrait opérer sur des volumes plus considérables, ce qui accroîtrait la quantité de glace à fondre, l'air vicié emportant avec lui une partie du froid produit.

L'emploi exclusif de la glace, comme source de froid, est donc assez onéreux. Il faut d'une part s'entourer de murs, de plafonds épais en matériaux peu conducteurs, réduire au strict nécessaire la surface des baies, protéger les fenêtres par deux doubles châssis vitrés et les baies de circulation par des doubles portes ; autrement dit, combiner tous les éléments de l'appartement à refroidir en vue de cette destination ; d'autre part, construire une glacière de capacité importante ; enfin compter sur une dépense de glace d'une dizaine de tonnes par habitant.

Cette solution est donc plus coûteuse que celles précédemment étudiées. Mais c'est là son seul défaut, son fonctionnement est des plus simples ainsi que nous le verrons.

**Appareils de réfrigération de l'air.** — Nous étudierons ici les réservoirs à glace ou à neige et les appareils



annexes destinés au refroidissement de l'air à l'usage de chaque habitation, nous réservant de traiter dans un autre chapitre la question des glaciers d'approvisionnement dans lesquelles on mettra en dépôt la glace ou la neige recueillie en hiver.

L'emplacement, la capacité, le mode de construction de ces appareils sont des éléments corrélatifs les uns des autres et sous la dépendance du mode d'approvisionnement et de ventilation adoptés. Les combinaisons possibles, je dirai préférables, diffèrent d'un cas à l'autre ; aussi devons-nous nous borner à quelques considérations générales, puis à une application particulière à titre d'exemple.

A ne considérer que la facilité du remplissage, le mieux serait de placer le réservoir dans la cave ; la glace y serait jetée directement du chariot porteur ; mais l'air froid devrait alors être élevé dans l'étage à refroidir par une cheminée d'appel ou un ventilateur. Mieux vaut, à notre avis, loger la glace au sommet de la maison, de là l'air froid et l'eau froide se distribueront tout naturellement où il sera utile.

Nous avons vu que la consommation serait d'environ 10 tonnes par habitant. La difficulté d'élever un tel poids au sommet d'une habitation, assez minime si l'on se trouve dans une maison déjà construite et ne comportant pas l'installation d'un monte-charge, ou simplement d'une poulie avec corde, devient insignifiante s'il est possible de s'aider d'une installation de ce genre. Le transport à dos serait alors remplacé par la traction sur une corde passant dans une poulie frappée au sommet de l'édifice.

Si l'élévation se fait à dos, mode de beaucoup le plus onéreux, le prix de la tonne de glace sera augmenté de 2 à 3 francs suivant la hauteur d'élévation et le prix de la journée de portefaix ; si elle est faite par une machine, la dépense y relative pourra être de 0 fr. 50 à 1 fr. Admettons une élévation de 15 mètres, une consommation de 10 tonnes soit 150,000 kgm., c'est le travail d'un cheval vapeur en-



dant 33'. La question élévation est donc de minime importance.

Une difficulté plus sérieuse, du moins dans bien des maisons existantes, est de trouver dans les étages supérieurs un emplacement convenable, remplissant les conditions requises, facilité d'accès, facilité d'établissement des cheminées de distribution de l'air refroidi et avant toute autre, résistance des murs et planchers de support. Mais la capacité de la glacière donne la mesure de la résistance nécessaire, et il faut voir quelle sera son importance.

On pourrait penser à emmagasiner là, dès l'hiver, tout l'approvisionnement de l'année, si la glace ou la neige étant récoltée sur place on voulait éviter toute reprise ; mais même dans ce cas, et il se présentera bien rarement, il est une considération importante qui s'opposera généralement à l'adoption de cette solution, c'est la dépense. La construction d'un réservoir étanche de 20, 30, 50 mètres cubes, suivant le nombre de personnes, au sommet d'une habitation est œuvre dispendieuse, on peut l'estimer à 100 fr. par mètre cube environ.

Dans les autres cas, soit que la glace soit importée des pays lointains ou fabriquée par machine, soit que la neige provienne des cimes qui dominent la contrée, les livraisons seront faites au moment des chaleurs et il n'est pas indispensable de créer un réservoir capable de contenir l'approvisionnement de l'année.

Pour déterminer sa capacité, il faut tenir compte des autres conditions du problème.

Il y a à considérer à la fois la dépense de premier établissement, qui est proportionnelle à la capacité de la glacière ; le déchet pendant les journées où l'on n'a pas besoin de refroidir l'air ; la sujétion du remplissage, d'autant plus gênante qu'il faudra renouveler plus fréquemment l'approvisionnement ; les frais y afférents qui sont en raison inverse de l'importance de la fourniture. Il est évident, en effet, que l'industriel qui aura à approvisionner de glace une ville,



pourra le faire à plus bas prix, s'il fournit à chacun, d'un seul coup, 5 tonnes de glace tous les 25 jours, au lieu de 200 kilog. par jour ; il armera ses chariots d'un petit moteur pour élever la glace à l'étage supérieur dans le premier cas, et la fera monter à dos dans le second. Enfin la sécurité, ou mieux l'assurance d'avoir toujours devant soi un approvisionnement pouvant durer 15 jours, un mois, et de n'être pas exposé à en manquer précisément pendant les périodes de grande chaleur ; tout considéré, on adoptera pensons-nous, une capacité de 5 à 10<sup>m3</sup> ; on choisira pour unité le chargement du chariot.

Si donc la maison comporte la création d'un réservoir de cette importance, dans l'étage supérieur ; s'il n'en résulte point de servitude trop gênante, on choisira cette solution. Mais la chose sera bien plus aisée dans les nouvelles constructions. On en distribuera les plans en tenant compte de ces besoins nouveaux, on réunira toutes les commodités et toutes les garanties.

Une cage, avec monte-charge, sera ménagée pour le service de la glacière, si l'on est dans une ville ; à la campagne on pourra se borner à fixer une poulie au haut de la maison.

Si les dispositions de l'habitation obligent à établir ce réservoir dans les caves, on refoulera l'air dans les étages à l'aide d'un ventilateur actionné par un accumulateur, ou par l'eau sous pression, dont on dispose déjà dans bien des villes. La première de ces deux combinaisons devient praticable, en raison de la faiblesse des volumes d'air à mettre en mouvement. Mais le ventilateur fonctionnant automatiquement, la consommation de glace ne sera plus proportionnée aux besoins ; ou du moins, il faudra s'aider d'appareils régulateurs. Bref, la distribution de l'air devient plus compliquée si le réservoir à glace est dans les caves ; de plus, s'il survient un instant d'arrêt, le courant se renversera, l'air froid s'écoulera des étages supérieurs dans les caves, il y aura appel de l'air atmosphérique par les joints des portes et fenêtres.



L'eau de fusion ne sera plus sous la main, il faudra aller la puiser dans les caves, au lieu de la voir jaillir en un point quelconque de la maison. Cependant il est bien des habitations où cette solution sera forcément préférée à la première, en raison des difficultés que présenterait l'installation d'un réservoir dans leur étage supérieur.

Il faut que le réservoir soit parfaitement étanche, et quelque peu élastique pour se prêter aux différences de tassement, bien difficiles à éviter au sommet d'une construction. Il faut que les parois puissent supporter un choc, qu'il n'y ait point d'entretoise à l'intérieur, que les blocs de glace s'y meuvent librement ; on les construira en tôle et de forme circulaire.

Leur fond sera plat et non sphérique ; quoique ce mode de construction soit moins bon en lui-même, il présente ici divers avantages qui le feront préférer. On peut alors porter le réservoir par des fers à T reposant sur les murs parallèles de l'habitation ; l'écoulement des eaux de condensation et de l'air froid, l'utilisation simultanée des parois latérales et du fond comme surfaces de refroidissement, sont beaucoup plus simples que si le réservoir reposait par une cornière circulaire continue, sur un sommier.

Si leur alimentation doit se faire au jour le jour, que leur capacité soit égale à la consommation quotidienne, il n'est pas indispensable de les protéger rigoureusement contre les transmissions caloriques ; la perte de glace sera forcément limitée à cet approvisionnement en cas d'interruption dans l'usage de ce mode de réfrigération. On ne recevra pas de glace les jours où l'on n'en aura pas besoin. L'installation est alors des plus simples, on utilisera les parois mêmes du réservoir, comme surfaces refroidissantes. L'air s'écoulera entre cette surface et une enveloppe concentrique distante de cinq à dix centimètres.

Si la capacité est plus importante, si le réservoir renferme l'approvisionnement de un ou plusieurs mois, il convient de les revêtir d'une enveloppe isolante en matériaux



légers et mauvais conducteurs du calorique. Cette première qualité importe non moins que la seconde. Lors du remplissage, au commencement de la saison chaude, le massif de protection qui était à la même température que les autres murs de l'édifice se refroidit; il tend à s'établir un nouveau régime thermique, et après quelque temps sa température moyenne est sensiblement égale à la moyenne des températures entre l'intérieur et l'extérieur. Si l'atmosphère est à 30° cette température sera de 15°. Appliquons le calcul à un réservoir de 10 mètres cubes de capacité, de 2<sup>m</sup> 50 de diamètre sur 2<sup>m</sup> 10 de haut (*fig. 46*) entouré à dix centimètres de distance par une enveloppe de un mètre d'épaisseur tant latéralement que horizontalement au-dessus et au-dessous; nous trouverons pour cette enveloppe un volume de 61 m<sup>3</sup> 500. Si elle est en maçonnerie, 4 tonnes de glace seront consommées pour abaisser sa température de 15°. Si elle est en paille, avec parois en demi-madriers, la perte sera huit fois moindre, soit 500 kilog. Il y a donc grand bénéfice à choisir des matières légères ayant par suite, sous une grande épaisseur, une faible capacité calorique.

L'isolant peut être tassé contre les parois du réservoir, c'est le parti le plus simple; mais il est à craindre qu'il ne se produise des condensations contre la tôle et que la paille ou le varech ne se corrompent. A vrai dire, on en sera quitte pour les renouveler plus fréquemment. Cette opération sera rendue aisée, en ménageant dans les cloisons en briques ou en planches qui limitent le massif, des panneaux démontables, des portes d'accès, tant latéralement qu'en dessus et en dessous.

Si l'on veut utiliser les parois du réservoir, comme surface de réfrigération, il devient alors indispensable de laisser un vide tout autour du réservoir. La couche isolante sera comprise entre deux cloisons équidistantes de 0<sup>m</sup>,50 d'épaisseur au minimum. Ici encore il sera bon de prévoir la nécessité de renouveler cette couche et bien aussi d'inspecter les parois du réservoir pour procéder



aux réparations utiles et renouveler les couches de peinture. Le mieux sera donc de construire les parois extérieures en planches pouvant être démontées à volonté.

**Le réfrigérant doit être distinct du réservoir.**— L'emploi direct et exclusif des parois du réservoir comme surface de réfrigération ne permet pas de tirer de la glace tout le froid quelle renferme.

Voici en effet ce qui va se passer :

Pendant la première phase, aussi longtemps que toute la glace ne sera pas fondue, le réservoir marquera 0°, l'eau que l'on y prendra sera à cette température et n'aura donné que 79 calories négatives. Pendant la deuxième phase, la température du réservoir ira en s'élevant ; il deviendra de plus en plus difficile d'avoir de l'air froid. Force sera de rejeter l'eau avant qu'elle n'atteigne 15° ; l'utilisation sera en ce cas de 94 calories. Elle aura donc varié de 79 à 94°, alors qu'il est possible de la porter à 104 et même à 109, suivant que l'air atmosphérique affluent marquera 25° ou 30°.

Il est une autre critique à élever contre cette première disposition. Le réservoir de glace s'y trouvant interposé entre une bouche d'accès et une bouche de sortie de l'air, les déperditions, pendant les journées de chômage de la ventilation par air refroidi à la glace, seront beaucoup plus importantes que si le réservoir ne communiquait avec l'extérieur que par un tuyau de petit diamètre, fermé par un robinet, ainsi que cela aura lieu dans l'appareil suivant ; et ce, quelque soin que l'on prenne de fermer hermétiquement ces ouvertures et de les protéger par des chemises isolantes.

Si donc on doit faire usage journalier de glace, si son prix n'est pas très bas, il conviendra d'adopter un appareil plus méthodique.

Nous en trouvons le principe dans le système de chauff-



fage par circulation d'eau chaude. Le réservoir à glace remplacera la chaudière, il sera en haut, tandis que celle-ci est au bas du circuit. Du fond du réservoir (*fig. 50, 43, 44, 46*) un tuyau *a b c d* descend au bas de l'étage à ventiler, là il se branche au pied du réfrigérant *e f g* (*fig. 50*) cylindre annulaire en tôle ou en fonte avec nervures qui remonte vers la glacière, s'y raccorde et y pénètre par le tuyau *g h i j*. Le poêle est logé dans une cheminée, le tuyau *a b* est protégé contre le réchauffement par une enveloppe protectrice, de même que les tuyaux des machines à vapeur le sont contre le refroidissement. L'air pris au sommet de l'édifice s'écoulera de lui-même par le centre du poêle et par l'espace annulaire compris entre l'appareil et la cheminée.

L'eau s'échauffera beaucoup plus dans ce poêle que dans le tuyau *a b*, dont la surface bien moindre est en outre protégée contre la chaleur. L'équilibre sera détruit, il s'établira un courant marchant dans le sens *a b c d f g h i j*. L'eau chaude pénétrant en *j* activera la fusion de la glace, le mouvement sera continu et d'autant plus actif que l'air affluent sera plus chaud.

Il n'est pas impossible avec cette installation d'utiliser complètement la glace, de lui faire rendre 100 à 110 calories ; mais le fonctionnement ne saurait être continu, il faudra interrompre de temps en temps le courant, et pour ce, fermer les robinets *h d* (*fig. 50*), puis alors que l'eau sera chaude, la laisser s'échapper par le haut en ouvrant *k* et en rétablissant la communication en *d*.

Autre inconvénient à signaler ; l'échange calorique est proportionnel à la différence de température de l'eau à l'air, il deviendra moindre si on laisse l'appareil se réchauffer et il sera nécessaire de donner aux surfaces de réfrigération une plus grande étendue.

Mieux vaut doubler l'appareil et séparer les fonctions. Dans le poêle *e f g*, le courant sera continu, l'eau froide, la transmission à l'air considérable.



Dans le poêle *kl*, appareil en tout semblable au précédent, mais couché horizontalement, l'eau se réchauffera jusqu'à la température de l'air affluent. Celui-ci arrivant en *rrr*, se rendra en *sss*, avant de descendre par la cheminée *ttt*. Supposons *rs* vide d'eau, fermons le robinet *h*, ouvrons *k*, le poêle *rs*, se remplira d'eau froide. Fermons *k*, l'eau de *rs* s'échauffera jusqu'à atteindre la température atmosphérique. Nous ouvrirons *m* ou *n* suivant que nous aurons besoin d'eau tiède au 1<sup>er</sup> étage ou au rez-de-chaussée. L'utilisation de la glace est complète, le fonctionnement continu et les surfaces à mettre en œuvre assez minimales : 1<sup>mq</sup> environ par personne dans chaque poêle. Un calcul en tout semblable à celui relatif au chauffage par eau chaude permet de déterminer les diamètres de la canalisation et l'étendue des surfaces de réfrigération nécessaire.

Il en résulte ainsi qu'on le verra par la note ci-jointe. (1).

(1) On veut refroidir de 30 à 15° l'air nécessaire à la ventilation d'une famille de 5 personnes, soit 150<sup>m3</sup> par heure, quel est le diamètre minimum que l'on peut adopter pour la canalisation ?

L'eau aura à absorber  $150 \times 1,3 \times 0,24 (30 - 15) = 700$  calories. Si elle sort à 0° de la glacière et y rentre à 15°, chaque litre d'eau absorbera 15 calories, le débit du courant devra être de 0, lit. 012 à la seconde.

Soient *d* *d'*, les densités de l'eau à la sortie et à la rentrée dans la glacière ; la charge totale évaluée en hauteur d'eau de densité *d'* sera  $H \frac{d-d'}{2 d'}$  soit dans le cas actuel 0<sup>m</sup> 001421.

Supposons que toute la canalisation ait ce diamètre minimum, négligeons les pertes de charge dues aux changements de section et de direction, ce qui est ici parfaitement permis en raison de la faible vitesse du courant ; le diamètre devra satisfaire à la relation

$$114 dj = a u + b u^2$$

la formule monôme ne saurait suffire, la vitesse étant trop minime.

L'élimination de *d* et de *j* entre cette équation et les relations

$$Q = \frac{p d^2}{4} u \quad j = H \frac{d-d'}{2 d'} : 8$$

donne :  $u (a u + b u^2) = \frac{1}{10^6}$  cette équation est satisfaite par



qu'il suffirait de donner aux tuyaux *a b c d* un centimètre de diamètre pour une différence d'altitude de 4 mètres et une ventilation de 150<sup>m</sup> à l'heure, soit le volume nécessaire pour 5 personnes pendant une heure ; mais il sera bien préférable d'adopter un diamètre de 3 à 4 centimètres et de régler le courant en fermant plus ou moins le robinet *d*. Il devient ainsi possible d'accroître, dans une certaine mesure, l'activité du courant et les échanges caloriques dans les jours de très grande chaleur.

La fermeture du robinet *d* arrête tout mouvement ; la perte calorique se trouve limitée au froid emmagasiné dans les poêles.

Avant de passer à un autre ordre d'idée, il ne sera point superflu de faire observer que si la construction

(*Suite de la note, page 136*)  $u = 0,19$  ; d'où résulte  $d = 0,008$  ; un tuyau de 0,01 de diamètre serait donc suffisant.

## II

### *Calcul de la surface de réfrigération :*

Si l'eau est réchauffée de 0 à 15° et l'air refroidi de 30 à 15°, la surface de réfrigération par tête devra être telle que

$$S K \left( \frac{30 + 15}{2} - \frac{0 + 15}{2} \right) = \frac{700}{5}$$

$K = m r + n f$  ;  $m = 1$  ;  $n = 1$  ;  $r = 3,17$  ;  $f = 5$  ;  $k = 8,17$   
d'où

$$S = 1^{\text{mq}} 14$$

Ainsi, abstraction faite du poêle horizontal, il suffit que le poêle vertical ait une surface de 1<sup>mq</sup>14 par habitant. Il convient de se placer dans cette hypothèse, car lorsque dans l'appareil horizontal l'eau sera réchauffée et que l'on négligera de la renouveler à temps, son influence deviendra nulle et le poêle vertical devra refroidir seul tout l'air affluent.

Si la hauteur du poêle est de 3 mètres, on peut le former de deux tuyaux concentriques, l'un de 0,35, l'autre de 0,25 de diamètre pour une ventilation de 150<sup>m</sup> à l'heure.

On réduirait notablement les dimensions de l'appareil si on le composait de tuyaux en fonte armés de nervures.

Un calcul analogue permet de s'assurer qu'il suffit pour réchauffer complètement l'eau de fusion, de donner à l'appareil horizontal un mètre carré de surface par habitant dans le cas le plus défavorable.



d'un réservoir à glace au haut d'une maison, est chose onéreuse, ce sacrifice fait, on en tirera mille avantages. On disposera là d'une précieuse réserve d'eau contre l'incendie. On peut l'hiver y emmagasiner l'eau de pluie des terrasses. Il deviendra on ne peut plus aisé d'assurer la parfaite conservation des matières alimentaires, il suffira d'interposer dans le parcours du tuyau *b c* une caisse dans les doubles parois de laquelle circulera l'eau froide venant de la glacière ; la dite caisse étant d'ailleurs protégée extérieurement par une enveloppe peu conductrice. Enfin il va de soi que l'on aura à toute heure, de l'eau fraîche, froide ou glacée pour les ablutions et la boisson.

**Système combiné — Réfrigération de l'air par évaporation puis par fusion de la glace.** — On peut ne pas s'en tenir exclusivement à la glace et s'aider d'un autre agent tel que l'évaporation ; de même il y aura parfois bénéfice à combiner entr'eux d'autres systèmes : la ventilation forcée par exemple, alors que l'air n'est pas très-chaud et l'évaporation naturelle lorsque soufflent les vents du désert. Il est plusieurs combinaisons possibles ; il serait fastidieux de les examiner toutes.

En chaque lieu, connaissant la météorologie de la localité, on verra quelles ressources offre la nature et on mettra à profit celles dont la permanence et l'énergie sont les plus marquées. Nous nous bornerons à un seul exemple, dans lequel l'air atmosphérique après s'être rafraîchi dans des cheminées d'évaporation achèverait de se refroidir dans les appareils à glace. L'installation est représentée par les *fig. 43, 44, 46* d'une part, et *47, 48, 49*, d'autre part. L'air pris sur la terrasse pénétrera dans l'appareil d'évaporation en  $M_1 M_1 N_1$  (*fig. 46 49*). Dans le parcours  $M_1 M_2$  il s'hydratera et se refroidira ; on le rejettera au dehors par le canal  $M_3$

Dans le conduit central  $N$ , il se refroidira par contact



avec les parois, mais sans absorber d'eau, ce liquide n'étant distribué que sur les faces extérieures de ces feuilles, il se produira un courant descendant.

Deux cas sont à distinguer :

Si l'atmosphère est sèche, le refroidissement par évaporation suffisant, on laisse le courant descendre librement de  $N_1$  en  $N_3$  là il se jettera latéralement dans le canal  $N_4$ ,  $N_5$  (*fig. 43, 47*) puis dans le collecteur 0 0 0 et de là aux bouches de distribution 1, 3, 4, 5.

Veut-on au contraire compléter le refroidissement par l'emploi de la glace, on fermera par une planchette le conduit central en  $N_2$  ; l'air se jettera latéralement (*fig. 46, 49*) en  $N_2$  au niveau du plancher du premier étage ; il parcourra les poêles *rs, tt* (*fig. 44, 48*) pénétrera enfin dans le conduit 0 0 0 de distribution d'air ménagé dans le sol du rez-de-chaussée. D'autre part, on ouvrira le robinet *d*. La manœuvre est donc des moins compliquées et l'on peut passer instantanément du système simple à évaporation, au système mixte évaporation et fusion.

Quant à l'air humide et à l'eau ils ne cessent de s'échapper par  $M_3$  et sont jetés en dehors.

L'installation représentée *fig. 43, 44, 45, 46*, diffère de la suivante (*47, 48, 49*) en ce que la glacière placée au centre dans la première, est rejetée dans un angle dans la seconde ; la cheminée d'évaporation de même. Il devient aisé de la loger dans le mur de refend ou dans le mur de façade ; l'encombrement est moindre.

Ces exemples démontrent qu'il n'y a point de difficulté à utiliser simultanément diverses sources de froid et à passer d'un système à un autre ; c'est affaire à l'architecte d'agencer la maison en conséquence.

Nous ne doutons point que l'on n'arrive, en fort peu de temps, à pratiquer l'un quelconque des systèmes, que nous avons étudiés, aussi simplement que le chauffage par chemi-



née ordinaire. Le tout est de se mettre à l'œuvre ; chaque jour verra naître quelque simplification, quelque perfectionnement.

**De la glace.** — *Production par machine.* — Notre but n'est point de faire une étude comparée des diverses machines à glace, non plus que de décrire les procédés employés dans les pays qui se livrent au commerce de la glace naturelle, pour la récolter, l'emmagasiner, puis l'exporter au dehors.

Outre que cette étude nous entraînerait fort loin, nous ne pourrions guère que reproduire ce qui en est dit dans les plus récents traités de chimie industrielle.

Nous nous bornerons à dire, en ce qui concerne la production par machines, que ce problème a été étudié par nombre de bons esprits, qui ont mis à contribution les divers corps qui, par leurs propriétés chimiques et physiques paraissent les plus propres à la production économique de la glace, tels sont : la dissolution ammoniacale, l'ammoniaque anhydre, les éthers sulfurique et méthylique, le chlorure de méthyle, l'acide sulfureux anhydre et la méthylamine.

Les éléments à prendre en considération étant fort nombreux : capital de premier établissement, consommation de charbon, d'eau de condensation, entretien des machines, simplicité de leur marche, dangers qu'elles présentent en raison des pressions qu'elles supportent et de la nature de l'agent chimique choisi ; il en résulte que suivant l'importance relative qu'on leur attribue, on opte pour un système ou pour un autre. Mais il est à prévoir que plusieurs d'entr'eux disparaîtront, en raison de leur infériorité réelle. Nous n'avons point à nous prononcer entr'eux ; le mieux est que la concurrence se poursuive de façon à ce que le prix de la glace aille constamment en baissant. Toutefois nous devons signaler comme se prêtant plus particulièrement à l'application que nous avons en vue et qui est le refroidissement de l'air, les machines qui utilisent le froid de la détente de l'air comprimé, au lieu de la vaporisation d'un



liquide volatil Ce système plus onéreux que d'autres, si l'on veut fabriquer seulement de la glace et que l'on ne dispose point d'une force motrice gratuite, devient au contraire très avantageux si l'on a en même temps l'emploi de l'air froid ; autrement dit, si au lieu de comparer le nombre de kilg. de glace produite à dépense égale de charbon, on compare le nombre de calories négatives. Tel sera le cas si l'on veut ventiler par l'air froid un édifice public, un lieu de réunion.

Les machines à air froid, quoique d'un emploi beaucoup plus onéreux que le système par ventilation forcée par un courant d'air atmosphérique, rendront de bons services, si la glace n'est plus que l'accessoire, et si l'air froid est le produit principal. Une machine Giffard de la force de 40 chevaux peut refroidir de 15° c., 12 à 1500 mètres cubes d'air à l'heure, ce qui suffit à la ventilation de 50 personnes.

Autant il est logique et pratique de se protéger contre les afflux caloriques, puis de se servir de glace comme source de froid dans l'économie domestique, lorsqu'il s'agit d'un nombre très limité de personnes ; autant cette combinaison serait déplacée s'il s'agissait d'une agglomération d'individus. Là il faut produire pendant quelques heures, chaque jour, de grands volumes d'air froid, si la ventilation forcée par un courant d'air atmosphérique, animé d'une vitesse sensible n'est pas acceptable, en raison de sa trop haute température. Ce sera alors le cas d'employer les machines à air comprimé.

Point n'est besoin de se servir de la glace, comme intermédiaire, le coût de la machine étant justifié par l'importance des besoins à satisfaire.

Mais revenons à la production de la glace, objet principal de ce paragraphe. Les machines sont une précieuse ressource en pays chauds, celles qui sont puissantes permettent dès maintenant de produire la glace à moins de 15 fr. la tonne, tous frais compris.

Ce prix qui varie, dans une certaine mesure, avec l'import-



tance de la production et la durée de la période de fonctionnement sera sensiblement réduit, le jour où l'on se servira de la glace pour refroidir l'air de ventilation, la consommation se trouvant ainsi portée de 1 à 100. On peut admettre, en effet, que 1 kilog. de glace suffit largement au rafraîchissement des boissons consommées par tête, et 100 kilog. au refroidissement de l'air.

De même, et dans une aussi large mesure, la glace recueillie dans les lacs des contrées à hiver rigoureux, trouvant d'aussi vastes débouchés se créerait des moyens de transport et d'emménagement aux ports d'arrivée et de départ, et baisserait de prix.

Il n'y a point lieu de donner, *a priori*, la préférence à un système sur l'autre ; il convient en chaque contrée, en chaque localité de dresser leur devis comparatif.

**Production par rayonnement nocturne.** — Mais il est une troisième source en quelque sorte intermédiaire dont on ne tire que peu de parti à cette heure, et sur laquelle nous désirons appeler l'attention. C'est la production par rayonnement pendant les nuits froides de l'hiver.

Chacun sait que depuis longtemps au Bengale, on produit la glace en exposant la nuit sur des lits de paille, des vases renfermant une mince couche d'eau. Si le ciel reste pur, l'air calme, il suffit que sa température descende au dessous de 6 et même de 8° pour que la glace se forme.

Tel qu'il est, dans son extrême simplicité, ce procédé satisfait aux multiples conditions que l'analyse rigoureuse des phénomènes mis en jeu, démontre être favorable à la production de la glace. Il permettrait en bien des contrées de la zone tempérée et même sur les hauts plateaux de la zone torride, de faire abondante récolte de glace en hiver. Les modifications qu'il comporte sont d'ordre purement industriel.

Mais voyons ce qui se passe dans la production naturelle de la glace dans les lacs. Généralement ceux-ci sont ali-



mentés par des cours d'eau, ruisseaux ou sources ; ils présentent des profondeurs variables dépassant parfois plusieurs mètres. La masse d'eau à refroidir à 0° avant que la glace ne se forme, y est considérable. Chaque jour de soleil ou de pluie détruit tout ou partie de la couche formée sous l'influence du rayonnement nocturne, ou des vents glaciaux. Enfin plus la couche de glace déjà formée est épaisse, et moindre devient la production nouvelle ; la glace ancienne forme écran entre l'eau et le ciel, le rayonnement est diminué.

La couche existant à un jour donné, est la résultante des accroissements et des diminutions subis sous l'influence des variations atmosphériques et du débit des affluents. Pour qu'elle devienne épaisse, il faut un climat rigoureux, une série de journées froides sans grandes pluies ni soleil.

Toutes les difficultés sont accumulées et l'on comprend que même dans des contrées, qui par leur latitude font partie des pays froids, on ne puisse chaque année obtenir de grandes quantités de glace, les périodes froides étant trop souvent interrompues.

Tout au contraire dans le procédé usité au Bengale, la couche liquide à refroidir est très mince, elle a quelques centimètres d'épaisseur seulement ; elle est protégée contre les échanges caloriques avec le sol par l'interposition d'une couche isolante. Chaque matin, la glace formée est rentrée à l'abri et soustraite à l'influence de la chaleur du jour. La couche définitivement obtenue dans une campagne est, à peu de chose près, la somme des couches produites chaque nuit, si la glacière dans laquelle on les emmagasine est convenablement protégée.

Etudions une à une les conditions atmosphériques indispensables au succès. Il résulte des expériences poursuivies en divers pays et notamment par M. Wells, en Angleterre, savant, qui le premier a donné la théorie exacte de la formation de la rosée, et à réussi à produire de la glace en été, que la glace peut se former alors que la température de l'air est de 6 à 8° au-dessus de 0 ; d'autres auteurs



disent 10°. La divergence s'explique par l'influence des autres éléments de la question, notamment de l'état hygrométrique de l'air, comme nous le verrons ci-après.

Il suffit donc que la température atmosphérique descende à 6° pour que l'eau puisse se congeler. De plus basses températures se maintiennent pendant des mois entiers, dans les nuits d'hiver en bien des pays chauds.

Le ciel doit être pur, le moindre nuage diminue le rayonnement. La sécheresse de l'air exerce aussi une influence considérable ; plus elle sera grande et plus épaisse sera la couche de glace. La vapeur contenue dans l'atmosphère est adiathermane surtout aux rayons caloriques émanant de l'eau ; elle forme écran et s'oppose au refroidissement de la terre. De plus, le point de saturation atteint, elle se condense et abandonne aux corps sur lesquels elle se dépose, son calorique de vaporisation. Trois millimètres de rosée annulent la production de 20 millimètres de glace, soit 20 kilog. par mètre carré.

Enfin, il importe que l'air soit calme, sans quoi, s'il se renouvelle incessamment, il réchauffe les corps de son propre calorique. Supposons-le à 6°, il transmettra à l'eau 1080 à 2160 calories par mètre carré et par nuit de 10 heures, selon que sa vitesse sera de 1 à 4 mètres à la seconde. Cette dernière vitesse, correspond à une brise fraîche. La couche de glace sera réduite de 12 à 24 kilog. par mètre carré.

Il y a donc grand intérêt à se mettre à l'abri des courants. Si l'air est stagnant, le corps à refroidir se trouve bientôt plongé dans une atmosphère d'air froid à 0°, alors bien qu'à 1 mètre au-dessus, elle puisse être de 6 à 8°.

A latitude égale, la production sera plus considérable à l'intérieur du continent que sur le littoral ; sur les hauts plateaux, sur les cimes élevées, que dans les plaines basses : la tension de la vapeur y est moindre, l'atmosphère plus perméable aux vibrations caloriques obscures.

Nous avons reconnu combien étaient logiques et sim-



ples les dispositions adoptées au Bengale ; il suffit donc d'appliquer industriellement ce procédé pour obtenir la glace à bas prix.

Ce problème est susceptible de diverses solutions :

On peut, soit appliquer le système par vases distincts, soit y substituer un bassin de large surface subdivisé par un quadrillage en liteaux. Dans les deux cas, on supprimera la manœuvre relative au transport des vases et à leur remplissage, celui-ci s'effectuant de l'un à l'autre s'il s'agit du premier système, ou par écoulement continu pour le deuxième.

L'extraction des plaques de glace est chose plus difficile, on pourra suivant le cas soulever les plaques et les charger sur wagonnets, bennes ou chaînes flottantes ainsi que cela se fait dans les briquetteries et autres industries analogues ; ou encore faire glisser la glace sur la glace même, sans soulèvement et en exerçant une traction horizontale sur les liteaux qui subdivisent la nappe longitudinalement et transversalement. Les vases pourraient être en tôle galvanisée ou en zinc, avec cadres et armatures en bois, et les bassins en planches recouvertes d'une feuille de zinc, ou en voûtines légères en briques et ciment.

L'important est que la capacité calorifique des parois soit faible. Quant à la conductibilité, elle sera sans influence si on protège la face inférieure contre les radiations du sol par une chemise en paille que l'on déposera simplement à terre si les vases ou bassins sont supportés par des charpentes n'ayant pas plus de 0<sup>m</sup>30 à 0<sup>m</sup>50 de hauteur, et que l'on attachera sous les bassins si ceux-ci forment terrasse.

Dans les bassins, l'eau se répandra naturellement d'elle même sur toute la surface, il sera aisé de régler chaque nuit l'épaisseur de la lame suivant que le ciel sera plus ou moins propice. La rentrée rapide, économique de la glace sera également plus aisée à installer, les bassins formant



planchers continus sur lesquels on peut circuler, alors qu'il faut déplacer les vases d'une file sur la précédente pour pouvoir les atteindre toutes successivement. Mais une fuite en un point videra tout un bassin et inondera le sol. La visite, l'entretien des charpentes, le renouvellement de la couche isolante deviennent plus malaisés ; enfin il faut adopter des dispositions bien combinées pour que les dilata-tions et contractions longitudinales et transversales s'opè- rent sans déformation, rupture ni fêlure.

On pourrait penser à supprimer toute main-d'œuvre, tout transport de glace en substituant à l'eau pure une dis- solution incongelable de sel marin ou de chlorure de cal- cium que l'on ferait passer à travers des congélateurs pla- cés dans la glacière même. La chose n'est point praticable en raison de la faible différence ou chute de température dont on disposera : 2° à 3°, si la dissolution descend à 4 ou 6° au-dessous de zéro ; il faudrait donner aux congélateurs des surfaces énormes, le 1/4 de celle du bassin. Il n'y a pas lieu non plus d'essayer d'obtenir de la glace en faisant passer l'air froid dans des conduits plongés dans l'eau à congeler et ce, pour les mêmes motifs.

En raison de son extrême facilité d'installation, l'on peut dire que la puissance de production des bassins à rayonne- ment libre est énorme. Si dans le cours d'une année il se trouve seulement 30 nuits donnant une couche de glace de 0<sup>m</sup>.02, la production d'un bassin d'un hectare sera de 6000 tonnes.

**De la neige.** — Dans la majeure partie des applica- tions, le refroidissement de l'air, la conservation des matières alimentaires etc...., la neige a même valeur que la glace ; si donc il est plus aisé de se la procurer, on devra la choisir.

C'est seulement sur les cimes des hautes chaînes de mon- tagne que la neige peut s'accumuler et séjourner quelque temps dans les pays chauds. C'est donc là qu'il faut la



récolter, pour se prémunir autant que possible contre les hivers peu rigoureux.

Les difficultés qu'offre cette exploitation ne sont pas insurmontables, et l'on ne devra renoncer à cette source de froid qu'après étude du système orographique du pays et estimation des conditions d'exploitation des points les plus favorablement situés, tant par l'abondance des neiges qui s'y amoncellent l'hiver, que par les facilités de descente et de transport aux centres de consommation. Les opérations principales de cette exploitation peuvent être classées sous les chefs suivants :

- Récolte de la neige ;
- Mise en dépôt ;
- Descente au pied de la montagne ;
- Reprise et transport aux lieux de consommation.

Les engins à employer dépendent de l'importance de la récolte à faire, de la durée des neiges et de la configuration des lieux. Il y aura en chaque application à se livrer à une étude spéciale des voies et moyens.

Sachant pendant combien de jours par an l'on peut compter sur la présence de la neige, on estimera quelle est l'étendue des terrains nécessaires et quelle est la puissance du matériel et du personnel qu'il faut prévoir. Supposons toutes les difficultés réunies : la quantité à recueillir par jour est considérable, et d'autre part, en raison d'une altitude insuffisante, la neige ne tombe que rarement et ne persiste que peu de jours. Il faut, aussitôt que la terre en est couverte, la récolter sur de vastes surfaces et la mettre immédiatement à l'abri du soleil. Il sera en ce cas, utile de préparer le terrain, de le débarrasser de toute broussaille et pierre ; mieux encore, de le laisser se recouvrir de gazon, chose aisée sur les hauts sommets.

La neige tombée, on pourra en faciliter le ramassage en faisant traîner par une bête de trait, un râteau angulaire qui la rejettera latéralement sous forme de bour-



relets, et concentrera sur d'étroites bandes la couche qui recouvrait plusieurs mètres de large.

Si les distances de transport au dépôt sont considérables et si le tonnage à effectuer par jour est très important, une voie ferrée portative, de 0<sup>m</sup>40 de large par exemple, rendra de grands services. Le sol serait sillonné dès avant la chute des neiges d'un réseau de petits sentiers, convenablement distribués pour réduire les distances de transport à la voie ; les dits sentiers destinés à servir de plate-forme présenteraient, s'il est possible, une légère pente vers le point de concentration.

La neige serait alors lancée par jet de pelle dans de grandes couffes, et de là, transportée à la voie.

Si le trafic est trop minime, elle sera chargée directement par jet de pelles dans les couffes portées à dos de mulet ou d'âne, pour être immédiatement dirigée sur le dépôt.

Nous croyons devoir faire observer qu'une exploitation de ce genre étant à un haut degré intermittente et devant pouvoir passer subitement de l'état de chômage à une grande activité, il importe, quoique le matériel ne doive être utilisé qu'un petit nombre de jours, (si l'on n'exploite que la neige) de le créer assez puissant, assez parfait pour se soustraire dans la plus grande mesure possible, à l'insuffisance de la main d'œuvre qui pourrait se manifester lorsque l'on en aura le plus besoin.

La neige sera emmagasinée directement dans des glacières pratiquées sur les hauteurs même, ou descendue immédiatement au pied, près d'une route carrossable, suivant que le terrain sera plus ou moins favorable au creusement de vastes excavations propres à conserver la neige, et suivant la nature et la puissance du moyen de transport que l'on créera.

Si le climat est très variable et que l'on soit exposé à voir la neige disparaître du jour au lendemain, et qu'on ne puisse la rentrer immédiatement en glacière, il pourra



être avantageux de l'entasser provisoirement, dans des anfractuosités ou dépressions à l'abri du soleil et des vents chauds.

Mais examinons la question transport.

**Descente au pied de la montagne.** — Là est la plus grosse difficulté apparente. En fait, elle pourra souvent être tranchée sans sacrifices exagérés par l'emploi d'un câble sans fin mobile, la différence d'altitude à racheter fut-elle de 1500, de 2000 mètres. C'est à M. Hodgson que l'on est redevable de cet ingénieux mode de transport. Il se prête admirablement au cas qui nous occupe ; il permet en effet, de franchir les ravins, de descendre les pentes les plus raides et n'est point sous la dépendance de l'état, de la nature du sol ; peu importe que celui-ci soit détrempe, couvert de neige, hérissé de rochers, etc..., d'un seul bond l'on peut franchir 50, 100, 150 mètres. Le système comprend en substance un câble porté sur des poulies verticales à gorge, fixées au sommet de poteaux en bois ; aux deux extrémités, il s'enroule sur une grande poulie horizontale. L'une de ces poulies est installée près d'un moteur à vapeur ou hydraulique qui lui imprime le mouvement.

Aux bennes métalliques qui reçoivent la matière à transporter, sont fixées des tiges en fer recourbées, qui par leur extrémité reposent sur le câble ; la courbure est telle que la benne passe librement, sans arrêt, sur les poulies de support. Ces tiges portent en outre des galets qui vont s'engager sur un rail circulaire aux deux extrémités de la ligne ; la benne quitte à ce moment le câble et est supportée par cette petite voie ; elle ne participe plus au mouvement ; on la bascule, puis on lui fait achever son parcours sur le rail circulaire, et elle passe sur l'autre brin. Le mouvement du câble est continu.

Nous pouvons ici en raison de la pente de notre voie de transport, supprimer le moteur. Le poids utile transporté servira de force motrice ; il suffit qu'il puisse vaincre les



frottements des axes des poulies sur leurs coussinets et tourillons. Loin d'être insuffisante, la force dont on disposera généralement trop considérable, et il faudra de toute nécessité modérer le mouvement par un frein puissant.

Les bennes métalliques avec tige recourbée seront remplacées par des couffes en sparterie.

Sur le câble seront attachées, de distance en distance, tous les cinquante mètres par exemple, des cordelettes avec crochet ou boucle à l'extrémité flottante. Les couffes y seront accrochées au passage. Nous inclinerons les poulies porteuses, de telle sorte que les bennes puissent passer sans rencontrer d'obstacle, et nous prolongerons les joues de leurs gorges par des dents faisant saillie pour que le câble ne puisse s'échapper malgré qu'il y soit sollicité par le poids des bennes. (*fig. 51, 52, 53*).

Supposons-nous en marche ; les couffes pleines de neige tassée, sont placées sur le parcours du brin porteur, à hauteur convenable au-dessus du sol. Un manœuvre saisit les cordelettes au passage et accroche les couffes, celles-ci descendent la montagne. Là, un autre ouvrier tire au passage une goupille qui maintenait la couffe dans sa position normale, elle bascule et vide son contenu au point voulu, dans la glacière même, si elle est au bas, au pied de la montagne, sous la ligne aérienne ; elle n'en continue pas moins son chemin sans arrêt et regagne la hauteur. Au passage, près du dépôt provisoire, ou encore à l'intersection des petites voies ferrées de service par lesquelles la neige est apportée, un troisième manœuvre saisit la couffe, la soulage et la décroche, chose aisée, car elle ne pèse plus que quelques kilogrammes, quatre ou cinq environ.

On se servira de cordelettes ayant tout juste la solidité voulue pour supporter leur charge, ou plus exactement la secousse qui se produira au départ et de telle sorte qu'elles se rompent facilement, si elles s'accrochent intempestivement quelque part.



Pour tirer de ce système de transport tous les avantages qu'il comporte, il faut adopter une faible unité de charge et réduire au minimum le poids du matériel ; des couffes en sparterie pesant 4 à 5 kilogrammes et portant 40 kilog. de neige nous paraissent convenir à un mouvement de cent tonnes par jour.

Il y a d'ailleurs une répartition proportionnelle à établir entre l'unité de charge, l'espacement des couffes, la vitesse du câble, suivant le tonnage que l'on veut effectuer, et nous n'indiquons ces chiffres que pour préciser les idées. On peut, pensons-nous, atteindre des vitesses de 3 à 4 mètres à la seconde en raison de l'extrême simplicité des mouvements à exécuter, de la légèreté et de la nature des bennes ; celles-ci ne craignent point les chocs.

Grandes vitesses, faibles unités de charge, telles sont les conditions fondamentales que l'on doit observer pour que l'installation soit économique et puissante.

Un choc se produira bien au moment de l'accrochage, mais il sera atténué par l'élasticité des cordelettes, l'obliquité de l'effort et la flèche du câble.

On facilitera le démarrage à la reprise du travail en agissant sur des leviers emmanchés sur l'arbre de la poulie du sommet de la ligne, jusqu'à ce que le nombre de bennes accrochées suffise pour vaincre le frottement. Un homme au frein suffira dès ce moment ; il réglera la vitesse en serrant plus ou moins les mâchoires du frein. La section (1) du câble dépend de la différence d'altitude et fort peu de la longueur du parcours ; il y a donc profit à sui-

---

(1) La section du câble peut être calculée par la formule approximative.

$$S = \frac{H}{R - NH} \times \frac{P_1 + P_2}{l}$$

et l'inclinaison minimum nécessaire pour que le travail moteur égale le travail de frottement, par la formule

$$P_2 \sin a = f V \frac{d}{D} (2 P_1 + P_2 + 2 p l)$$



vre une ligne de grande pente. En même temps que l'on diminuera ainsi la longueur du câble, la dépense d'installation, on disposera d'un excès de force permettant de vaincre plus rapidement l'inertie au départ.

Le câble doit pouvoir résister à des efforts de traction dont la valeur dépend de son propre poids et de celui des véhicules qu'il porte ; efforts qui atteignent leur maximum au sommet de la ligne, et dont la valeur, pour parler en termes précis, est égale à la projection de ces forces sur sa direction.

Les câbles en fil de fer sont absolument impropres à ce service. Pour peu que la différence d'altitude soit considérable, ils ne peuvent même plus résister à leur propre poids, quel que soit le diamètre qu'on leur donne. On devra se servir exclusivement de câbles en fils d'acier premier choix, les plus légers possibles.

Cependant pour installation provisoire d'essai, on peut donner la préférence au chanvre ; le câble sera plus léger et d'un prix bien moindre, mais sa durée sera fort limitée. La puissance de transport de ce système est considérable.

Si le poids utile par véhicule est de 40 kilogrammes, leur espacement de 50 mètres, la vitesse du câble de 3 mètres, le tonnage effectué par journée de dix heures sera

---

(Suite de la note, page 151.) dans lesquelles :

H est la hauteur d'élévation ;

R résistance du câble par unité de surface ;

N poids du mètre cube de câble ;

l espacement des couffes ;

p poids du mètre courant de câble ;

P<sub>1</sub> poids d'une couffe ;

P<sub>2</sub> poids de neige qu'elle reçoit ;

a angle de pente ;

f coefficient de frottement ;

V vitesse du câble ;

d diamètre des tourillons des poulies ;

D diamètre des poulies.



de 86 tonnes, et si l'on travaille jour et nuit de plus de 150 tonnes.

Disons accessoirement qu'une installation de ce genre aura souvent d'autres utilisations que les transports de la neige et de la glace produite par rayonnement nocturne sur les hauteurs ; elle convient tout aussi bien à la descente de toutes autres matières divisibles : menus bois, écorces, charbons et enfin minerais.

**Glacières.** — On les creusera dans le sol, ou on les construira au dessus, suivant la nature des terrains et des matériaux dont on disposera. Les exemples de ces genres de construction ne manquent point, il en est de fort importantes. Dans l'Amérique du Nord, le commerce de la glace a acquis une grande extension ; il y existe des glacières pouvant recevoir jusqu'à 60,000 tonnes. A Cambridge, à Calcutta, il en est de 30,000 tonnes. Les murs sont formés de doubles ou triples cloisons en planches ou en briques, espacées de 30 centimètres à 1 mètre ; l'intervalle est rempli de paille, de tan, de sciure de bois, de tourbe, suivant le cas. Il faut somme toute, éviter les circulations d'eau et d'air et se protéger en tout sens par d'épaisses enveloppes de matières isolantes et de faible capacité calorique. Si cette dernière condition n'est pas observée dans les glacières de peu de capacité, toute la glace ou la neige peut se fondre avant que ne vienne l'été. L'humidité augmente beaucoup la conductibilité des corps, l'eau se déplace dans les vaisseaux capillaires des matériaux et facilite les échanges caloriques. On obtiendrait de bien meilleurs effets des glacières en déblai si l'on choisissait des terrains secs et que les parois fussent imperméables.

Une épaisse couche de paille en revêtement sur les parois est très efficace la première année ; elle le devient de moins en moins par la suite ; lorsque l'humidité l'a pénétrée, il serait utile de la renouveler. Les roches sont bonnes conductrices du calorique, on doit éviter leur contact direct avec la



glace et la neige. Il importe de tasser celles-ci le mieux possible dès leur arrivée à la glacière, couche par couche, et de ménager à la partie inférieure de l'excavation un conduit ou un *boit-tout* pour l'écoulement des eaux de fonte. Lors de l'approche des chaleurs, il faut reprendre la neige, l'emballer, la porter au lieu de consommation. Si la glacière est au pied de la montagne, sur une route ou une voie ferrée, on peut du premier coup découper la neige ou la glace en blocs réguliers de 200 kilogr. par exemple, propres à être arrimés en wagons spéciaux, ou encore dans de grandes caisses pouvant recevoir plusieurs blocs en sus d'une couche de paille si le trajet à parcourir est considérable.

Le découpage peut être fait par une scie circulaire, l'extraction par un monte-charge.

Supposons au contraire que la neige soit emmagasinée au sommet de la montagne ; il faut la diviser par charge de 40 à 50 kilogrammes, mettre en couffes, descendre par câble, puis en faire des blocs et les comprimer pour qu'ils soient lourds et de bon arrimage. Ces opérations sont des causes de pertes d'autant plus importantes qu'on se trouve alors en été, et mieux vaudrait à ce moment que la glacière fut au pied de la montagne. D'autre part le déchet aura été moindre là haut, la période des froids étant de plus longue durée, la température moyenne du sol plus basse.

Il y aura donc à peser en chaque cas ces diverses considérations et l'on se déterminera suivant les conditions locales.

L'installation relative à la récolte de la neige est beaucoup plus simple que celle nécessaire à la production de la glace par rayonnement nocturne ; les frais d'emmagasinage et de descente étant les mêmes, l'avantage économique sera acquis à la neige. On ne produira la glace que pour les besoins spéciaux et secondaires.

Dans nombres de lieux, on rencontre des sommets neigeux, on en peut tirer le froid nécessaire à toute une contrée.

---



## CHAPITRE VIII

### Récapitulation des systèmes de réfrigération

**De l'habitation.** — L'homme civilisé du Nord construit sa maison, la distribue et l'aménage en vue des froids de l'hiver.

Il en bâtit les murs avec des matériaux peu conducteurs de la chaleur et leur donne de grandes épaisseurs. Il en protège les ouvertures par de doubles portes et par des fenêtres à doubles vitrages fermant hermétiquement. Par tous les moyens, il diminue les transmissions de calorique entre l'intérieur et l'extérieur.

L'hiver venu, il brûle du combustible et produit de la chaleur, tant pour compenser les déperditions qu'il ne peut éviter, quelques précautions qu'il prenne, que pour réchauffer l'air neuf nécessaire à ses poumons. Grâce à l'emploi de cette enveloppe protectrice peu perméable aux vibrations caloriques, il parvient avec une dépense minime de combustible à jouir d'une atmosphère chaude et sèche, même pendant les froids les plus rigoureux.

De même nous avons démontré que l'habitant des pays chauds peut se créer une atmosphère fraîche et vivifiante pendant les grandes chaleurs, et ce, par différents procédés, ayant chacun leurs applications spéciales suivant la nature du climat.

**Ventilation par courant d'air.** — Sur le littoral de la mer, l'air est souvent fort humide. Si en même temps il est stagnant l'atmosphère devient étouffante, la sueur ruisselle du corps même alors que la température n'est pas très



élevée. C'est ainsi qu'à Alger, avec des températures ne dépassant que rarement 28 degrés, l'été est pénible à supporter dans tous les points trop abrités des vents.

Dans ceux au contraire où il ont libre accès, la vie est plus aisée, l'été moins débilitant.

La brise, même alors qu'elle est tiède et humide, produit une vivifiante sensation de fraîcheur.

La raison en est facile à donner :

Dans l'air calme l'évaporation est nulle, la couche d'air qui baigne le corps se sature, s'échauffe et ne se renouvelle point. Les déperditions de calorique sont minimales, surtout si les vêtements sont à tissus serrés et épais.

Si au contraire l'air est en mouvement, il pénètre par tout le corps, se renouvelle, et les déperditions sont accrues.

L'air, fut-il aux trois quarts saturé, jouit encore d'une grande puissance d'évaporation quand il est animé d'une vitesse sensible et que sa température est élevée. La ventilation par un courant d'air atmosphérique peut donc être utilisée.

Disons toutefois que c'est là un moyen précaire et parfois insuffisant. Il devient inapplicable pendant que soufflent les vents désertiques à haute température. En outre il peut être dangereux d'en user pendant la nuit ; dans le sommeil une partie du corps seulement étant exposée à la brise, alors que sur l'autre la sueur s'accumule, d'où il résulte des sensations alternatives de froid et de chaleur à chaque changement de position, dangers divers, courbatures, etc. Nous avons vu quelles dispositions spéciales il fallait donner au lit et dans quelle mesure il convenait d'atténuer la vitesse du courant pour amoindrir le danger ; la production calorique est faible pendant la stade de sommeil, la déperdition doit rester proportionnelle. Cependant il convient d'assurer le sommeil, la période de réparation de l'organisme, et à défaut de moyens plus parfaits on devra s'aider de la ventilation par un courant d'air atmosphérique à très faible



vitesse pour maintenir un équilibre thermique reconfortant.

Durant le jour, la vitesse à imprimer au courant sera beaucoup plus forte, les masses d'air à mettre en mouvement plus considérables, tant en raison de cet accroissement de vitesse que de l'accroissement énorme de la section d'écoulement.

Nous avons vu qu'à défaut de brises naturelles, dont nous avons appris à tirer le meilleur parti possible, en nous aidant à la fois d'une bonne orientation donnée aux rues des villes, aux baies des maisons, et en adoptant sur la façade de celles-ci des volets de déviation, ou sur leurs terrasses des cônes de concentration dirigeant à l'intérieur les courants atmosphériques, il nous était possible de les faire naître dans nos voies publiques, dans nos habitations, en nous aidant de la chaleur solaire et des différences d'altitude des lieux.

L'inconstance des brises, des courants, est un grave inconvénient ; on peut s'y soustraire même en n'utilisant d'autre source d'énergie que les radiations solaires ; il faut alors emmagasiner celles-ci dans des réservoirs d'eau recouverts par des vitrages et traversés par de larges tuyaux dans lesquels l'air continue à s'échauffer, à circuler durant une et même deux ou trois nuits suivant l'importance des masses d'eau chaude et le débit du courant à créer.

Après avoir indiqué quelles dispositions, on peut prendre pour bénéficier des brises naturelles, vents étésiens, moussons, alisés — et nous n'avons eu pour cela qu'à nous inspirer des procédés usités par les Egyptiens dès la plus haute antiquité — et comment on peut donner naissance à des courants aériens, nous avons passé en revue les divers modes de ventilation mécanique à mettre en œuvre suivant l'importance des besoins et les ressources disponibles, la nature du lieu, ville ou campagne.

S'il s'agit d'un établissement public, nous créerons de



véritables fleuves aériens débitant cinquante mille, cent mille mètres cubes d'air à l'heure à travers les salles de l'édifice en actionnant le ventilateur par une machine à vapeur ou à gaz de cinq, dix, quinze chevaux; ce courant pouvant d'ailleurs servir aussi bien à la ventilation de cent que de mille personnes et leur faire éprouver à toutes, la salutaire sensation de la brise. Dans chaque salle du parcours, sa vitesse aura une valeur fixe, d'autant plus grande ou plus petite que la section sera plus large ou plus resserrée, de telle sorte qu'il sera loisible à chacun de se plonger dans un courant d'air animé d'une vitesse de 0<sup>m</sup>,50 à 2 m. à la seconde.

Dans les maisons particulières, nous avons vu à quels artifices on pouvait recourir pour jouir de ces mêmes courants, tout en n'actionnant que des volumes d'air bien moindres, avec des forces motrices beaucoup plus faibles.

Le moteur employé pouvant d'ailleurs être, si l'on est à la ville, la machine à gaz et prochainement une machine dynamo-électrique portant sur son arbre un ventilateur, ou encore une petite turbine si la canalisation de la ville débite l'eau sous de hautes pressions.

A la campagne l'on se servira surtout de moteurs animés, des animaux de trait.

Enfin, pour de minimes ventilations on recourra à un accumulateur analogue à celui imaginé par le général Morin. On le chargera durant le jour. Le travail d'un homme pendant une heure, suffit à la ventilation de deux lits pendant une nuit.

Le punka peut aussi être mis à profit.

**Évaporation naturelle.** — Dans la majeure partie du continent africain, dans une partie de l'Amérique du Sud et de l'Australie, l'atmosphère est généralement sèche; pendant la saison des chaleurs, elle est aride, brûlante. La ventilation par un courant d'air naturel aurait pour effet en ces contrées de dessécher la peau, non de la rafraîchir, même



alors que la température du courant ne serait point supérieure à celle de l'homme. Or, dans les contrées balayées par le sirocco, le simoun, le harmattan, le khamsin et autres vents désertiques, il n'est point rare de voir le thermomètre s'élever à 5 et même 10° au-dessus et marquer 42 et 47° à l'ombre ; les vents nous énervent, nous oppressent loin de nous vivifier, et cependant en raison de leur extrême sécheresse, leur puissance évaporatoire est considérable. Ils peuvent par suite, malgré leur haute température, donner lieu à une production de froid énergétique. Mais notre tégument externe ne leur livre que des quantités d'eau insuffisantes.

L'échauffement par contact avec le courant croît avec sa vitesse, alors que le refroidissement par évaporation demeure constant ; déjà dans l'air calme le corps reste sec si l'air le baigne librement ; c'est donc que le débit des glandes sudoripares est entièrement absorbé. Chacun en peut faire l'épreuve en ces contrées et vérifier ce double fait.

Par une journée de violent sirocco, exposons notre main au vent, la sensation de chaleur et de sécheresse sera extrême ; plongeons-la dans l'eau, exposons-la au courant, et avant qu'elle ne sèche, mouillons-la de nouveau ; après quelques minutes, on ne pourra y tenir, tant le froid sera vif.

Il y a donc là une ressource précieuse pour les climats torrides, ressource dont l'énergie croît en raison même de l'aridité des lieux. Mais avant de résumer les modes d'emploi que nous avons décrits, disons un mot sur les radiations caloriques des habitations.

Dans une atmosphère brûlante, les murs, cloisons, planchers, ne tardent point à s'échauffer, de telle sorte que non seulement nous recevons du calorique par contact avec l'air, mais encore par le rayonnement des diverses parois qui nous entourent, tant de jour que de nuit. Il y a pléthore calorique, l'équilibre thermique est compromis.

Nous utiliserons le froid dû à l'évaporation, non pas directement comme nous l'avons fait dans les climats mari-



times, en activant l'évaporation cutanée, mais bien indirectement. D'une part nous refroidirons l'air de ventilation à travers des poêles à évaporation, formés de simples feuilles d'étoffes alimentées d'eau tombant goutte à goutte sur leur lisière supérieure ; ces feuilles espacées les unes des autres de quelques centimètres, auront pour hauteur celle de la partie la plus haute de la maison, cinq, dix, quinze mètres ; elles seront logées dans une cheminée verticale, dans laquelle s'établira tout naturellement un courant d'air froid descendant. D'autre part, nous entourerons les appartements à protéger contre l'afflux calorique, d'une feuille semblable, interposée dans de doubles cloisons ou murettes, ou plus simplement encore, nous utiliserons la face externe des cloisons comme surface d'évaporation, si celles-ci sont formées de feuilles de zinc ou d'autres matériaux imperméables à l'eau.

Nous accroîtrons ainsi à la fois les pertes de chaleur par contact et par rayonnement.

L'évaporation naturelle est une source de froid d'autant plus puissante que l'atmosphère est plus aride, plus brûlante. C'est par excellence celle qu'il convient de mettre à contribution à l'intérieur des grands continents, dans les contrées brûlées par les vents désertiques.

La quantité d'eau nécessaire est minime ; 40 à 20 litres environ par jour et par habitant pour maintenir dans une maison convenablement distribuée une température de 20° à 25°, l'atmosphère étant à 35°, 40°. Cette eau peut être très chaude, saumâtre, salée, peu importe, elle absorbera près de 600 calories par mille grammes. Chaque litre d'eau évaporée peut abaisser de 35 à 15° plus de 90 mètres cubes d'air. Ajoutons incidemment que c'est par l'évaporation naturelle qu'il sera sans doute plus aisé de rafraîchir les trains du Transsaharien ou autres voies ferrées analogues, soit que l'on emploie des cheminées d'évaporation dont les feuilletts peuvent ici être rapprochés à deux, trois centimètres de distance en raison de la vitesse du train,



ce qui permet d'avoir sous un faible volume une très grande surface d'évaporation, soit que l'on applique le système de l'ingénieur Garlandat, système dans lequel l'air est refoulé par ventilation à travers une mince couche d'eau.

### **Dessiccation de l'air et évaporation par l'air sec.**

— Nulle part la nature n'est plus belle, n'est plus prodigieuse, que dans les contrées à atmosphère chaude, humide, calme ; nulle part aussi les races autochtones ne sont plus indolentes, pusillanimes, méprisables.

Autant l'humidité chaude est favorable au développement de la vie végétale la plus intense, la plus luxuriante, autant elle est nuisible au développement des races humaines et bien aussi de certaines espèces animales : les races domestiques entr'autres, bovine, ovine, chevaline, etc.

Quelques semaines de séjour en ces lieux suffisent pour que les immigrants : Anglais, Allemands, Hollandais et Français, perdent la richesse de leur teint, en même temps que leurs forces physiques, leur énergie morale.

L'activité des fonctions de réparation se ralentit, l'Européen s'anémie ; ceci dans les lieux salubres, où ne règnent point les endémies telluriques.

Là où l'air est chaud, humide, stagnant toutes les sources de déperdition calorifique sont faibles, leur total est insuffisant, l'assimilation ne peut se faire. La température s'élève dans les profondeurs de l'organisme, la genèse des cellules, l'hématose est troublée.

L'européen du Nord ne peut assimiler la même quantité de nourriture, la même quantité de combustible, produire la même quantité de chaleur, renouveler par suite aussi activement ses tissus.

Il ne peut travailler ; pendant le travail, la respiration s'accélère, la quantité d'oxygène brûlé, d'acide carbonique exhalé est beaucoup plus grande que pendant le repos ; le nombre de calories produites est six fois plus considérable. Une partie de cette chaleur se transforme en travail, l'autre



reste chaleur sensible ; la température s'élève si les déperditions sont insuffisantes, l'équilibre thermique est détruit, la vie est en danger, force est de ne rien faire.

Les boissons glacées, les bains froids, la ventilation incessante par le punka indien, sont les moyens employés par les européens dans ces climats. Pendant les quatre mois que dure la saison sans pluies, le punka ne cesse de fonctionner dans les somptueuses demeures des Anglais à Calcutta.

Cela ne suffit point, il faut aller plus loin ; l'air est humide et chaud, il faut le rafraîchir, le dessécher ; les maisons sont brûlantes, il faut en refroidir les parois et accroître ainsi les pertes de chaleur par contact, par évaporation, par rayonnement.

Sans doute, dans les climats maritimes les plus chauds, la température de l'air est inférieure de plusieurs degrés à celle du corps, et par suite les courants aériens sont une cause de bien-être.

La plus constante préoccupation du créole est de mettre à profit les moindres brises, les plus légers souffles d'air.

La ventilation par le punka, et mieux encore par des ventilateurs centrifuges, actionnés par des moteurs à fonctionnement ininterrompu est un précieux auxiliaire ; nous avons vu comment on peut, dans ce dernier cas, localiser les courants, leur donner en chaque pièce de la maison la vitesse la plus convenable, suivant qu'il s'agit des salles de travail ou de repos, de la salle à manger ou de l'alcôve, et tirer ainsi le plus avantageux parti possible de cette source de froid.

Mais elle présente une cause d'infériorité, qui résulte de son essence même ; de ce que l'effet produit est dû au mouvement de l'air.

Ce mouvement, on ne peut, quelques ingénieuses dispositions que l'on prenne, le propager uniformément tout autour du corps ; sur une face il sera actif, sur l'autre il sera faible ou nul.



Si l'on est couché, la moitié du corps frappé par le courant est sèche et froide, pendant que d'autre part, l'on imprègne le lit de sueur ; premier inconvénient. Mais vient-on à changer de position, la sueur accumulée s'évapore rapidement, la déperdition calorique qui était nulle sur cette face devient exagérée, il y a danger. De même, quoique à un degré moindre, lorsque l'on est assis, et que l'on ne se déplace point à chaque instant. Ceci, bien entendu dans le milieu atmosphérique, à température très-élevée, à humidité considérable, qui règne dans les lieux tels que la Cochinchine, le Sénégal, la majeure partie des Indes, etc., etc.

En ces riches et énervantes contrées, il faut user d'autres moyens, il faut créer dans l'habitation une atmosphère d'air frais et sec, si l'on veut que l'adulte ne s'use avant l'âge, que la race ne s'éteigne.

Le système basé sur l'emploi de la glace ou de la neige, donne de l'air froid et sec, il fonctionne automatiquement, sans moteur, sans serviteur, sans soins d'aucune sorte ; le tout est de renouveler l'approvisionnement de froid en temps opportun, chaque mois par exemple.

Il constitue à notre avis une solution complète de la question ; mais, il n'est point à la portée de tous. L'installation entraîne quelques dépenses, les frais annuels sont sensibles. Nous avons vu que, dans une atmosphère très humide, la consommation de glace serait de cent kilogrammes par jour et par habitant.

Il est un deuxième système beaucoup moins onéreux, il est basé sur l'évaporation par l'air desséché.

De tous les corps, le chlorure de calcium est celui qui se prête le mieux à cet usage ; son avidité pour l'eau est extrême, sa manipulation, sa régénération sans danger, son prix commercial minime. C'est un résidu industriel, n'ayant d'autre usage que l'arrosage des rues. En raison de sa grande affinité pour l'eau, il maintient l'humidité du sol, et diminue le nombre d'arrosages nécessaires.



Ici, de même qu'avec l'évaporation naturelle, nous utiliserons deux sortes d'appareils ; les uns destinés à dessécher et à refroidir l'air de ventilation, les autres à servir de cloisons aux appartements à rafraîchir.

Nous avons appelé les premiers des cheminées d'évaporation, les autres des cloisons réfrigérantes.

Tous sont composés des mêmes éléments, de cloisons imperméables, mouillées d'eau sur certaines faces, et recouvertes de chlorure sec ou en dissolution concentrée sur d'autres. Les modes de groupement seuls diffèrent.

Considérons un couple formé de deux cloisons (feuille de zinc, feuilles d'étoffes imperméabilisées ou murettes en briques) l'une des faces intérieures est alimentée d'eau, l'autre est recouverte de chlorure. L'eau s'évaporerait d'un côté, pour se condenser sur l'autre. La première cloison se refroidira, elle servira de cloison intérieure aux pièces à rafraîchir ; la deuxième s'échauffera, elle sera à l'extérieur.

Rapprochons face à face deux cloisons réfrigérantes ; il s'établira entr'elles un courant d'air froid descendant. Au fur et à mesure que l'air se refroidit, il se rapproche du point de saturation, ce point dépassé, il perd de sa vapeur, il se dessèche.

Nous pousserons cette dessiccation plus loin en alimentant au chlorure, les parois entre lesquelles se meut le courant.

L'échauffement qui devrait résulter de cette absorption se trouve annulé parce que les quantités de vapeur absorbées par les parois internes seront forcément moindres que celles qui s'évaporent sur leurs faces externes.

Les modes de groupement possibles sont nombreux, ils sont plus ou moins complexes, suivant le degré d'énergie que l'on veut atteindre. Les *figures 18 à 35* donnent les cas les plus intéressants ; elles comprennent aussi celui où l'air, après s'être desséché dans un appareil spécial servirait ensuite à l'évaporation. Mais nous avons vu qu'il



faudrait alors s'aider d'un ventilateur pour assurer la circulation de l'air.

Tout au contraire, dans les appareils où l'évaporation et la condensation s'effectuent simultanément, le courant d'air froid et sec s'établira de lui même. Il sera d'autant plus actif, d'autant mieux établi, nonobstant tous vents contraires, que les dits appareils, que les dites cheminées auront plus de hauteur ; on leur donnera celle de un, de deux, de trois étages s'il se peut. Mais au lieu de lui laisser libre cours, on en limitera le débit à ce qu'exige la ventilation ; de la sorte, il sera le plus froid et plus sec possible.

Nous avons vu qu'il fallait estimer à sept mètres carrés, la surface de condensation nécessaire par habitant, pour abaisser de 30 à 20° la température, et de 90 à 63 le degré hygrométrique d'un courant débitant 25 mètres cubes d'air à l'heure. A ces chiffres correspond une condensation de vapeur de 14 kilogrammes par jour. C'est cette quantité d'eau qu'il faudra chaque jour chasser de la dissolution de chlorure.

La consommation de houille sera de 3 à 6 kilogrammes, suivant la nature de la chaudière et la dépense correspondante de 12 à 24 centimes par habitant et par jour.

Il y aurait aussi à tenir compte de la perte de chlorure, mais elle sera insignifiante.

Ainsi, dans le premier système, consommation de cent kilogrammes de glace ; dans celui-ci, consommation de 6 kilogrammes de houille au maximum ; soit une dépense dix fois moindre. Par contre la main-d'œuvre, la surveillance seront ici plus importantes ; il y a à rénégérer chaque jour, où tous les deux à trois jours, le chlorure, à le distribuer sur les surfaces d'absorption, à assurer son égale répartition sur toute leur étendue, à alimenter d'eau les surfaces d'évaporation.

Tous deux, sont d'une efficacité certaine, absolue ; quelque chaude et humide que soit l'atmosphère externe, ils assurent à l'intérieur une atmosphère d'air sec et frais.



Il convient de rappeler que tout ceci s'applique spécialement aux habitations privées, renfermant un nombre restreint de personnes et non à des établissements publics fréquentés par les foules.

Dans la maison privée, dans l'appartement de famille, le système de réfrigération doit être simple, n'exiger ni personnel spécial, ni surveillance assidue ; l'installation faite, ça doit marcher tout seul.

Dans les édifices publics, dans les hôtels, restaurants, cafés, il faut agir à heure dite, par des moyens puissants, et ce, durant quelques heures seulement. Les machines sont ici à leur place, leur capital d'achat, leur dépense en personnel étant répartis sur nombre de personnes, leur emploi peut être très économique.

Tel est en effet le cas pour la ventilation par un courant atmosphérique, engendré mécaniquement ; il n'en est malheureusement point tout à fait ainsi si l'on veut refroidir cet air ; la puissance motrice nécessaire, devient beaucoup plus importante, le capital machine, la consommation de combustible de même.

Alors qu'une machine à vapeur de dix chevaux, actionnant un ventilateur, peut mettre en mouvement soixante à cent mille mètres cubes d'air à l'heure, en lui imprimant une vitesse suffisante, pour donner la sensation d'une brise fraîche à une foule de quelques centaines de personnes réparties dans des salles placées en circuit ; ce même moteur, s'il actionne une machine à air comprimée, refroidira de 15°, un volume tout au plus égal à 1200 mètres cubes, si l'air est quelque peu humide ; ce qui suffira à peine à la ventilation de 50 personnes.

Quoique plus onéreuse, la ventilation par air froid sera cependant parfois praticable, surtout si l'on dispose d'une force motrice gratuite.

**Refroidissement de l'air par circulation souterraine.** — Les couches superficielles du sol se refroidissent



l'hiver, se réchauffent l'été. Les variations thermométriques diminuent à mesure que la profondeur augmente. Vers dix mètres l'oscillation est annuelle, elle ne dépasse point 2° c.; les saisons sont interverties, tant les transmissions caloriques s'effectuent lentement. A 30 ou 35 mètres, la température est constante, elle est sensiblement égale à la température moyenne annuelle du lieu.

Dans les contrées à hiver rigoureux on peut utiliser le sol comme réservoir de froid, puis en tirer l'air de ventilation après l'avoir fait circuler dans des excavations souterraines. Pour tirer le meilleur parti de ce système, on creusera l'excavation sous forme d'une galerie à faible section et de grande surface ; un mètre de large par exemple sur deux à trois mètres de haut ; on la creusera à cinq mètres au moins, sous le sol. La dite galerie aura une bouche d'entrée et une bouche de sortie distinctes, à niveaux différents.

Si l'on est à flanc de coteau, ces bouches seront placées suivant une ligne de plus grande pente et la bouche supérieure reportée encore plus haut à l'aide d'une cheminée ou galerie ; si l'on est en plaine on surmontera l'une d'elles d'une cheminée.

Dans tous les cas, on donnera aux deux orifices la plus grande dénivellation possible.

Grâce à cette disposition, il n'y aura jamais équilibre dans la masse d'air, le courant s'établira de lui-même, en tout temps, si on ne lui barre le chemin.

Pendant les nuits glacées de l'hiver, la porte sera ouverte, l'air pénétrera par la bouche inférieure, descendra dans la galerie, s'y échauffera, puis se dégagera par l'orifice supérieur ; les parois de la galerie et des puits tendront à prendre la température minimum d'hiver.

Pendant les chaleurs de l'été, la porte sera ouverte dans la mesure nécessaire à la ventilation. L'air atmosphérique entrera par la bouche supérieure, descendra dans la galerie, s'y rafraîchira, puis s'écoulera par l'autre orifice dans les appartements.



Plus le courant sera lent et plus l'air sera froid.

Une disposition semblable sera très-avantageusement appliquée aux caves pour faciliter la fabrication du vin, sa conservation, de même que celle des autres liquides fermentescibles et des matières alimentaires.

La forme adoptée pour l'excavation se justifie par cette double raison, que le volume de déblai à extraire sera ainsi bien moindre pour une même surface de refroidissement, et que d'autre part, la résistance opposée au courant sera très faible.

Le développement à donner aux galeries dépend de la conductibilité, de l'humidité des terrains traversés. Dans les conditions que nous avons fixées au cours de ce mémoire, une galerie d'un mètre de large, deux mètres cinquante de haut, dix-huit mètres de long, peut pendant cent cinquante jours refroidir de 40° un courant d'air débitant 30 mètres cubes à l'heure, débit suffisant à la ventilation d'une personne.

Ce système peut rendre quelques services, mais il n'est point le plus énergique ; son choix peut cependant être motivé par ce fait, que les ouvrages, puits et galerie existent déjà, ou qu'il y a lieu de les exécuter en vue d'autres besoins, tels que recherches d'eau, etc. Il se prête par contre fort bien au rafraîchissement des caves.

#### **Utilisation des variations nyctémérales. —**

Dans les climats continentaux, l'air, en raison de sa sécheresse, n'oppose aucun obstacle aux radiations caloriques.

Pendant le jour le soleil est brûlant, l'atmosphère embrasée, la température peut s'élever à 40 et même 50 degrés à l'ombre.

Pendant la nuit le sol rayonne librement vers les espaces stellaires, l'atmosphère se refroidit, la température peut descendre à 15°, 20° c.

Sur les côtes, au contraire, la variation thermométrique est minime, les vapeurs de l'air forment écran, le sol



s'échauffe moins durant le jour et se refroidit moins pendant la nuit.

Il est aisé d'utiliser le froid nocturne, de l'emmagasiner pour tempérer la chaleur du jour, en doublant les murs de façade des habitations par des murettes à l'intérieur, laissant un intervalle de dix, vingt centimètres, dans lequel l'air sera admis à circuler ; ces cheminées communiqueront librement avec l'atmosphère par le haut et à volonté avec l'intérieur où l'extérieur par le bas.

Pendant la nuit, les communications seront établies avec le dehors, l'air froid atmosphérique pénétrera dans les murs, s'y échauffera, y prendra un mouvement ascendant, jusqu'à ce que les matériaux léchés par le courant se soient refroidis à sa température.

Ainsi, en même temps que le parement extérieur des murs un parement intérieur et la murette se refroidissent, les surfaces de refroidissement se trouvent triplées.

Pendant le jour on fermera les ouvertures extérieures et on ouvrira celles placées à l'intérieur ; l'air pris dans l'atmosphère par le sommet de l'édifice, pénétrera dans les murs, s'y rafraîchira en descendant et se déversera dans les pièces à ventiler.

Les valves seront réglées, l'air distribué, dans la mesure nécessaire à la ventilation.

De même l'on peut utiliser comme réservoir, comme volant calorique, les séparations des pièces en les composant de doubles cloisons entre lesquelles l'air sera admis.

La maison construite, tout se borne à la manœuvre de quelques valves. Le système donne en même temps l'air froid de ventilation et des parois froides à nos appartements, ce qui contribuera beaucoup à assurer son efficacité.

Dans les habitations ordinaires, les murs s'échauffent beaucoup de jour et se refroidissent fort peu de nuit ; les maisons sont de véritables serres dont la température est beaucoup plus élevée que la température moyenne extérieure. Dans celles à doubles murs, à doubles cloisons, le



refroidissement nocturne l'emportera sur l'échauffement diurne, par ce fait que les surfaces exposées aux rayons solaires, à l'air chaud restant les mêmes, celles baignées dans l'air froid de la nuit seront triplées, quadruplés, sextuplées à volonté.

L'atmosphère intérieure, la température de l'habitat se rapprochera de la température minimum du lieu.

Dans les climats secs, sur les hauts plateaux à atmosphère exempte de poussières, l'abaissement provoqué sera considérable ; sur les rivages à atmosphère maritime il sera faible.

**Refroidissement de l'air par la glace et par la neige.** — L'emploi de la glace et de la neige comme agents de réfrigération des habitations paraît à première vue complètement inadmissible en raison, de la consommation considérable qui paraît indispensable pour obtenir quelque effet et du prix élevé de ces matières.

Les essais du général Morin au Conservatoire des Arts-et-Métiers à Paris, semblent justifier ce préjugé.

Les difficultés sont en effet considérables, mais non insurmontables.

Pour rendre ce système possible, il faut à la fois prendre toutes les précautions utiles pour réduire au strict nécessaire la consommation, s'inquiéter du mode de production le plus économique et choisir suivant le cas, la neige, la glace naturelle ou la glace artificielle.

Sur le premier point, deux voies peuvent être suivies : ou réduire l'afflux calorique par les parois des appartements à rafraîchir, en donnant aux murs, cloisons, planchers, portes et fenêtres des dispositions propres à cet effet ; ou s'aider d'une deuxième source de froid, l'évaporation naturelle par exemple, tant pour combattre directement les transmissions par les murs, que pour rafraîchir préalablement l'air de ventilation à la température psychométrique, la glace servant seulement à le refroidir de cette



température à celle que l'on veut obtenir. Exemple : l'air au dehors est à 30°, par évaporation, plus exactement par circulation dans les cheminées à évaporation, il se rafraîchit à 22° et la glace le refroidit de 22 à 15°.

**Système simple — Emploi exclusif de la glace. —**

Mais il nous faut d'abord résumer, ce qui a été amplement développé sur les précautions à prendre dans les maisons, dont le rafraîchissement est basé exclusivement sur la fusion de l'eau solide comme source de froid, en vue de diminuer la consommation.

Les murs seront doublés à l'intérieur par des murettes construites à cinquante centimètres de distance. L'intervalle sera rempli en paille, varech, tan, poussière, etc.

Les planchers supporteront des plafonds suspendus ; ces plafonds recevront une épaisse couche de varech, paille, ou autres matières légères et mauvaises conductrices.

Les fenêtres seront de faible dimension, en petit nombre, abritées du soleil par des auvents et armées chacune de deux châssis à double vitrage, à circulation d'air à l'intérieur ; les dits vitrages en verre de composition chimique différente pour opposer un obstacle insurmontable aux radiations obscures ; enfin, persiennes au dehors à lames, réfléchissantes inclinées au dedans si le soleil ne peut les atteindre.

Les multiples précautions relatives aux fenêtres sont justifiées par ce fait que c'est surtout par là que pénètre la chaleur ; un châssis vitré simple, laisse passer vingt fois plus de calorique qu'un mur de même surface du type précédent.

Les baies de communication seront munies de tambours à double porte.

L'air sera refroidi dans un étage supérieur à l'appartement à ventiler ; d'où résultera dans celui-ci un léger excès de pression ; par suite, il s'échappera par les joints et fissures des portes et fenêtres et toute rentrée d'air chaud sera évitée.

Après avoir fixé les conditions propres à restreindre les



échanges caloriques entre l'atmosphère intérieure et extérieure, nous en avons fait l'application à un exemple et nous avons recherché qu'elle était la consommation de glace nécessaire pour maintenir une température donnée dans l'enceinte ainsi protégée.

Nous avons vu que si la ventilation était réglée à raison de 30 mètres cubes d'air par heure et par habitant, il fallait abaisser sa température à 15° pour que, tout compte fait, l'air vicié sortit à 25°. A ces données correspond une consommation de glace de 37 kilogrammes par 24 heures, si l'air pris au dehors à 30° en moyenne est parfaitement sec, et de 84 kilogrammes s'il est aux trois quarts saturé de vapeur. La condensation de cette vapeur est donc plus onéreuse que le refroidissement même de l'air.

A ces consommations journalières correspondent des consommations annuelles de cinq à dix tonnes, si la période des grandes chaleurs est de cent jours et si pendant tout ce laps de temps, de jour et de nuit, le système fonctionne et que l'air soit refroidi de 15° c.

Le *quantum* par habitant est certes considérable, il n'est cependant point inacceptable, ne disposerait-on même que de glace fabriquée par machines, sachant que dès aujourd'hui l'industrie peut livrer ce produit à raison de 20 francs la tonne ; la dépense annuelle serait donc de cent à deux cents francs par habitant.

**Systemes mixtes — Glace et évaporation — Glace et froids nocturnes.** — Nous avons dit ci-dessus que l'on peut ne se servir de la glace que comme d'un agent complémentaire, destiné seulement à parachever le refroidissement de l'air, l'évaporation étant l'agent principal, qui d'une part arrête la chaleur qui eut traversé les murs et d'autre part rafraîchit l'air de ventilation à la température marquée par un thermomètre mouillé.

Cette solution n'est valable, n'est logique, que dans les climats variables.



Si le climat est très sec, l'évaporation a une énergie suffisante, il n'est point besoin de fondre de la glace pour rafraîchir l'air.

S'il est constamment humide, le refroidissement dû à l'évaporation serait insignifiant ; il n'y a point lieu d'y recourir.

Dans les climats à atmosphère généralement sèche, mais parfois humide, on peut au contraire adopter cette combinaison ; la glace n'est alors qu'un auxiliaire auquel l'on ne demande secours que si l'évaporation faiblit.

Ceci s'applique également à la combinaison, glace et circulation d'air nocturne dans les murs. L'air n'est froid la nuit en été dans les pays chauds, qu'autant que l'évaporation est énergique pendant le jour ; il y a solidarité entre ces deux phénomènes. Leurs modes d'application ne diffèrent que par la présence ou l'absence de feuilles d'évaporation dans l'intérieur des murs et cloisons ; dans l'un, l'air circule de nuit, dans l'autre, il circule durant le jour.

Soit que l'on adopte l'une ou l'autre combinaison, il n'est plus indispensable de s'entourer des organes de protection que nécessite le système basé sur l'emploi exclusif de la glace, tels que planchers à plafonds suspendus supportant une épaisse couche isolante, fenêtres à quadruples vitrages, doubles portes, etc.

On ne peut évidemment évaluer quelle sera ici la dépense en glace, mais il est bien certain que quoique plus considérable dans les journées où il sera nécessaire de se servir de cet agent par suite de l'absence de toute barrière protectrice, elle sera en fin d'année bien moindre.

**Appareils de réfrigération.** — Ces appareils peuvent affecter des formes très diverses, être logés à la cave ou au grenier, avoir des dimensions considérables ou minimales, suivant que leur approvisionnement devra être renouvelé chaque jour, chaque semaine ou chaque mois, suivant que l'habitation à laquelle on voudra appliquer ce système de



réfrigération se prêtera ou non à l'installation d'une glacière de capacité importante, dix, vingt mètres cubes dans son étage supérieur ; suivant enfin que l'on consentira à une dépense première plus ou moins considérable. Sans reprendre à nouveau les multiples considérations qui interviennent dans la question, bornons-nous à rappeler les dispositions principales de l'installation qui nous paraît la plus confortable, la plus efficace (*fig. 48, 49, 50, 51*) étant entendu que l'on peut s'en tenir à de beaucoup plus simples, d'un prix moindre, mais d'un fonctionnement moins régulier et plus onéreux comme consommation de glace.

L'installation comprend comme organe essentiel un réservoir cylindrique en tôle de dix mètres cubes de capacité, entouré d'une enveloppe en paille ou varech de un mètre d'épaisseur, logé dans l'étage supérieur de la construction.

La glace ou la neige élevée par un monte-charge ou un tire-sac sur la terrasse, seront jetées de là dans le réservoir par une trappe à ce destiné.

Du fond de cette glacière, un petit tuyau descend au rez-de-chaussée, là il se branche au pied d'une colonne verticale annulaire formée de deux tuyaux concentriques en fonte nervée ; c'est là l'appareil de réfrigération proprement dit. Il est logé dans une cheminée verticale et porte à son sommet une tubulure qui s'élève jusqu'au réservoir à glace et y pénètre un peu au dessus du fond.

L'air pris au sommet de l'édifice, après avoir circulé dans les autres appareils accessoires, si l'on a adopté une combinaison mixte, pénètre dans cette cheminée, s'y refroidit au contact des surfaces métalliques tant intérieures qu'extérieures du réfrigérant, s'y dessèche et descend dans les appartements à ventiler.

L'eau du réfrigérant s'échauffe d'autant, sa densité diminue, l'équilibre est détruit dans le circuit liquide ; il s'établit un courant continu, ascendant dans la colonne annulaire,



descendant dans le petit tuyau. L'eau relativement chaude pénètre dans la glacière, active la fusion de la glace ou de la neige, le courant s'établit, d'autant plus actif que l'air neuf est plus chaud. Un robinet règle et interrompt à volonté le courant liquide, autrement dit la consommation de glace ; la manœuvre d'une valve permet de régler l'écoulement de l'air. La ventilation s'effectue sans moteur d'aucune sorte, à toute heure du jour et de la nuit, dans la mesure des besoins.

Il n'en serait plus de même si l'on était obligé de placer l'installation dans les caves, le courant liquide serait moins actif en raison de la moindre hauteur des colonnes liquides. En outre, l'air froid devrait être refoulé par un ventilateur dans les étages habités. Enfin on dispose de l'eau de fusion sous pression dans les étages, sans avoir à aller la puiser dans la cave.

La grande capacité relative de la glacière se justifie par cette triple raison, que l'approvisionnement ne sera plus renouvelé qu'à de rares intervalles, une fois par mois par exemple, ce qui évite une sujétion qui, chaque jour répétée, serait désagréable; d'autre part la quantité de glace à élever chaque fois étant importante, cinq, dix tonnes par exemple, l'élévation en sera faite par une petite locomobile, ce qui sera bien plus économique que s'il fallait chaque jour monter 200 kilogrammes à dos d'homme ou à traction de bras ; enfin, ayant toujours en réservoir la moitié de sa contenance en glace, on sera à l'abri de tout chômage inopportun des fournisseurs.

### **Production et récolte de la glace et de la neige.**

— Il nous reste pour clore ce sujet, à rappeler succinctement les divers modes de production ou de récolte de la glace et de la neige.

L'étude des machines à glace a atteint un degré de perfection non moins avancé que celle des moteurs à vapeur. Tous les corps qui, par leurs propriétés physiques et chimi-



ques se prêtent le mieux à cette incessante évolution dont les deux termes sont volatilisation, condensation, ont été mis à l'épreuve. La théorie mécanique de la chaleur a servi de guide dans leur construction. Sans nous prononcer sur le mérite respectif des divers systèmes en présence : ammoniacque, éthers, anhydride sulfureux, etc., bornons-nous à dire que dès ce jour les machines à glace sont de précieux auxiliaires ; dans les pays chauds elles rendront des services de plus en plus importants. Dès maintenant elles permettent de livrer la glace à l'industrie à moins de vingt francs la tonne, si leur puissance est suffisante et leur période de travail annuel de quelque durée.

Le débouché nouveau qui leur serait ouvert si leurs produits étaient appliquées au refroidissement de l'air de ventilation, centuplerait leur nombre, leur puissance, et contribuerait à abaisser sensiblement ce prix.

Il en serait de même pour la glace exportée des contrées à hivers rigoureux, à froids persistants. Que la consommation s'accroisse, et la glace des lacs du Nord sera livrée au prix du frêt.

Il est une troisième source de production fort négligée et qui parfois serait plus économique, c'est la production naturelle sur les hauteurs voisines des centres de consommation pendant les nuits d'hiver, par un procédé analogue à celui usité au Bengale depuis un temps immémorial.

L'eau étalée en couche mince sur des bassins en matériaux légers, protégés contre les radiations caloriques du sol par un isolant, rayonne librement vers le ciel, et peut se congeler même alors que la température de l'air ne descend pas au-dessous de 6° c, si l'atmosphère est calme et sereine. Il suffit que dans le cours de l'année on rencontre trente nuits semblables pour que la récolte annuelle s'élève à six milles tonnes par hectare, la production par nuit favorable étant seulement comptée à raison d'une couche de deux centimètres d'épaisseur.



La sécheresse de l'air est la condition même du succès, là où le thermomètre ne descend que rarement au-dessous de 0°. Aussi en concluons-nous que c'est sur les hauteurs, et à l'intérieur des continents, que les conditions atmosphériques sont les plus favorables ; c'est précisément là que la glace d'importation venue du Nord serait la plus coûteuse, de même que celle obtenue par machine, si la houille fait défaut, ou si les centres de consommation sont de petite importance, et ne permettent pas l'installation de puissantes machines.

Il est enfin une dernière source de froid, non la moins importante, c'est la neige qui, chaque année recouvre les cimes élevées des puissantes chaînes de montagnes. Sous toutes les latitudes, même entre les tropiques, l'on rencontre des pics neigeux. Il suffit que la neige y persiste quelques semaines pour que l'on puisse tirer de là le froid nécessaire à toute une contrée. La difficulté la plus sérieuse d'une telle exploitation, la descente au pied de la montagne, proche une route carrossable ou une voie ferrée, n'est point au-dessus de nos moyens d'action. Le tout est que la consommation à prévoir ait quelque importance et comporte par suite les frais de construction d'une voie de transport appropriée au terrain.

Il convient donc, en chaque lieu, d'étudier quelles ressources nous offre la nature et d'estimer quelle est la source la plus économique de froid.

La glace, la neige, sont appelées à s'introduire de plus en plus dans la consommation domestique, en tout pays et surtout dans ceux à haute température, tant pour assurer la conservation des matières alimentaires que pour rafraîchir l'eau que nous buvons, l'air que nous respirons.



## CHAPITRE IX

### Climats insalubres

Il nous reste pour clore cette étude, à résumer les enseignements qui découlent des faits observés dans les *Climats insalubres*, et à indiquer sommairement les divers moyens à employer dans les lieux où règnent les influences palustres, pour s'y soustraire du mieux possible.

Nous aurons alors envisagé la question qui fait l'objet de ce livre, sous ses divers aspects ; nous pourrons par le choix et la combinaison judicieuse des systèmes, procédés ou artifices relatés, créer dans nos demeures une atmosphère d'air frais, sec et pur, un climat d'habitat salubre et tonique.

L'insalubrité est un phénomène éminemment complexe et variable, qui dépend à la fois de l'état général de l'atmosphère et des conditions topographiques et géologiques du sol dans chaque lieu.

Il n'est point de contrée insalubre, il n'y a que des localités insalubres plus ou moins espacées ou rapprochées, entre lesquelles existent des zones, des territoires indemnes de la malaria et autres endémies telluriques.

« Même dans les pays les plus malsains, on constate de nombreuses lacunes dans le réseau des endémies et on a sous les yeux dans ce cas, sur un fond livré en pâture à la malaria, des points privilégiés constituant des espèces d'îles de refuge ou l'immunité, chose étonnante, est souvent absolue. » (1)

---

(1) PAULY, *Climatologie comparée*.



Tuggurt, Ouargla sont des localités insalubres perdues au milieu de vastes territoires qui ignorent les fièvres palustres (1). Cayenne (2) Singapooe, Rangoon, sont des villes salubres situées dans des régions palustres à endémies redoutables.

La configuration, le relief du terrain, sa composition chimique, sa perméabilité sont les facteurs locaux desquels résulte la salubrité relative de chaque vallée, ravin, plateau... La température, l'humidité, l'état de repos ou de mouvement de l'atmosphère, le régime des pluies, sont les facteurs généraux desquels résulte l'intensité ou la bénignité des manifestations endémiques ou épidémiques dans les lieux insalubres.

Les vallées profondément encaissées à sol imperméable, les dépressions abritées du vent ou s'accablent les eaux stagnantes, sont des foyers pestilentiels, même par des altitudes fort élevées. Tschudi a vu des fièvres intenses régner dans des vallées sises à trois et quatre mille mètres au dessus du niveau de la mer au Pérou. Le Texas, le Mexique, l'Inde, l'Espagne, présentent dans leurs parties montagneuses, des territoires infestés par la malaria.

La dépression relative, l'imperméabilité du sol ont une influence plus décisive que la latitude et l'altitude. Il est nombre de plaines au niveau de la mer, dans la zone équ-

---

(1) A Tuggurt, à Ouargla le tchem règne tous les ans, de mai à juillet; cette fièvre presque foudroyante enlève chaque année plus de quarante indigènes à Ouargla (*Algérie et Sahara*, par Lucien RABOUDIN, p. 34).

(2) De la salubrité de Cayenne, (ville bâtie sur un promontoire élevé de six mètres au dessus du niveau de la mer) on avait conclu à celle de la Guyanne toute entière, et les condamnés débarqués d'abord aux îles du Salut, puis successivement répartis dans les pénitenciers de la terre ferme ont été décimés par la fièvre typhoïde et par la dysenterie sur les îles; par les fièvres paludéennes dans les pénitenciers situés sur le continent. Les pénitenciers les plus malsains ont été abandonnés, on en a fondés de plus salubres, et la mortalité a diminué d'une façon très notable. *N. D. M. C* article *Climat*, page 120, Jules ROCHARD.



toriale, réputées par leur salubrité. Le tout est que leur sol soit sablonneux et qu'elles soient ouvertes à tous les vents.

Une haute température, une grande humidité, des calmes persistants, caractérisent les états atmosphériques pendant lesquels éclatent les affections les plus redoutables.

Mais ce ne sont là que des conditions favorables ; elles peuvent se rencontrer sans qu'aucune épidémie se déclare, et on ne peut douter à cette heure, malgré les quelques obscurités qui subsistent encore sur ce sujet, que les fièvres de malaria, les fièvres pernicieuses, le choléra, la fièvre jaune n'aient pour cause l'envahissement de l'organisme humain par les microbes.

Si d'une part, on peut objecter qu'il n'est point rigoureusement démontré, que le microspore découvert par Tommassi, Krudeli Klebs, dans les marécages, soit le spécifique de la fièvre palustre ; d'autre part, il est acquis, grâce aux persévérantes recherches de Laveran, que le sang des malades atteints des dites fièvres présente toujours des microbes, des parasites caractéristiques du paludisme.

L'ensemble des faits constatés confirme pleinement la théorie de l'origine parasitaire de ces affections. Cette théorie existe de tout temps.

Le sol est le terrain de culture ; il donnera d'abondants produits, s'il est chaud et humide, s'il renferme les matériaux nécessaires à la végétation zymotique.

Le marais par sa constitution même satisfait à plusieurs des conditions favorables aux endémies annuelles. Elles se déclarent lorsque les chaleurs venues, les eaux en baissant, laissent à découvert de vastes surfaces. Sous l'influence d'une haute température, les terres imprégnées d'eau, donnent des exhalaisons qui trop souvent engendrent les fièvres. (1)

---

(1) Il résulte des observations récentes de M. Miquel à l'observatoire de Montsouris que les terres ne laissent échapper les bactéries que lorsqu'elles commencent à se dessécher.



Ce fait souffre néanmoins de très nombreuses et importantes exceptions. Même par de très faibles latitudes, il est d'immenses surfaces marécageuses, ou la malaria est inconnue. Exemples : la Nouvelle-Calédonie, Taïti, la Nouvelle-Zélande, la Tasmanie, Maurice, etc.

Les causes de cette immunité peuvent être diverses, il serait d'un haut intérêt d'en faire la détermination ; de reconnaître, si l'absence de la malaria est purement fortuite, si elle a pour cause la nature du sol, son occupation par d'autres espèces microbiennes inoffensives à l'homme ; ou encore si cette excessive rareté des fièvres n'est pas due à la permanence des vents.

Il faut, avons nous dit, que le sol soit humide et très chaud, et que cet état persiste quelque temps ; or, si les vents sont constants, l'évaporation est active, la dessiccation des surfaces mises à nu prompt, leur échauffement médiocre.

Mais le vent produit encore d'autres effets. Il dissémine au loin les effluves telluriques et renouvelle sans cesse l'atmosphère locale ; alors que pendant toute la durée d'une période de calme, l'atmosphère reste en place et s'enrichit chaque jour de nouvelles effluves ; la densité miasmatique, l'insalubrité va chaque jour croissant.

On peut citer à l'appui des faits de natures diverses.

Nous savons par les recherches micrographiques poursuivies depuis quelques années à l'observatoire de Montsouris, sur l'atmosphère de Paris, que chaque épidémie est précédée à quelques jours d'intervalle, par une augmentation notable du nombre de bactéries de l'air ; d'où possibilité, dans un avenir peu éloigné, après confirmation de ce fait, de formuler des prévisions épidémiques.

Les mêmes observations démontrent que l'atmosphère des villes, et dans les villes l'atmosphère des hopitaux, est incomparablement plus riche en microbes que l'air des champs ; or, nous savons combien est plus grande la



mortalité épidémique dans les villes et surtout dans les hôpitaux.

Nous savons aussi que c'est surtout le soir et le matin qu'il est dangereux de s'exposer au dehors, dans les régions marécageuses. Or, qu'elle en est la cause ? Sinon qu'à ces heures, la teneur, la densité miasmatique de la couche d'air qui touche le sol a atteint son maximum.

Pendant le jour, le sol est plus chaud que l'air, il chauffe la couche en contact, dégage des vapeurs aqueuses et avec elles les matières légères ; il se produit des courants ascendants, ainsi qu'il est facile de le constater *de visu* ; ces courants répartissent sur une certaine hauteur, les poussières, germes, spores. Lorsque le soleil descend à l'horizon, le mouvement inverse se produit, la vapeur se condense et entraîne avec elle les sédiments aériens.

De plus, l'air au contact du sol se refroidit, il se forme des nappes d'air froid, chargées d'humidité et d'impureté qui coulent dans les dépressions et s'y étalent suivant des plans de niveau. C'est dans ces bas fonds, que la densité miasmatique est la plus considérable. C'est là, c'est à ces heures que la maladie nous saisit.

La stagnation de l'air favorise donc la végétation parasitaire du sol, en le maintenant chaud et humide, en l'ensemencant de tous les germes que le vent eut chassés au loin. Elle a aussi pour conséquence de concentrer chaque soir, dans une mince couche d'air, toutes les impuretés qui s'étaient exhalées pendant le jour et de créer ainsi dans les dépressions, dans les plaines, une nappe redoutable, véritable lie atmosphérique.

Son action ne se borne point là. En même temps qu'elle accroît l'énergie de l'attaque, le nombre des envahisseurs, elle diminue notre pouvoir de résistance.

Ainsi que nous l'avons dit à maintes reprises, une atmosphère chaude, humide, stagnante, a pour effet certain, dans les lieux dits salubres, là où les endémies telluriques



sont inconnues, de troubler l'hématose, de débilitier l'homme, de l'anémier.

Or l'anémie, suivant l'expression de Pauly, « ouvre la » porte aux affections épidémiques les plus graves, fièvres » pernicieuses, choléra, dysenterie. »

Dès lors, il n'y a plus lieu d'être surpris de voir les épidémies coïncider avec les calmes de l'air ; pas plus que de constater l'insalubrité des gorges profondément encaissées, où ne pénètrent point les vents.

Nous avons dit précédemment que le marais, par cela même qu'il conserve les eaux d'une saison à l'autre, assure la périodicité annuelle des conditions de température et d'humidité, qui sont nécessaires à la pullulation des microbes ; mais ces mêmes conditions peuvent se produire sous d'autres influences.

Dans les terrains imperméables, les pluies d'été peuvent créer des foyers de malaria, même sur les terrains déclives.

Une couche d'eau apparente n'est point indispensable, l'humidité du sol suffit. Aussi, est-il bien des terrains que le drainage est impuissant à assainir.

L'amélioration hygiénique, l'assainissement du climat local est subordonné à la distribution des pluies. Si elles entretiennent l'humidité du sol pendant les chaleurs, il y a lieu de redouter la réapparition des fièvres palustres. Les germes des microbes peuvent en effet conserver pendant plusieurs années leur vitalité latente, et taire leur présence jusqu'au jour où la température et l'humidité du sol seront favorables à leur éclosion.

Ainsi d'une part, la malaria peut naître en l'absence de tout marais, et d'autre part, le marais ne suffit point à la créer. Ces faits ne sont point contradictoires ; ils se rangent sous les mêmes lois, si aux facteurs complexes : latitude, altitude, configuration, etc., on substitue les facteurs élémentaires : température, humidité, stagnation atmosphérique. Partout, en tout lieu, c'est sous l'influence d'une



atmosphère chaude, humide, inerte, qu'éclatent les affections palustres et autres.

La latitude, l'altitude n'ont d'autre effet que de rendre plus ou moins fréquente la réunion de ces conditions atmosphériques. La configuration du sol, son imperméabilité relative, de même. Si le sol forme cuvette étanche, la malaria apparaîtra chaque année ; s'il est déclive, s'il n'emmagasine pas les eaux, mais qu'il soit imperméable, les pluies de la saison chaude seront nécessaires pour la faire apparaître.

Ces considérations générales exposées, nous pouvons entrer dans l'étude des moyens de préservation.

Nous occupant ici tout spécialement de l'hygiène privée, de l'atmosphère de l'habitat, nous devons nous borner à dire quelques mots des travaux d'assainissement de l'atmosphère externe. Ce sujet, pour être traité avec toute l'ampleur que sa haute importance sociale lui assigne, nécessiterait de vastes recherches, il peut fournir la matière d'un ouvrage volumineux.

Le dessèchement des marais par fossés, canaux, drains, puits absorbants, leur colmatage, leur terrage par les limons des eaux courantes, leur mise en eau : tels sont les procédés usuels que l'on applique suivant que les dispositions locales sont plus ou moins propices, pour dessécher les dépressions, les combler ou les transformer en étangs inoffensifs.

Les plantations, les forêts, peuvent aussi contribuer puissamment à la disparition des foyers palustres, à l'assainissement du climat local ; mais le fait n'est point absolument général. Le résultat dépend de maints éléments, entre autres du régime des pluies et de la richesse aquifère du sol.

Dans les climats privés de pluies estivales ou plus exactement, à saison pluviale relativement froide, les massifs d'arbres assainissent les marais qu'ils peuvent dessécher.

Dans ceux à pluies fréquentes pendant les chaleurs, ces



massifs accroissent l'insalubrité, tant par l'humidité qu'ils maintiennent à la surface des terrains que par l'obstacle qu'ils opposent au libre essor des vents.

L'on sait quelle est l'énergie morbide des forêts de l'Indo-Chine. Les Annamites, les Cambodgiens, les Laotiens sont décimés par la *fièvre des bois* (1). De même les affections palustres sont intenses au milieu des splendides forêts du Brésil.

Les défrichements, les cultures, seront en tout lieu les moyens les plus efficaces. Peut-être ne serait-il point téméraire d'en attendre l'assainissement complet du sol.

Par le labourage, par le défoncement des terres, on accroît la perméabilité, on facilite la prompte dessiccation superficielle, la pénétration de l'air et de l'eau dans les profondeurs du sol ; l'on expose périodiquement aux intempéries de l'atmosphère, à l'oxydation par l'air, les microbes qui étaient établis à demeure dans le sol humide.

Par la plante, on assèche la surface ; chaque kilogramme de blé mur a soustrait au sol près de mille kilogrammes d'eau (2) ; alors que la forêt tend à maintenir l'humidité superficielle et à épuiser les nappes souterraines.

Par les amendements on accroît aussi la perméabilité des sols compactes, mais on modifie en outre la composition chimique du sol. Il est certaines localités du Nord de la France, qui malgré tous les travaux de drainage, étaient restées des foyers de malaria, et que le maruage a assainies. Il y aurait lieu de rechercher au cas où le fait ne serait pas dû simplement à l'amélioration physique du sol, à l'accroissement de végétation qui en est résulté, s'il n'est pas d'autres amendements encore plus actifs, qui tout en fertilisant la terre, la rendent impropre à la pullulation des microbes.

La culture entraîne avec elle mille modifications qui

---

(1) THOREL. Cochinchine.

(2) Marié DAVY, *Annuaire de l'Observatoire de Montsouris*.



toutes contribuent à l'assainissement. Les rizières elles-mêmes sont presque inoffensives si l'on assure le renouvellement incessant des eaux.

La forêt produira des effets très différents, suivant qu'elle sera formée de massifs inextricables, ou d'arbres clair-semés, laissant l'air circuler ; suivant qu'elle desséchera les marais ou non. Il y a lieu pour en présager le sens, de tenir compte du choix des essences, de la configuration du sol, et surtout du régime pluvial.

Notre action sur la nature est des plus considérables, l'homme civilisé a transformé le sol qu'il occupe. Il est des contrées entières autrefois submergées par les eaux, qu'il a assainies et conquises à la culture.

Mais les difficultés s'accroissent à mesure qu'il s'approche de l'équateur. L'abondance des pluies, la puissance de la végétation, l'énergie croissante des affections telluriques, l'élévation de la température, le surcroît d'humidité de la majeure partie de la zone tropicale, rendent plus précaires les travaux qu'il entreprend, plus meurtrière leur exécution, plus faible sa vigueur musculaire.

Si les magnifiques résultats obtenus en Algérie (nous avons transformé là en véritables Edens des plaines autrefois pestilentielles) doivent nous inspirer confiance en notre puissance, le dénombrement des victimes dévorées par le sol, doit nous mettre en garde contre les périls de l'œuvre. Ces périls seront encore plus grands dans la zone torride. Là il faut de toute nécessité, si l'on ne veut faire œuvre vaine, n'entreprendre la colonisation que guidé par la science et armé de toutes les ressources que l'état actuel de nos connaissances nous permet de créer.

Laisant à de plus compétents, le soin de fixer les autres conditions nécessaires à la réussite de l'acclimatation, nous nous sommes attaché spécialement à démontrer qu'avant de commencer l'œuvre d'aménagement du sol, d'assainissement de l'atmosphère locale, l'homme doit créer dans sa demeure une atmosphère tonique, salubre, un milieu vital,



soustrait aux influences délétères du dehors, dans lequel il retrempera constamment ses forces.

Mais avant de parler de l'atmosphère de l'habitat, il nous faut dire quelques mots de l'atmosphère des villes.

Il serait, pensons-nous, du plus haut intérêt de rechercher et de définir avec précision, les diverses conditions qui caractérisent les foyers morbides qui existent dans un certain nombre d'entr'elles. Nul n'ignore avec quelle persistance, quelle régularité, tel quartier, telle rue et mieux telle maison, sont frappés à chaque manifestation de choléra, de fièvre jaune, de malaria urbaine.

Peut-être concluerait-on de l'examen attentif des faits, que les réceptacles des déjections : égouts, fosses d'aisance, etc., ne sont pas les seuls foyers, ni les plus redoutables ; qu'il n'est point besoin de l'agglomération d'une quantité considérable de matières organiques, et que de simples flaques d'eau croupissante, ou même des lopins de terre dont l'humidité est incessamment entretenue, peuvent constituer un milieu de culture très favorable à la végétation des microbes, alors que la température est très élevée et l'air stagnant.

Or, ces conditions se trouvent parfois réalisées en maints lieux : dans les cours des maisons, autour des puits, fontaines, abreuvoirs, dans les fossés d'écoulement, etc.

Si l'on considère d'une part, que des infusions légères d'un légume, d'une matière animale, suffisent, ainsi qu'il appert des milliers d'expériences exécutées par Pasteur, par Tyndall, à la vie, à la propagation des êtres microscopiques, vibrions, bactéries, micrococcus, bacillus ; d'autre part que dans les contrées où la malaria, le choléra, la fièvre jaune, la dysenterie, etc, sont périodiques, ces affections naissent au moment des grandes chaleurs, dans les sols marécageux qui se dessèchent ; que les manifestations peuvent d'ailleurs faire défaut pendant plusieurs années, puis sévir de nouveau, alors que l'atmosphère sera chaude, humide, inerte, on sera porté à admettre que l'hypothèse n'a rien d'in vraisemblable.



En certains points, dans les cours des maisons notamment, la température peut être excessivement élevée, le renouvellement de l'air tout à fait insignifiant, en même temps que le sol, arrosé par les eaux de ménage est très suffisamment riche en matières organiques. Il suffit donc que l'on entretienne son humidité pour que toutes les conditions qui font l'insalubrité des marais, soient remplies et même aggravées à conditions atmosphériques égales.

Ces foyers, il est vrai, sont de bien minime étendue ; aussi ne portent-ils pas au loin leur action délétère ; mais ils sont placés au cœur de la maison, et ils sévissent sur ses habitants.

Quoi qu'il en soit de l'hypothèse, il ne saurait être nuisible, en même temps que l'on applique les procédés usuels de désinfection des fosses d'aisance, égouts, etc., d'assurer l'écoulement immédiat des eaux, en recouvrant le sol autour des points de prise, d'un revêtement en matériaux imperméables, avec forte pente vers les canivaux d'évacuation, et d'éviter ainsi l'humidité permanente du sol, la stagnation de l'eau.

En outre, l'eau d'arrosage des cours et chaussées sera additionnée de matières antiseptiques, le chlorure de calcium par exemple, là où un revêtement imperméable ne serait pas admissible.

Enfin, l'on remédiera s'il se peut à la disposition défectueuse des lieux infestés, en favorisant le renouvellement de l'air, c'est-à-dire la dissémination des germes, l'appauvrissement incessant du sol, en même temps que son refroidissement.

Ces quelques considérations, sur les foyers morbides des villes, exposées, revenons à notre sujet principal.

Les influences telluriques, avons-nous dit, se font surtout sentir du soir au matin, dans la couche d'air qui touche le sol, dans la lie atmosphérique qui s'étale dans les bas fonds. On comprend en effet, combien il est dangereux de dormir dans un air vicié, riche en microbes, et de laisser ces para-



sites envahir l'organisme, pendant la durée du sommeil, alors que le corps est inerte, sans défense. D'où il résulte, qu'il faut éviter de bâtir dans le fonds des vallées, et gagner les hauteurs. C'est là un fait reconnu dès longtemps et par bien des peuples, aussi n'est-ce point sur cette vérité banale que nous voulons insister, mais sur l'étendue de son champ d'application.

Supposons, le cas n'est que trop fréquent, que l'on se trouve dans l'obligation de s'établir dans la plaine, et que celle-ci ne présente point d'éminence bien saillante.

On recherchera néanmoins les sommets d'ondulation, tant minime soit leur altitude au-dessus du niveau général de la plaine. On choisira ceux de forme cylindrique ou conique, sans dépression, où l'air froid puisse séjourner, et qui sont placés en dehors du débouché des vallées ou ravins ; tout comme si l'on voulait se garer d'une inondation diluvienne.

L'air de même que l'eau, suit les dépressions, les thalwegs, lorsqu'il est froid. Il faut s'établir en dehors du flot, car ce flot est chargé des sédiments, des impuretés de l'air.

Mieux vaut être au milieu de la plaine, à même altitude, qu'au pied de la montagne, sur le trajet des nappes descendantes.

On disposera les rues, les cours des maisons, de telle sorte que l'air descende librement les pentes et que nulle part il ne rencontre de gare de repos.

C'est surtout alors que l'on sera au large d'une vallée importante, d'une plaine, qu'une différence d'altitude de quelques mètres, peut exercer une influence décisive, et modifier considérablement les dangers de l'intoxication paludéenne.

Aussi, en même temps que l'on recherchera les éminences, devra-t-on donner aux maisons une certaine hauteur ; tout au moins, les bâtir à un étage, quelque faibles que soient les ressources pécuniaires, et ne point habiter le rez-de-chaussée, du coucher au lever du soleil.



« Dans certains quartiers de Rome, la fièvre atteint inévitablement les habitants de la partie inférieure des maisons ; on s'y soustrait en montant d'un étage ».

« En arrivant en Corse, on est frappé de voir les classes les plus aisées de la population, se loger de préférence dans les étages les plus élevés ; mais en se familiarisant avec la pathogénie de ce pays, on ne tarde point à sanctionner cet usage (1) ».

Le mieux serait encore de construire sur poteaux ou piliers, et d'avoir des maisons sans rez-de-chaussée, ainsi que le pratiquent les habitants du Bengale Oriental dans les plaines à sol argileux. (2) Ce serait le plus sûr, car il est bien à craindre, que le rez-de-chaussée, s'il existe, ne soit toujours quelque peu habité. Aussi, ne saurions-nous trop déplorer de voir dans les plaines insalubres de l'Algérie, des centres de colonisation composés de maisons n'ayant qu'un rez-de-chaussée.

En même temps que nous choisirons un emplacement dominant, que nous bâtirons la maison pour le moins à un étage, nous admettrons l'air par le sommet, au lieu de le laisser pénétrer par les portes et fenêtres. Les divers systèmes de réfrigération que nous avons étudiés, sont tous combinés à cet effet. L'air de ventilation, tant de nuit que de jour, marche de haut en bas. C'est là un avantage précieux.

Par cela même il sera plus frais (pendant le jour) que si la prise était établie au niveau du sol. La différence de température peut dépasser 4° c. ainsi que cela a été constaté à l'hôpital Lariboisière à Paris.

Le captage par le haut serait encore possible, si l'on ne refroidissait pas la colonne d'air descendant, mais il faudrait alors, réchauffer une colonne d'air ascendant, et s'aider d'une installation spéciale, à ce destinée.

---

(1) Michel LÉVY. *Traité d'hygiène publique et privée*, p. 419.

(2) PAULY, p. 593.



Enfin, dernier point non le moins important, l'air en descendant déposera sa vapeur au contact des surfaces refroidies par la glace, ou par le chlorure de calcium; abandonnant son humidité, il se dépouillera de la majeure partie des poussières, germes, qu'il tenait en suspension et il se purifiera; non pas complètement sans doute, la chose est difficile. Nous savons par les expériences de Pasteur, que malgré une série de barbottages à travers les liquides corrosifs, tels que l'acide sulfurique, l'air contient encore des spores de microbes. Il ne faut donc point espérer les retenir tous (1). Mais l'on peut présumer que, étant pris à une certaine hauteur, puis circulant lentement au contact de surfaces de condensation de plusieurs mètres de développement, il sera relativement très pur.

Nous avons vu que le chlorure de calcium, est d'un emploi relativement compliqué, il exige des manipulations répétées chaque jour; mais il offre par contre certains avantages sur le système de réfrigération par la glace. La dessiccation peut être poussée fort loin, sans qu'il soit nécessaire de refroidir l'air à une très basse température; les surfaces des appareils peuvent être très rapprochées, et avoir plusieurs mètres de hauteur, de telle sorte que chaque molécule d'air circulant dans ces étroits canaux, rebondira mille fois d'une paroi à l'autre, et abandonnera les corps étrangers dont elle était chargée. De plus, les germes absorbés par le chlorure, seront chaque jour détruits pendant que l'on régénérera ce sel dans la chaudière de concentration.

---

(1) La rapidité de la décomposition des matières organiques donne la mesure approximative de l'impureté de l'air.



## R É S U M É

---

En résumé, sur les rivages à atmosphère humide, mais dont la température ne dépasse pas 26° à 28°, la ventilation par un courant d'air atmosphérique doué d'une vitesse sensible sera le système généralement préférable, quoique parfois insuffisant.

Dans les climats secs et brûlants, on rafraîchira l'air de ventilation, et si cela ne suffit point, les parois des pièces habitées, par évaporation naturelle. En même temps qu'il se refroidira, l'air se dépouillera des poussières, dont il est fort souvent chargé dans les contrées arides; en outre, il deviendra moins sec.

La température minimum que l'on peut ainsi atteindre, sera celle marquée par l'eau d'un alcarrazas.

Il est donc aisé en chaque lieu, de savoir quel sera l'abaissement de température possible. On s'en rapprochera très sensiblement, si l'on multiplie convenablement les surfaces d'évaporation.

Sur les hauts plateaux, à journées brûlantes, à nuits froides, on peut admettre l'air à circuler librement durant la nuit, dans l'intérieur des murs, et utiliser ainsi sa fraîcheur, à tempérer la chaleur du jour.

Dans les contrées à atmosphère chaude et humide, à climat débilitant, on se servira de glace, de neige ou de chlorure de calcium pour dessécher et refroidir l'air.

Si en outre, la localité est insalubre, on choisira s'il se peut, une éminence. On construira la maison pour le moins à un étage et on l'habitera, à l'exclusion du rez-de-chaussée.



L'air sera pris au plus haut, au sommet d'une tourrelle, il sera rafraîchi, dépouillé de sa vapeur et de ses impuretés, en s'écoulant lentement au contact des surfaces refroidies par les corps ci-dessus indiqués.

Par ces moyens, on prévient l'anémie, on maintiendra entière l'énergie de résistance de l'organisme, en même temps que l'on ne livrera aux poumons que de l'air relativement pur.

Connaissant la météorologie de la localité, sa constitution médicale, on fera choix des systèmes qui sont les plus propres à en tempérer les excès, à en corriger les vices, et on les combinera dans la mesure des besoins. Si l'atmosphère a pour seul défaut d'être trop stagnante, on lui imprimera le mouvement. Si elle est chaude, humide, débilitante, insalubre, on la refroidira, on la desséchera, on la purifiera.

Il n'y a point à douter qu'après quelques tâtonnements, quelques années de pratique, il ne devienne aisé, avec une dépense minime, de se créer en tout lieu un climat d'habitat compatible avec le développement normal de l'organisme.

FIN







# TABLE DES FIGURES

---

- FIGURE 1 Couloirs à ventilation renforcée.
- 2 Localisation du courant de ventilation.
  - 3 Ventilation de plusieurs appartements par un même courant.
  - 4 Coupe verticale d'un cabinet ventilé avec cloisons à chicanes et plafond-tenture.
  - 5-6. Plan et coupe d'un cône de concentration et de déviation des courants aériens.
  - 7 Maison avec volets de déviation des courants.
  - 8 Maison avec allées d'arbres pour la déviation des courants.
  - 9-10-11 Cheminée d'évaporation à simple circulation d'air.
  - 12-13-14 Cheminée d'évaporation à double circulation d'air.
  - 15 Briques pour cloisons réfrigérantes.
  - 16 Cloison réfrigérante simple à évaporation naturelle directe.
  - 17 Cloison avec toile à évaporation naturelle directe.
  - 18 Cheminée de dessiccation par le chlorure de calcium.
  - 19 Cheminée de réfrigération et d'évaporation.
  - 20-21 Cheminée de dessiccation et de réfrigération simultanées.
  - 22-23-24 Cheminée double de dessiccation et de réfrigération simultanées (toile).
  - 25-26 Cheminée double de dessiccation et de réfrigération simultanées (zinc).



FIGURES 27-28 Cheminée double de dessiccation et de réfrigération simultanées avec caisses à chlorure de calcium solide (zinc).

- 29 Cloison réfrigérante à eau et chlorure de calcium.
  - 31 Cloison réfrigérante double avec feuille d'absorption.
  - 30-32-33 Cloison réfrigérante double avec double feuille d'absorption et d'évaporation.
  - 34 Cloison réfrigérante double avec double feuille d'absorption et d'évaporation et double feuille écran.
  - 35 Cloison réfrigérante double à évaporation par air sec.
  - 36 Galerie de captage d'air froid.
  - 37 Mur à circulation d'air à l'intérieur.
  - 38 Plancher avec plafond-isolant suspendu.
  - 39 Fenêtre avec châssis à quadruple vitrage.
  - 40, 40 bis, Fenêtres avec châssis à double vitrages.
  - 41 Alcôve alimentée à l'air froid.
  - 42 Lit ventilé par un courant d'air atmosphérique chaud et humide.
  - 43-44-45-46 Type de maison à air refroidi par évaporation, puis par fusion de la glace.
  - 47-48-49 Autre type de maison à air refroidi par évaporation, puis par fusion de la glace.
  - 50 Schema d'une installation à circulation d'eau froide. Réservoir à glace et poêles réfrigérants.
  - 51-52-53 Descente de la neige de la montagne à la plaine par câble sans fin supporté par des poulies inclinées à gorge et à dents.
-



# TABLE DES MATIÈRES

---

## INTRODUCTION

	Pages
La Colonisation est pour la France une question de premier ordre. . . . .	3

---

## CHAPITRE PREMIER

---

<b>De l'influence des climats chauds sur les Européens.</b>	<b>12</b>
Des éléments climatériques . . . . .	17
Électricité. . . . .	17
Ozone. . . . .	18
Lumière . . . . .	19
Atmosphère chaude et sèche . . . . .	20
Atmosphère chaude et humide . . . . .	22
De l'équilibre de température de l'homme dans divers états climatériques . . . . .	24
Production de la chaleur interne . . . . .	26
Respiration. . . . .	27
Transmission à l'air expiré. . . . .	28
Évaporation pulmonaire. . . . .	28
Dégagement d'acide carbonique. . . . .	29
Ingestion des aliments et boissons — Déjections. . . . .	29
Bains . . . . .	30
Évaporation cutanée . . . . .	30
Transmission de chaleur à l'air par contact . . . . .	33
Rayonnement . . . . .	33
Récapitulation . . . . .	34
Conclusions . . . . .	34
Chaleur solaire . . . . .	39
Du vent . . . . .	39
Du coefficient de déperdition calorique pour caractériser les climats . . . . .	40
De la résistance spécifique des races . . . . .	41
Moyens prophylactiques . . . . .	41

---



## CHAPITRE II

	Pages
<b>De la Réfrigération par un courant naturel doué d'une vitesse sensible. . . . .</b>	<b>43</b>
Volume d'air à mettre en mouvement, artifices pour le réduire . . . . .	44
Brise naturelle — Des moyens à employer pour en jouir.	47
Création des courants par la chaleur solaire — Galeries — Tranchées d'appel . . . . .	50
Calorifères à eau chauffée par le soleil . . . . .	51
Ventilation par cheminées d'appel — Chauffage de l'air par combustible . . . . .	54
Ventilation mécanique, homme, animaux de trait, moteurs à gaz, à vapeur, électriques. . . . .	54
Appareil Garlandat. . . . .	58

## CHAPITRE III

<b>Évaporation naturelle — Climats secs et brulants. . .</b>	<b>59</b>
Cheminées d'évaporation simple. . . . .	64
Surface d'évaporation, consommation d'eau par habitant. .	66
Cheminées d'évaporation à double circulation d'air. . . .	67
Cloisons réfrigérantes. . . . .	69

## CHAPITRE IV

<b>Dessiccation de l'air et évaporation par l'air sec . . .</b>	<b>76</b>
Le chlorure de calcium est le corps à employer. . . . .	76
Dessiccation de l'air. . . . .	77
Cheminées de dessiccation et de refroidissement simultanés.	79
Appareil de MM. Geneste et Herscher. . . . .	80
Figures 20, 21 . . . . .	81
— 22, 23, 24 . . . . .	83
— 25, 26. . . . .	84
— 27 . . . . .	84
Étendue des surfaces d'absorption et d'évaporation. . . . .	85
Cloisons réfrigérantes. . . . .	86



## CHAPITRE V

	Pages
<b>Refroidissement de l'air par circulation souterraine .</b>	<b>91</b>
Étendue des surfaces. . . . .	92
Température souterraine . . . . .	93
Caves. . . . .	94
Conductibilité, transmission calorique. . . . .	94
De la surface d'excavation nécessaire : . . . . .	95

## CHAPITRE VI

### Utilisation des variations nyctémérales

Emmagasinement des froids nocturnes — Galeries — Murs doubles. . . . .	99
Refroidissement par rayonnement direct . . . . .	102

## CHAPITRE VII

<b>Refroidissement de l'air par la glace et la neige . . .</b>	<b>105</b>
Système basé sur l'emploi exclusif de la glace ou de la neige — Précautions à prendre pour le rendre praticable.	106
Murs. . . . .	107
Plafonds, terrasses, toitures . . . . .	107
Transmission par le sol. . . . .	111
Fenêtres . . . . .	113
Portes . . . . .	115
Ventilation par l'air froid, volume d'air nécessaire. . . . .	117
Influence du mode de distribution. . . . .	120
Influence de la capacité des salles. . . . .	121
Calorique dégagé par l'homme. . . . .	122
Éclairage artificiel, sun-burners, doubles globes. . . . .	122
Dispositions diverses propres à réduire la consommation de glace — Localisation, groupement des pièces, mode d'é- vacuation de l'air . . . . .	124
Équilibre thermique de la maison . . . . .	126
Consommation de glace . . . . .	127
Appareils de réfrigération de l'air . . . . .	128
Le réfrigérant doit être distinct du réservoir . . . . .	134



	Pages
Système combiné — Réfrigération de l'air par évaporation puis par fusion de la glace . . . . .	138
De la glace — Production par machine . . . . .	140
Production par rayonnement nocturne . . . . .	142
De la neige. . . . .	146
Descente au pied de la montagne . . . . .	149
Glacières. . . . .	153

---

## CHAPITRE VIII

---

### Récapitulation des systèmes de réfrigération

De l'habitation . . . . .	155
Ventilation par un courant d'air naturel . . . . .	155
Évaporation naturelle. . . . .	158
Dessiccation de l'air et évaporation par l'air sec . . . . .	161
Refroidissement de l'air par circulation souterraine. . . . .	166
Utilisation des variations nyctémérales . . . . .	168
Refroidissement de l'air par la glace et par la neige . . . . .	170
Système simple — Emploi exclusif de la glace . . . . .	171
Système mixte — Glace et évaporation — Glace et froids nocturnes . . . . .	173
Appareils de réfrigération . . . . .	173
Production et récolte de la glace et de la neige . . . . .	175

---

## CHAPITRE IX

---

<b>Climats insalubres . . . . .</b>	<b>178</b>
-------------------------------------	------------

---

<b>Résumé. . . . .</b>	<b>192</b>
------------------------	------------

---

<b>Table des Figures . . . . .</b>	<b>195</b>
------------------------------------	------------

<b>Table des Matières. . . . .</b>	<b>197</b>
------------------------------------	------------

---





Planche 1



FIG. 1

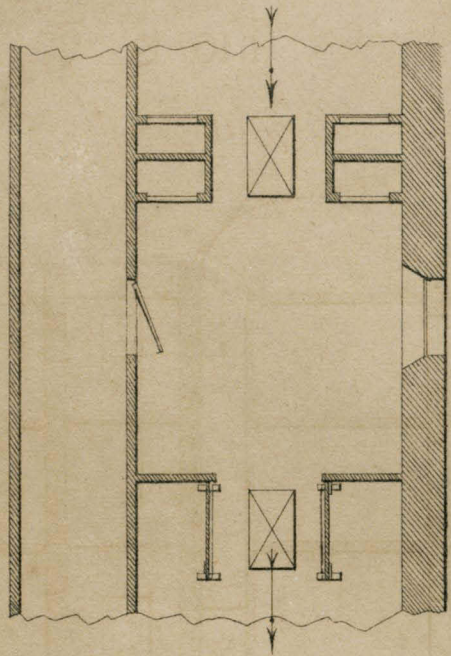


FIG. 2

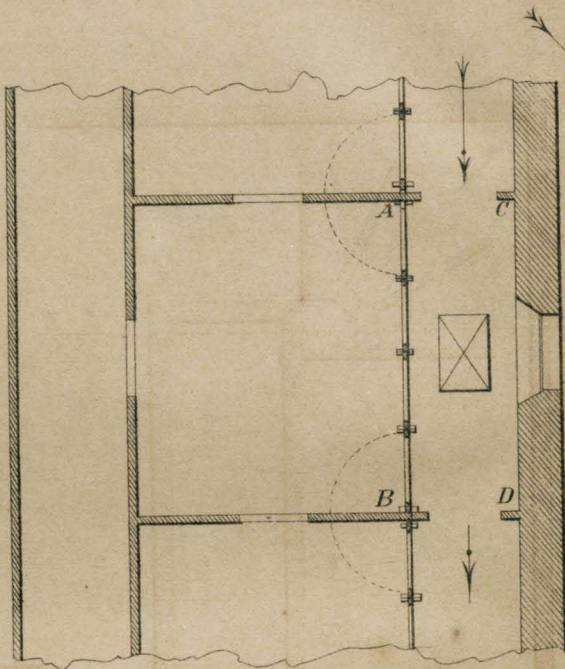


FIG. 5

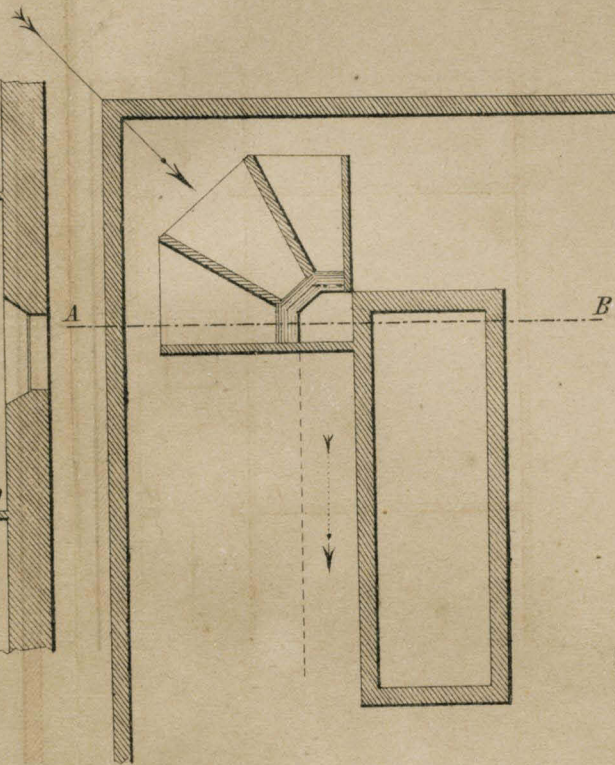


FIG. 6

*Coupe A.B.*

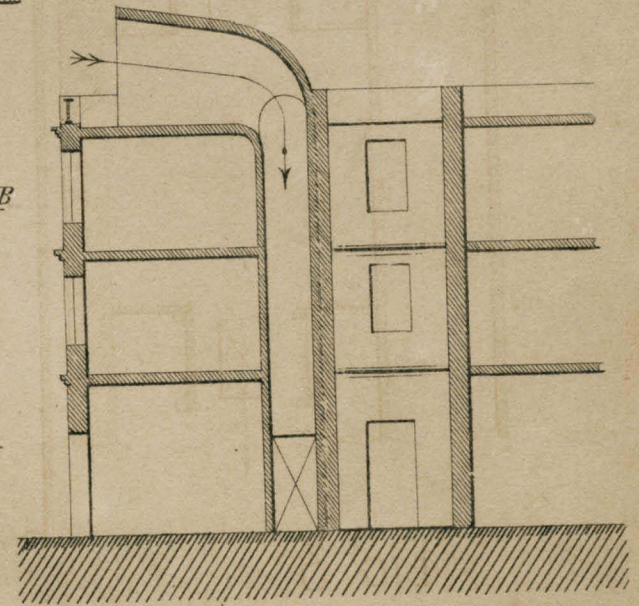


FIG. 3

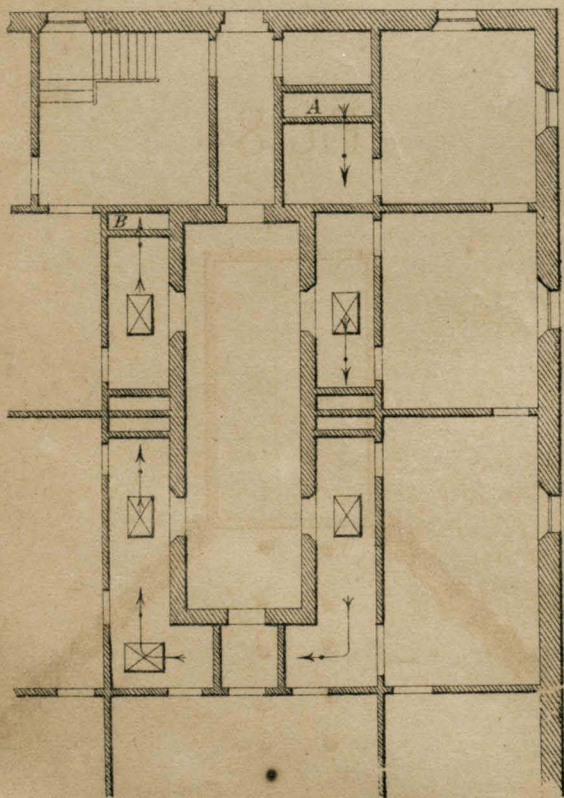


FIG. 4

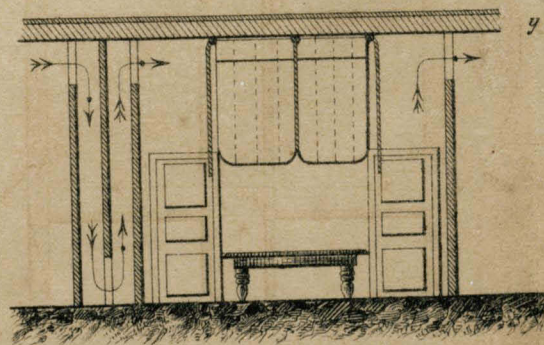


FIG. 7

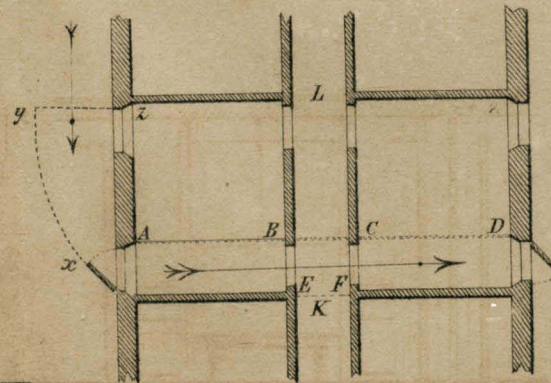


FIG. 8

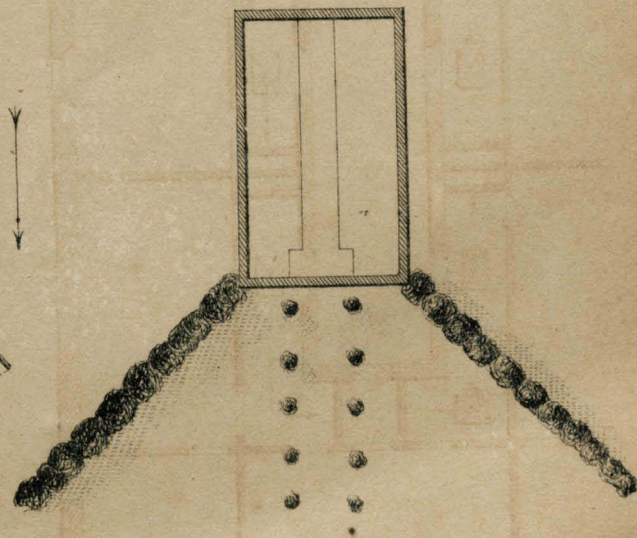








Planche 2



FIG. 9

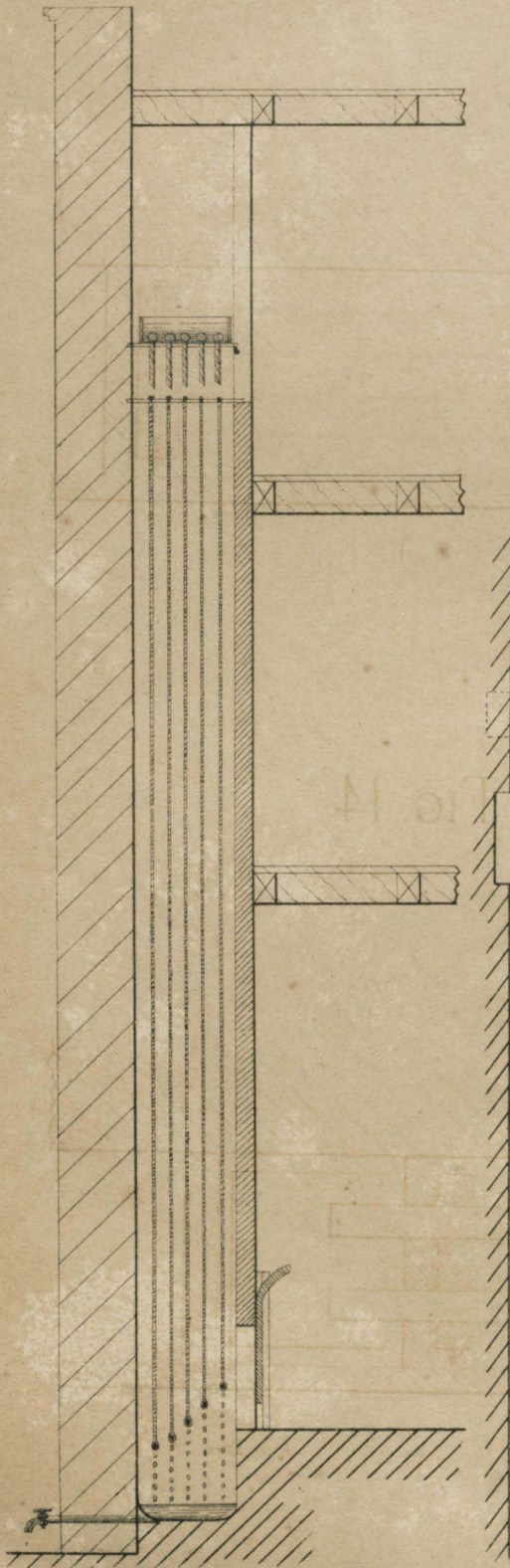


FIG. 10

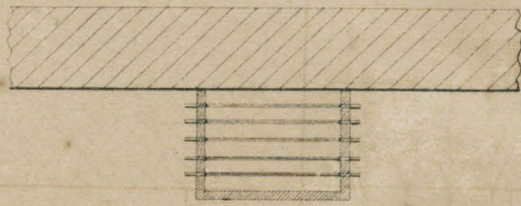


FIG. 11

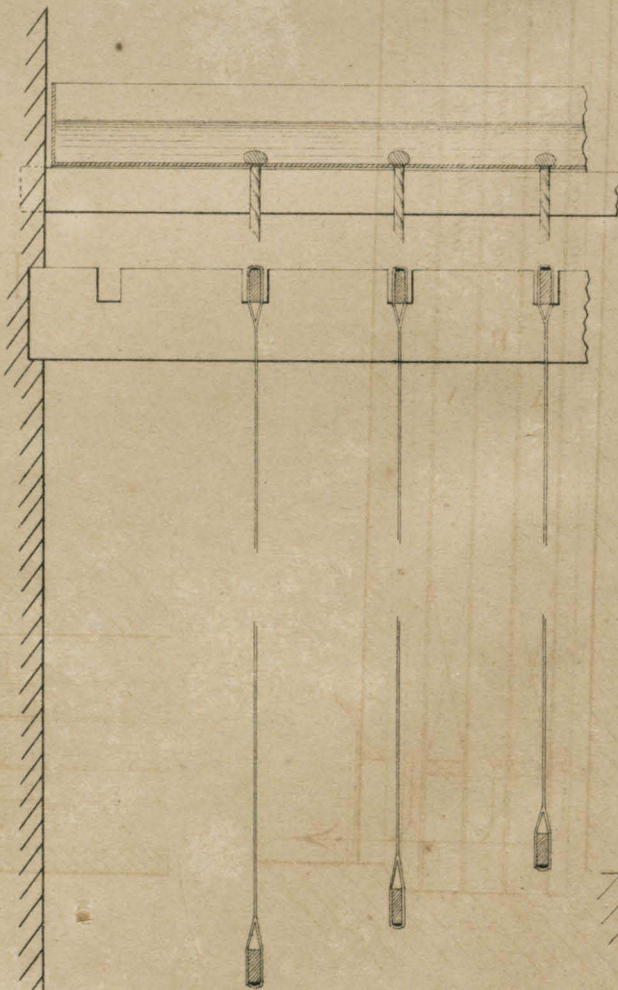


FIG. 12

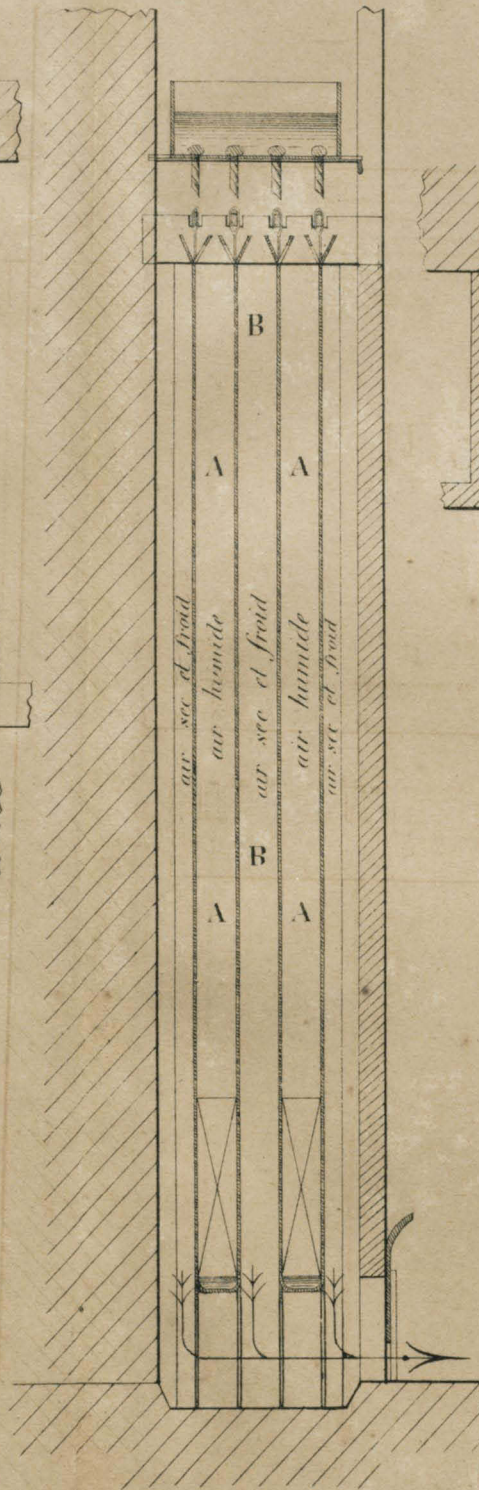


FIG. 13



FIG. 14

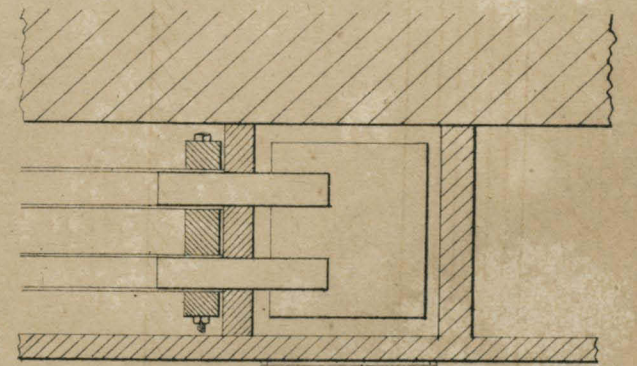








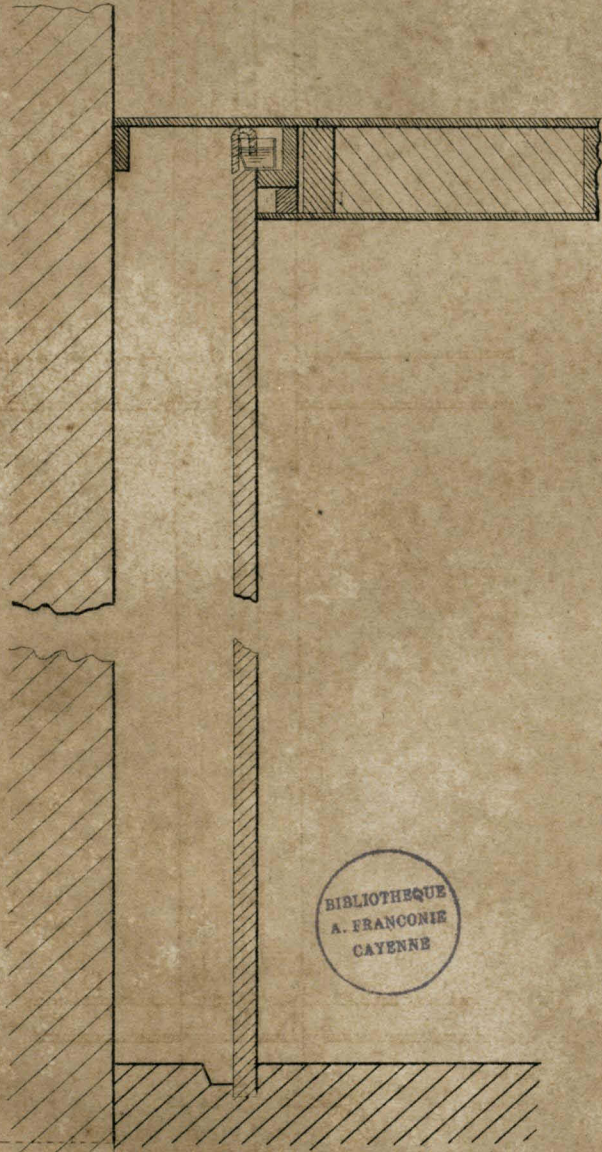
Planche 3



FIG. 15



FIG. 16



BIBLIOTHEQUE  
A. FRANCONIÉ  
CAYENNE

FIG. 17

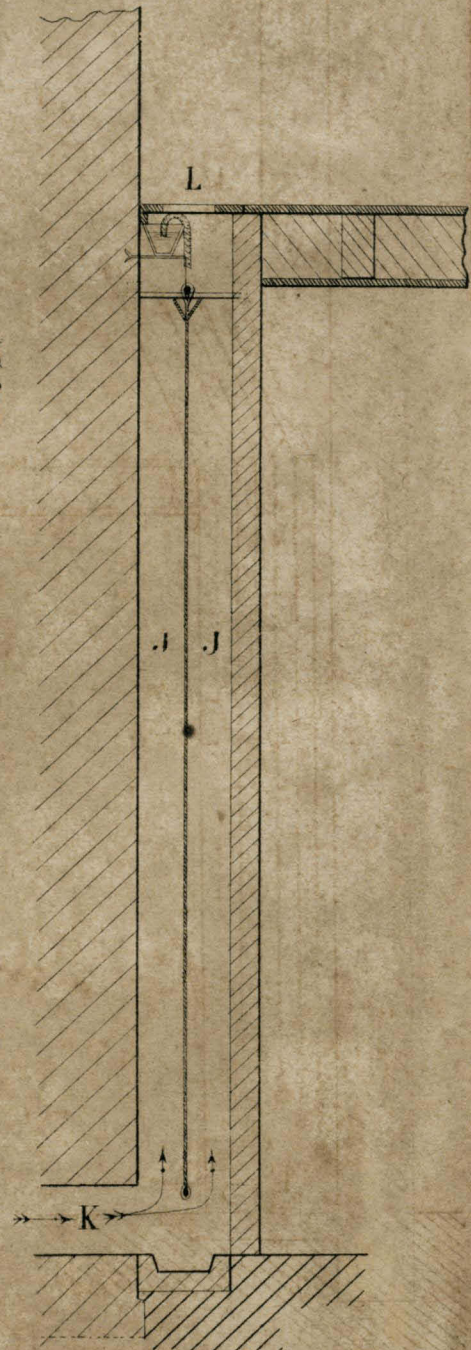


FIG. 18

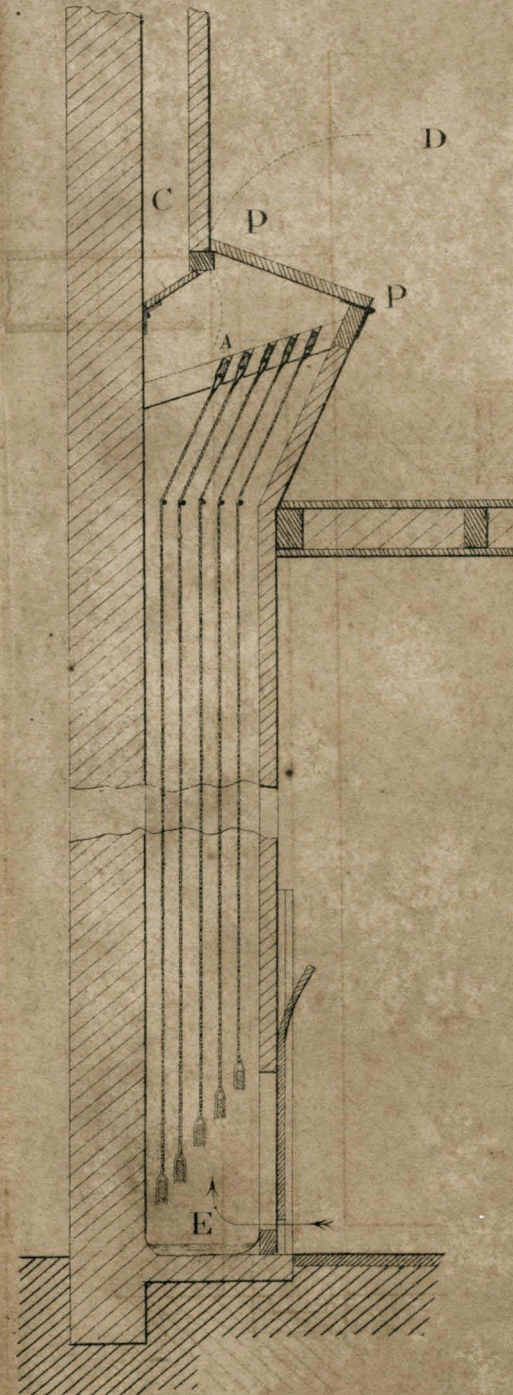


FIG. 19

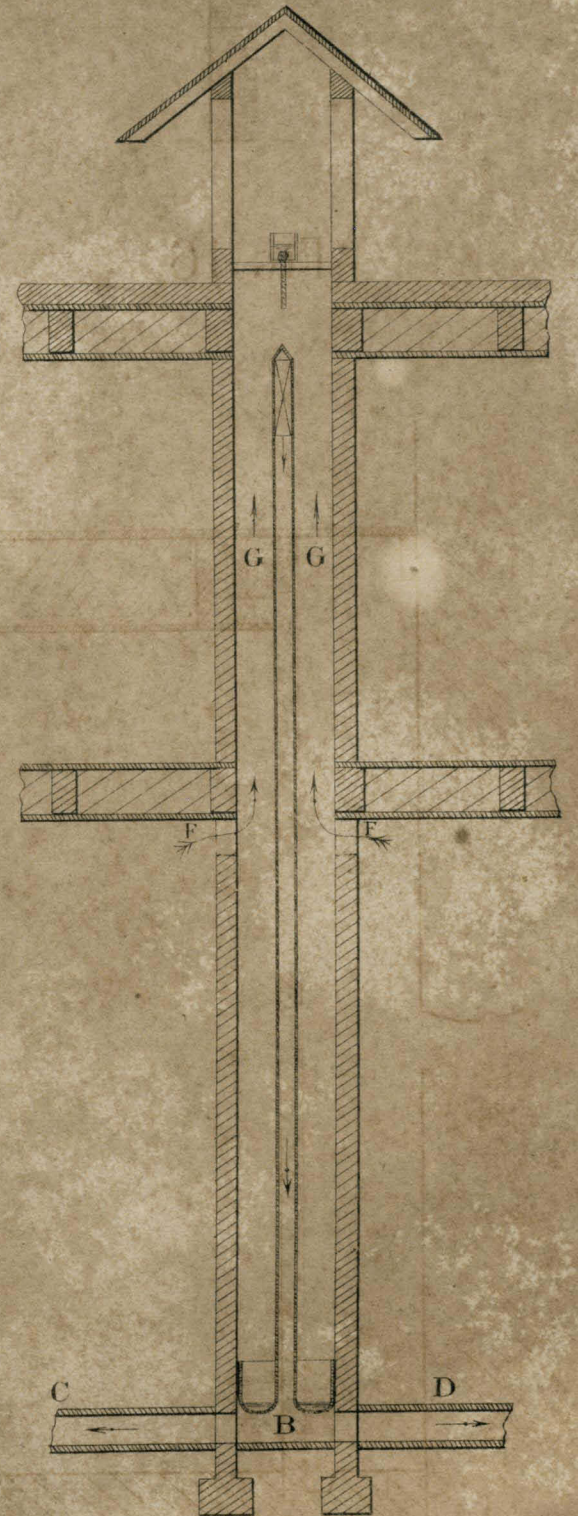








Planche 4











Planche 5



FIG. 23

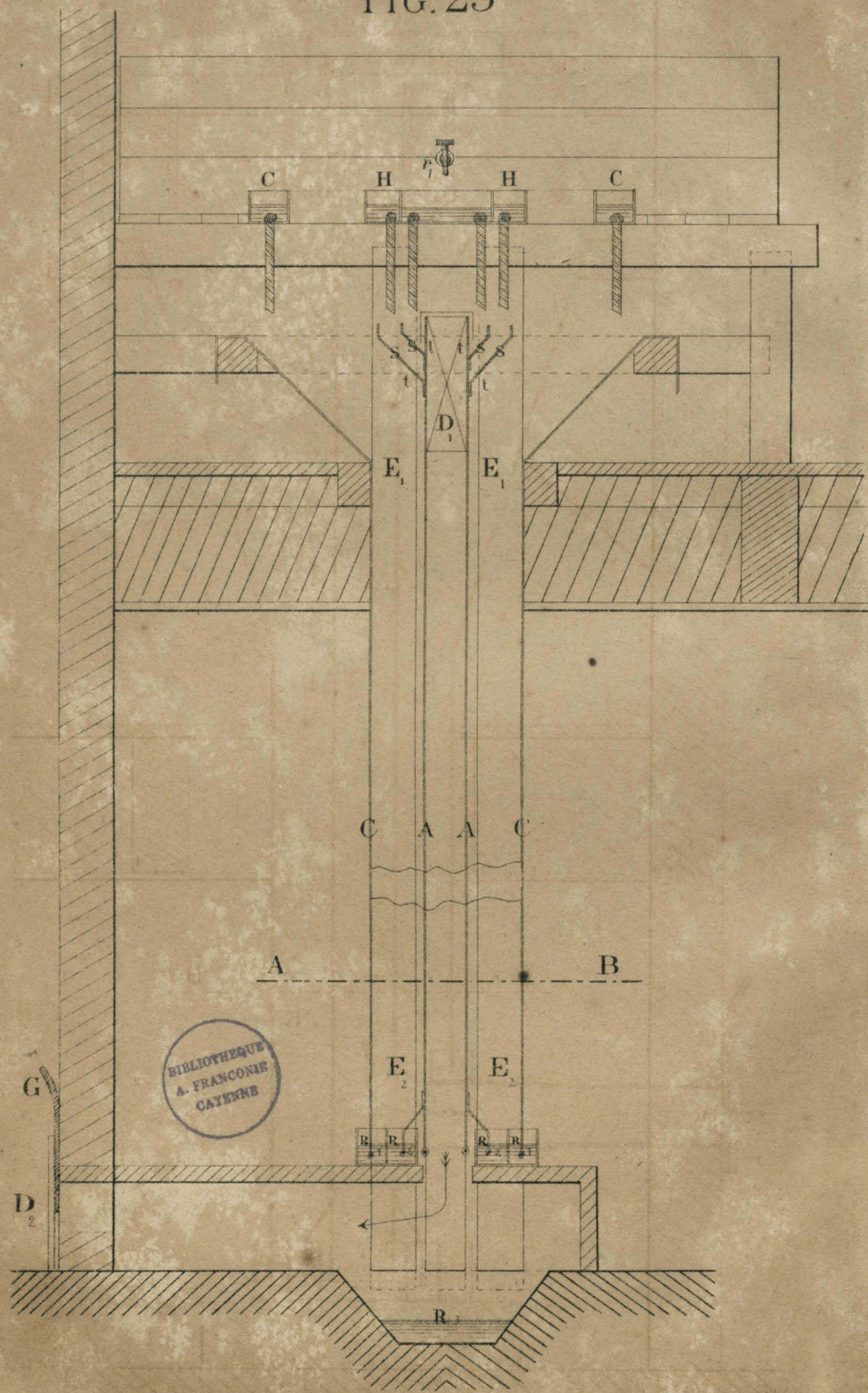


FIG. 25

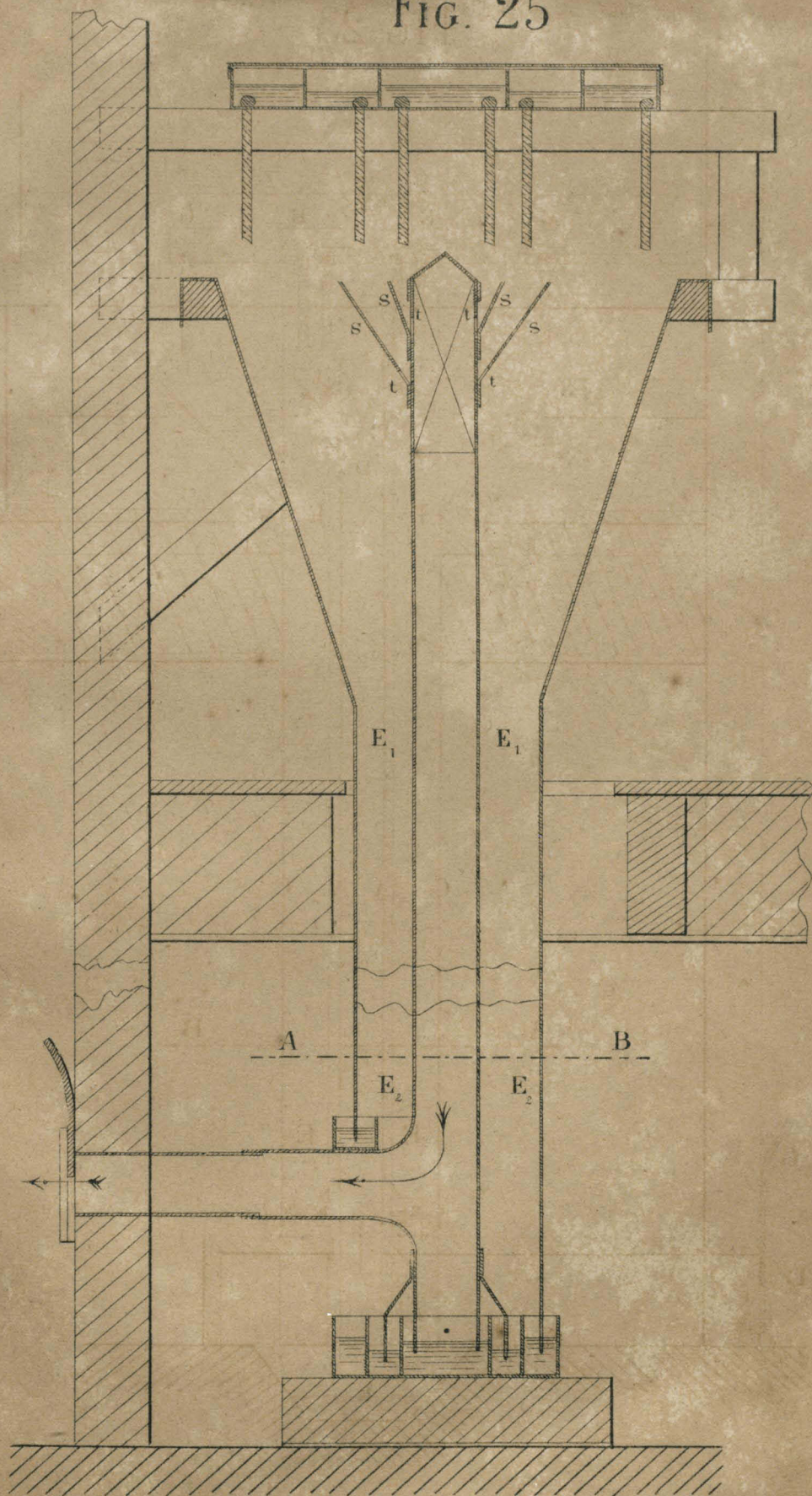








Planche 6



FIG. 24, Coupe AB



FIG. 26 Coupe AB

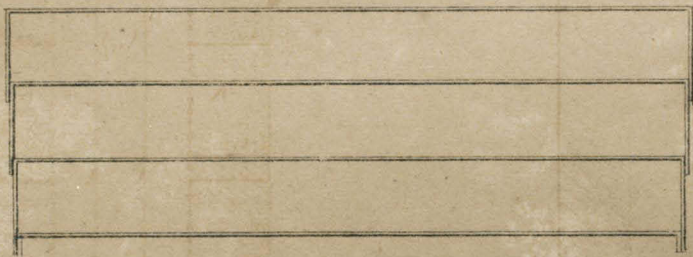


FIG. 28, Coupe EE

BIBLIOTHEQUE  
A. FRANCONIE  
GAYENNE

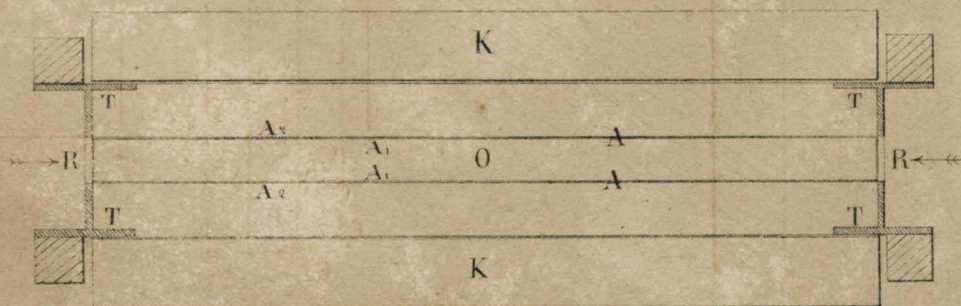
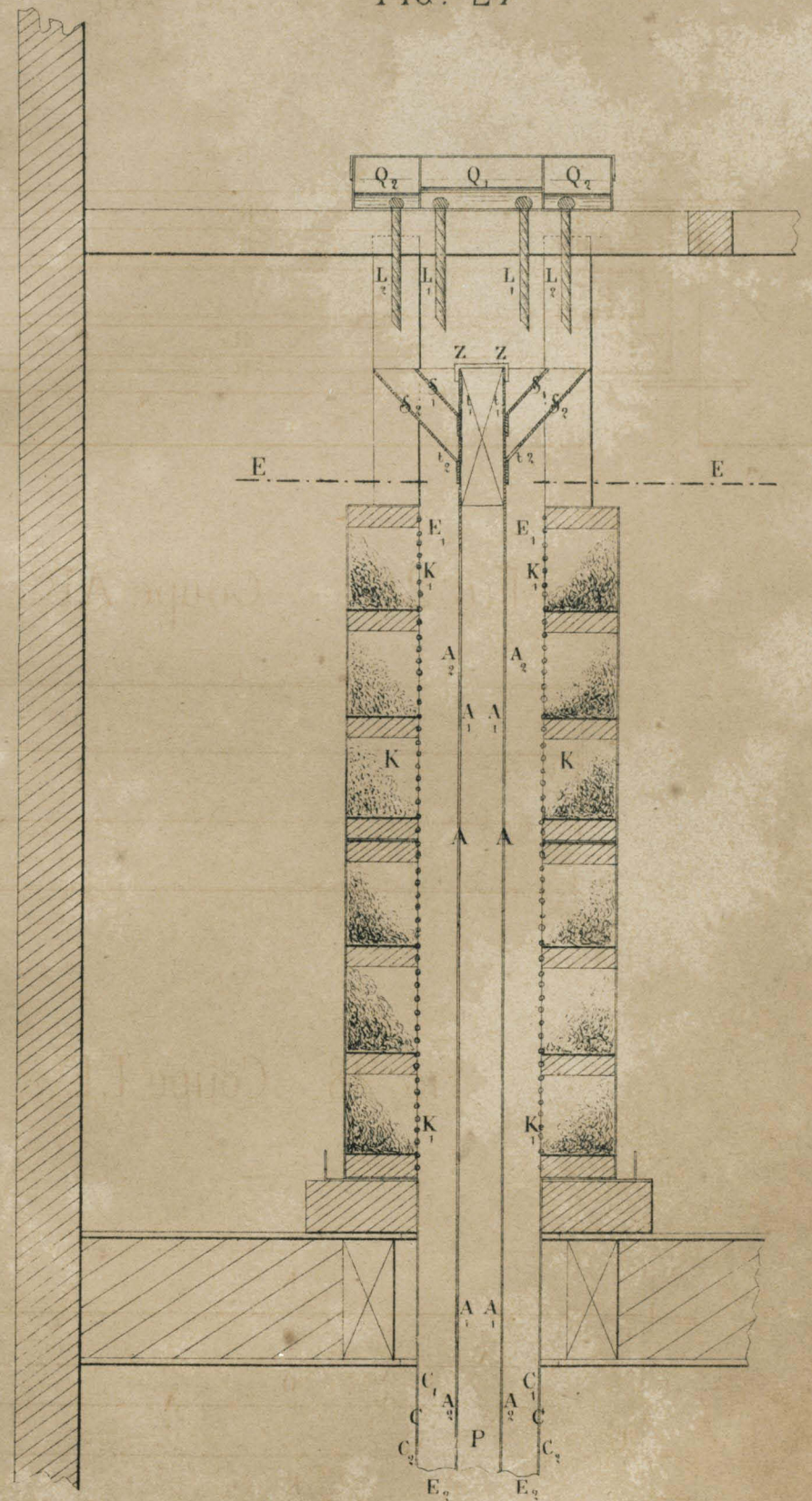


FIG. 27



*Lib. 2017/10/15*



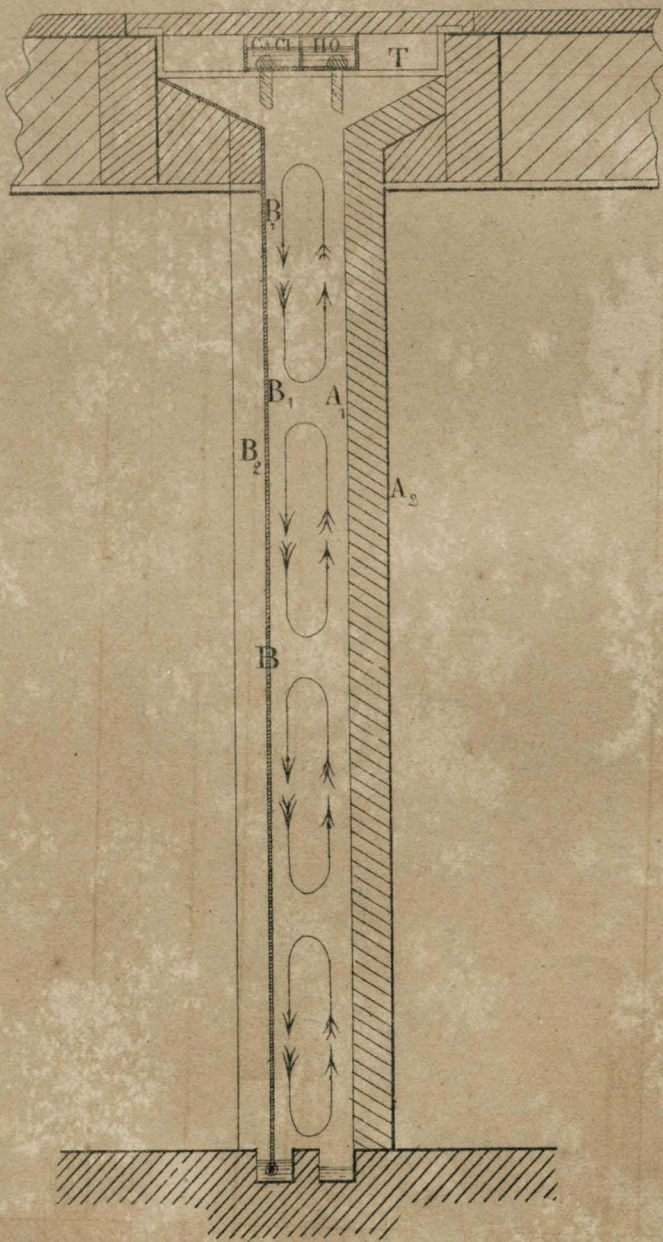




Planché 7



FIG. 29



Lith. Duvent. Alger.

FIG. 30

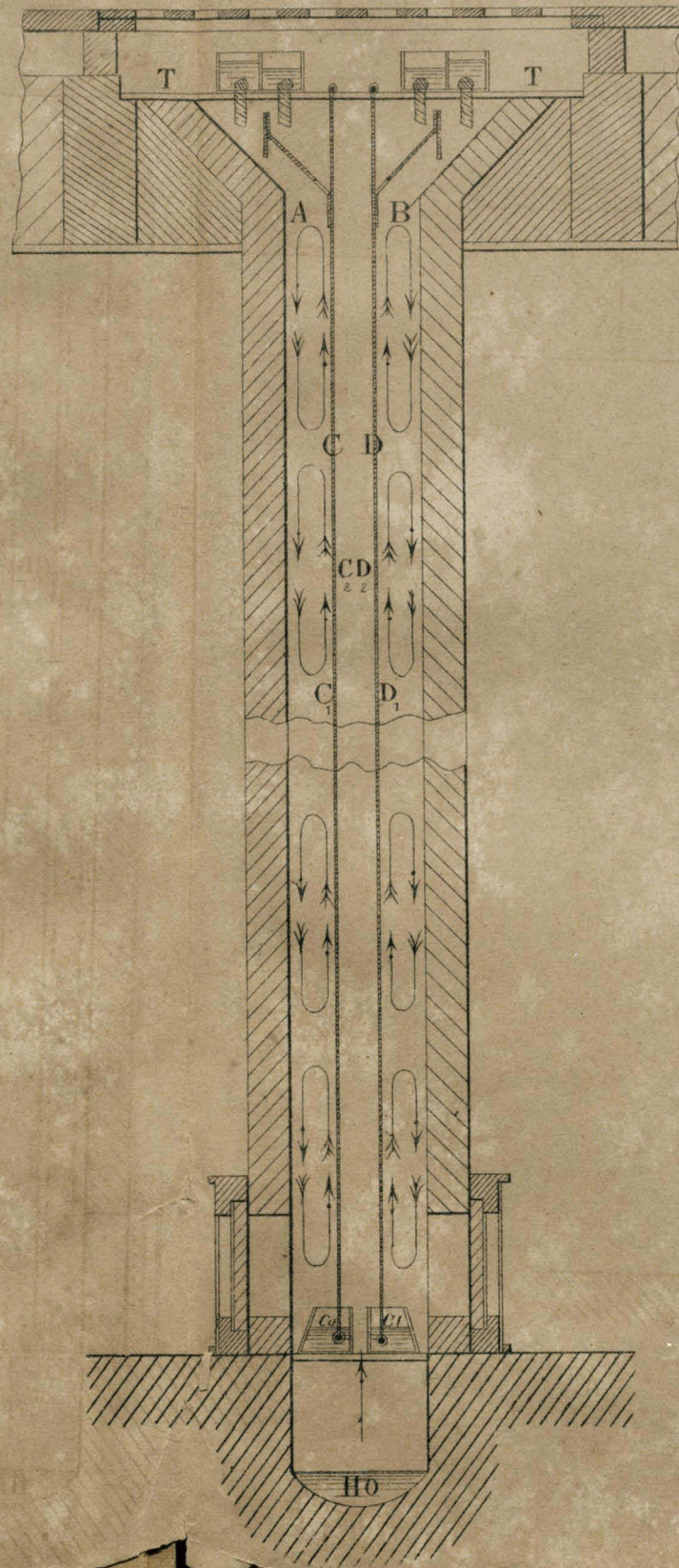


FIG. 31

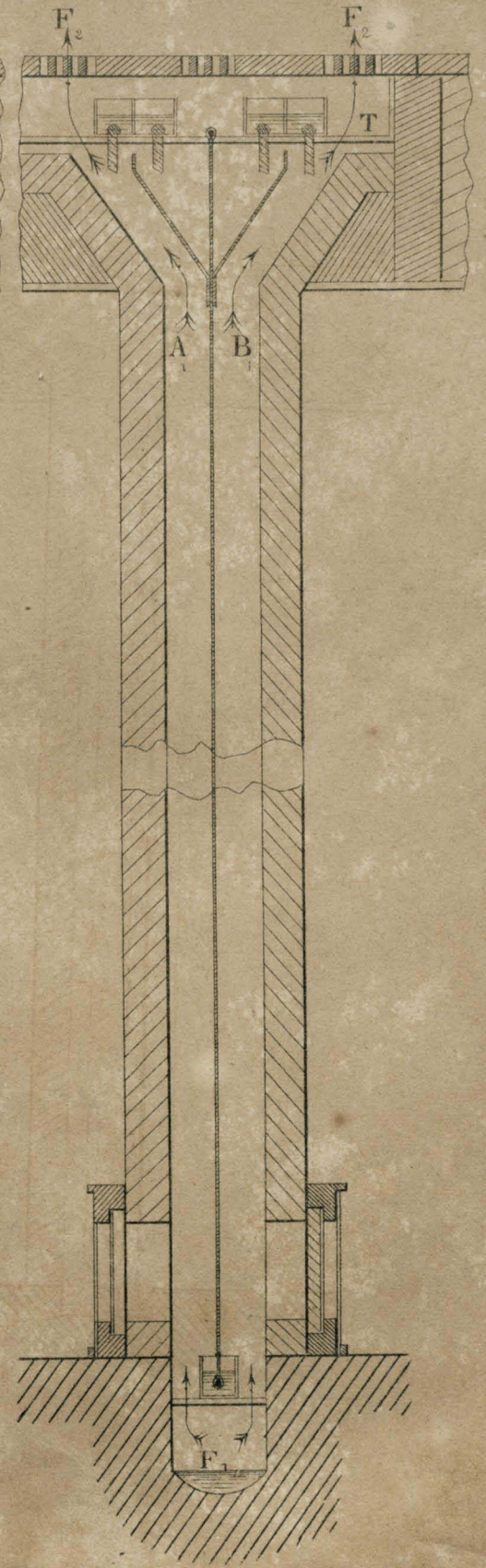








Planche 8



FIG. 32

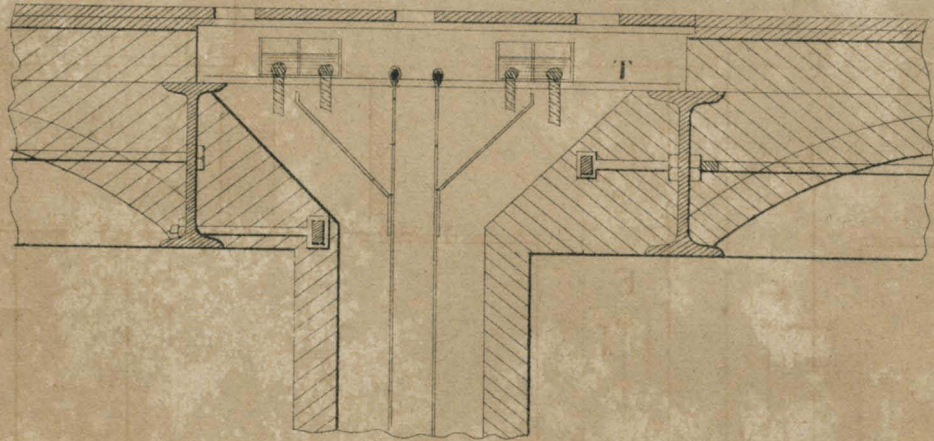


FIG. 33

BIBLIOTHEQUE  
A. FRANCONNE  
CAYENNE

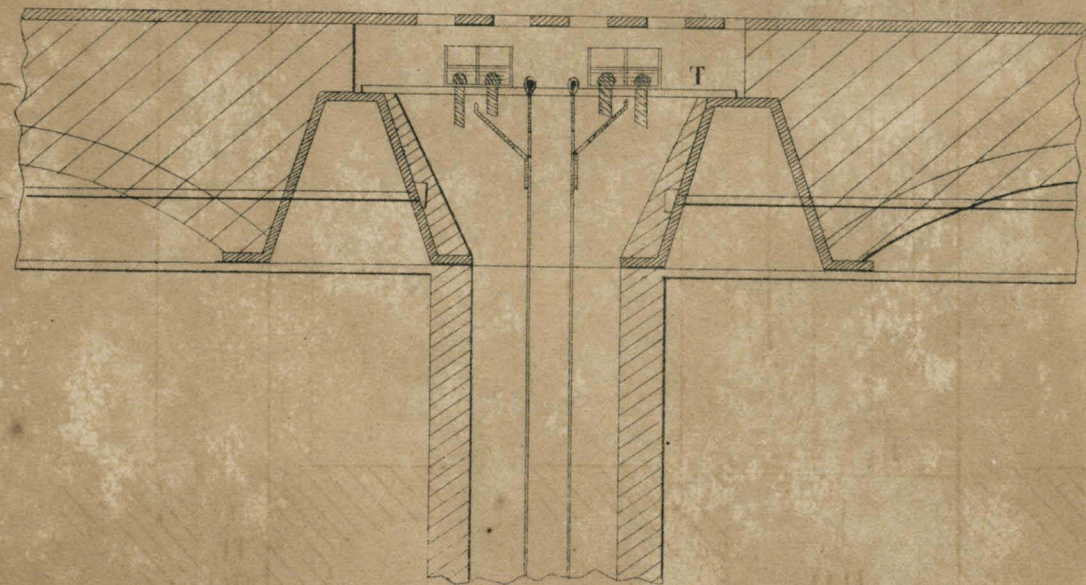


FIG. 34

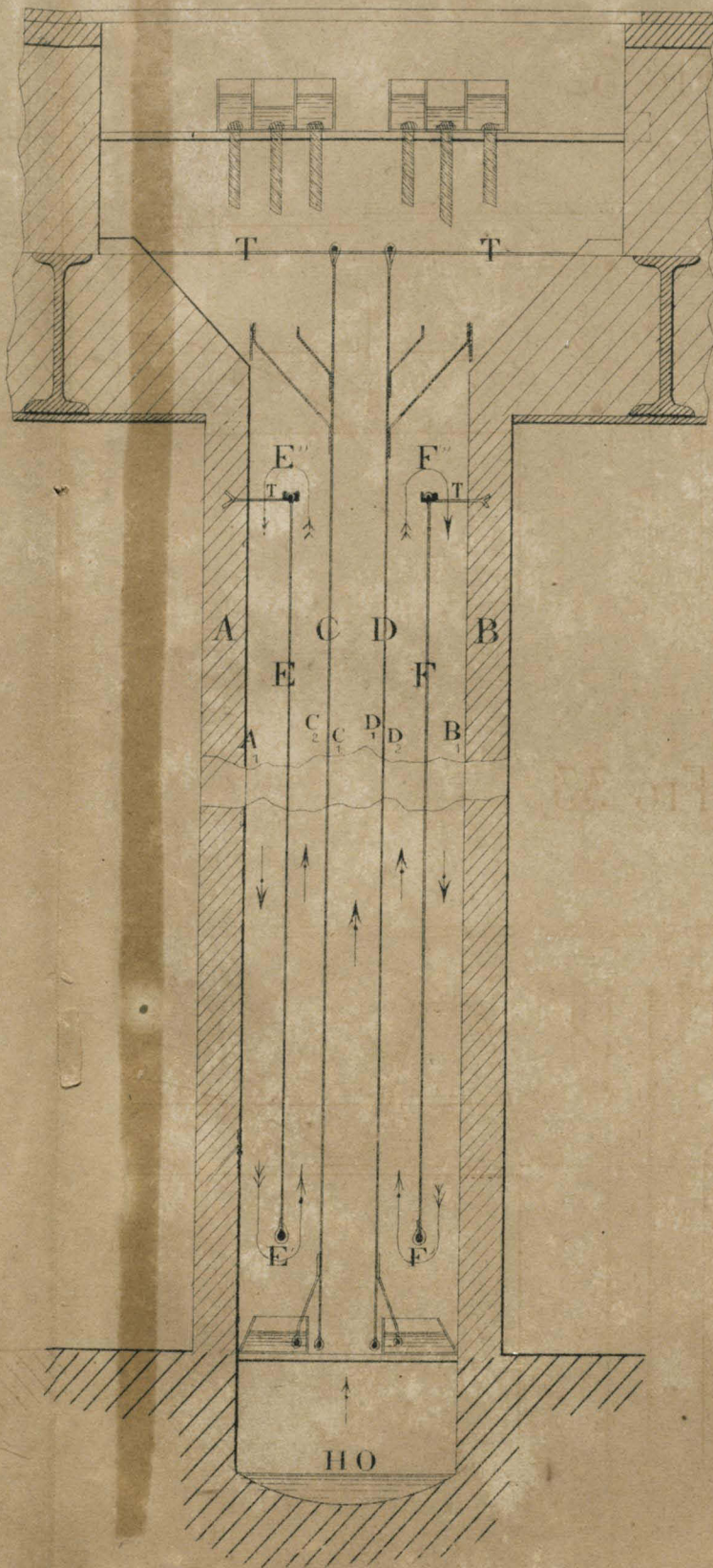


FIG. 35

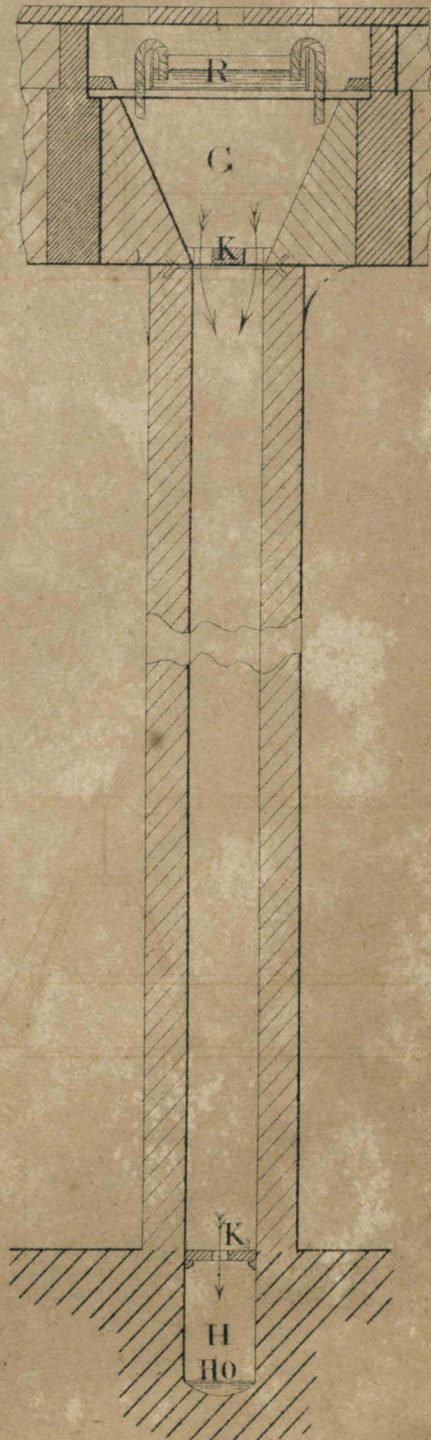








Planche 9



FIG. 36

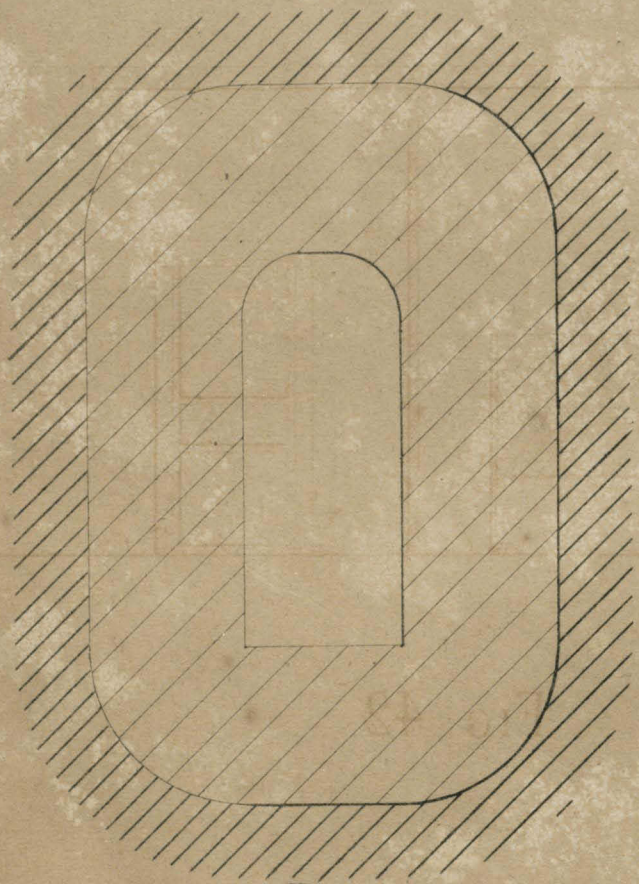


FIG. 37

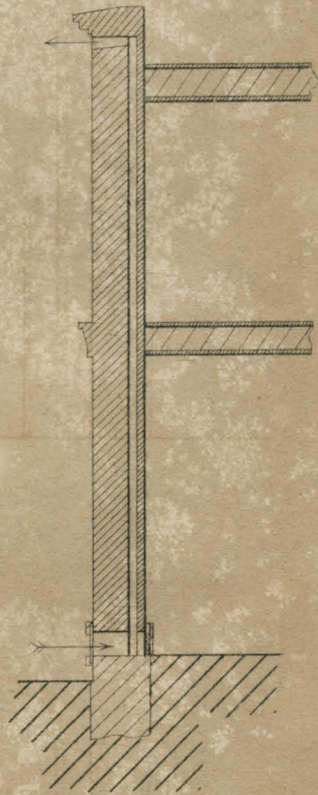


FIG. 41

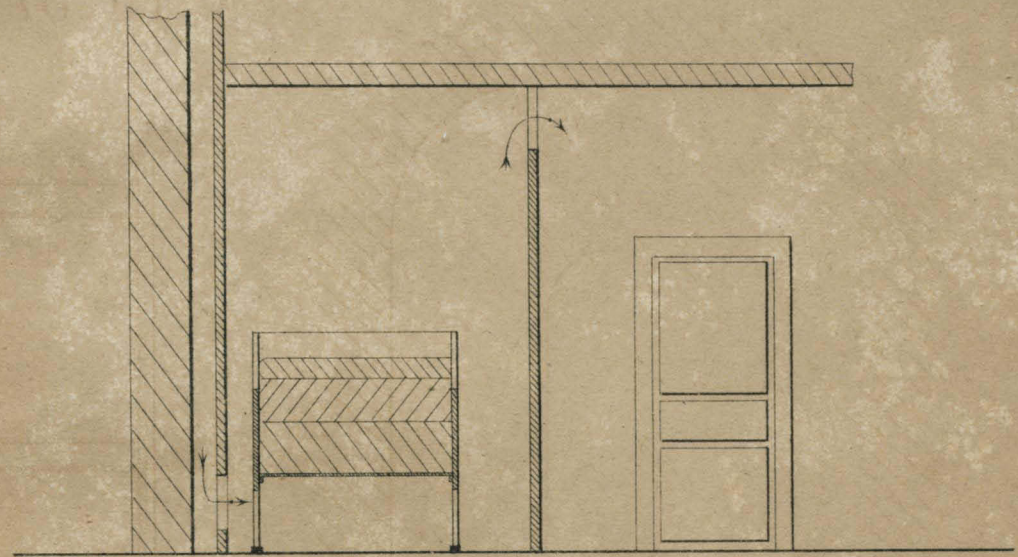


FIG. 42

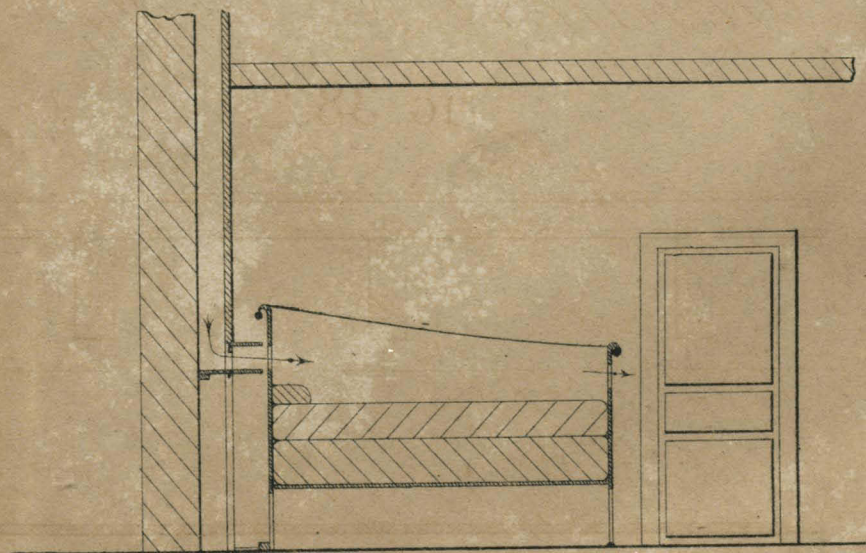
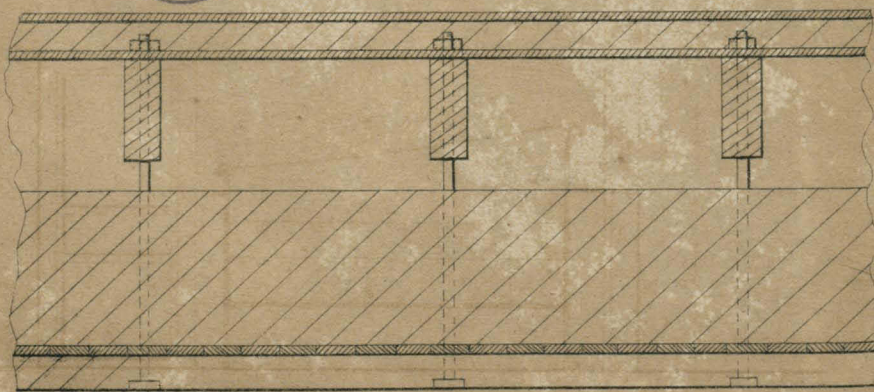


FIG. 38



BIBLIOTHEQUE  
A. FRANCONIE  
CAYENNE







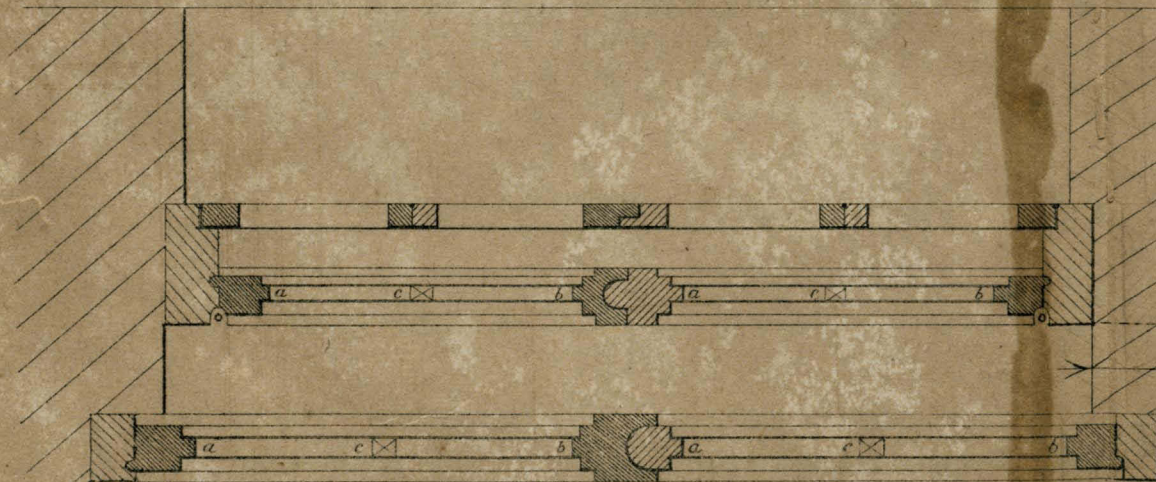
Planche 10



FIG. 39



FIG. 40



Echelles

- Fig. 39.40. - 0,1
- Fig. 40 bis. - 0,02
- Fig. 50. 0,01

FIG. 50

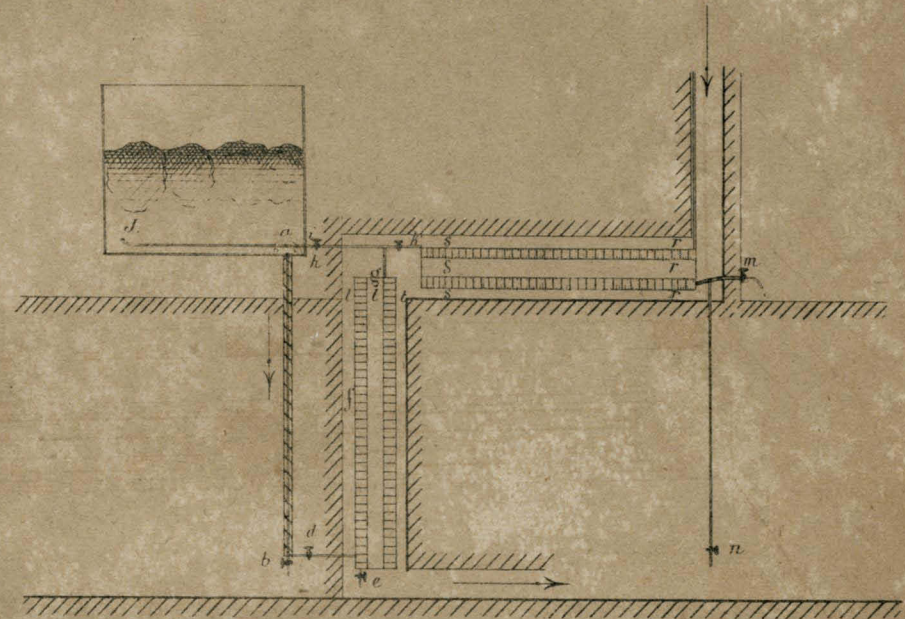


FIG. 40 bis

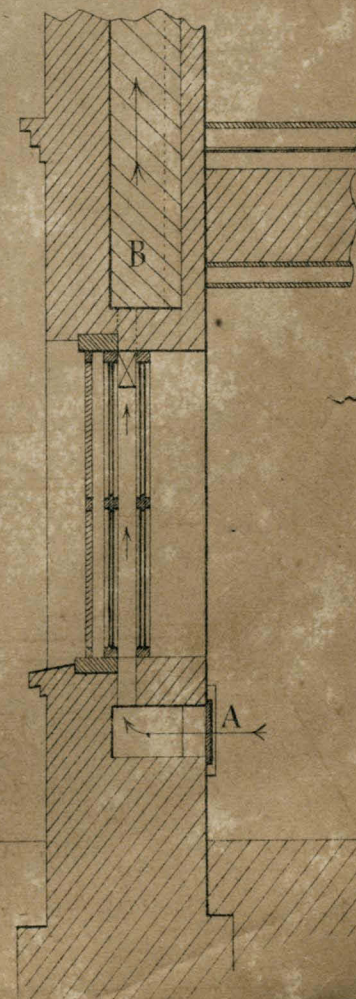








Planche 11

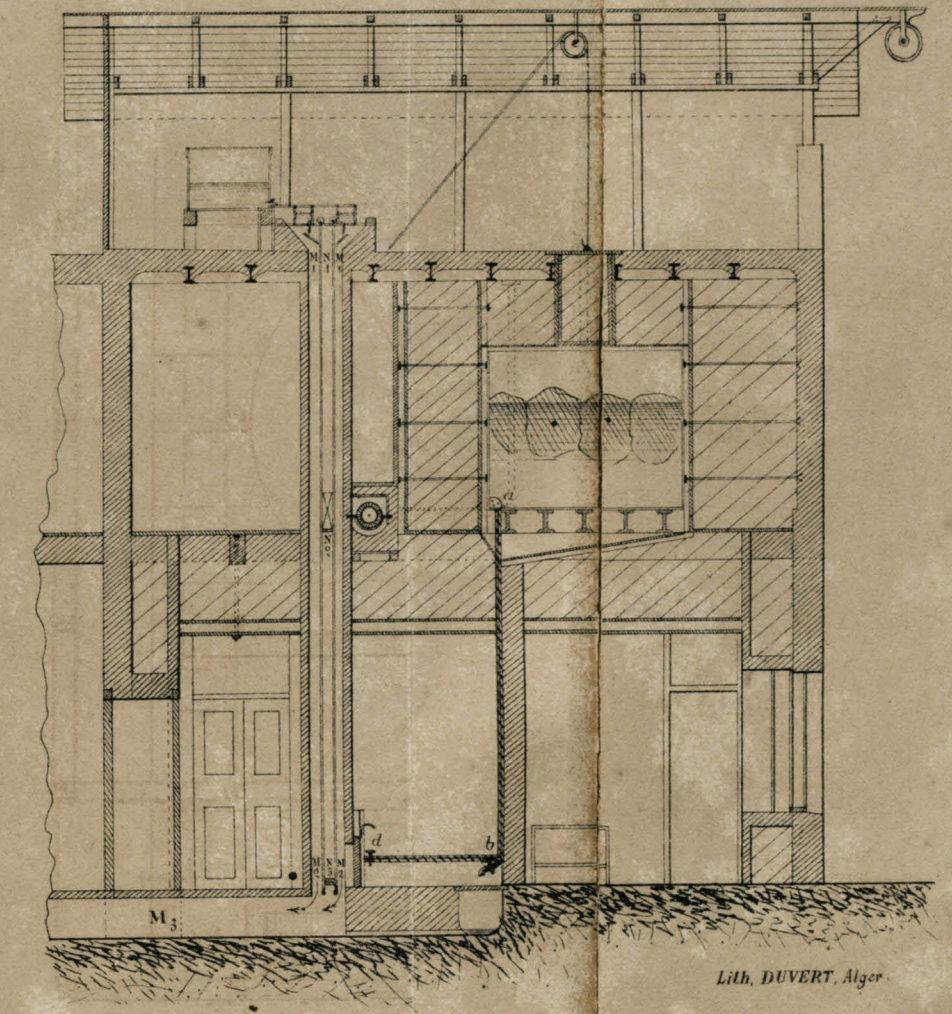
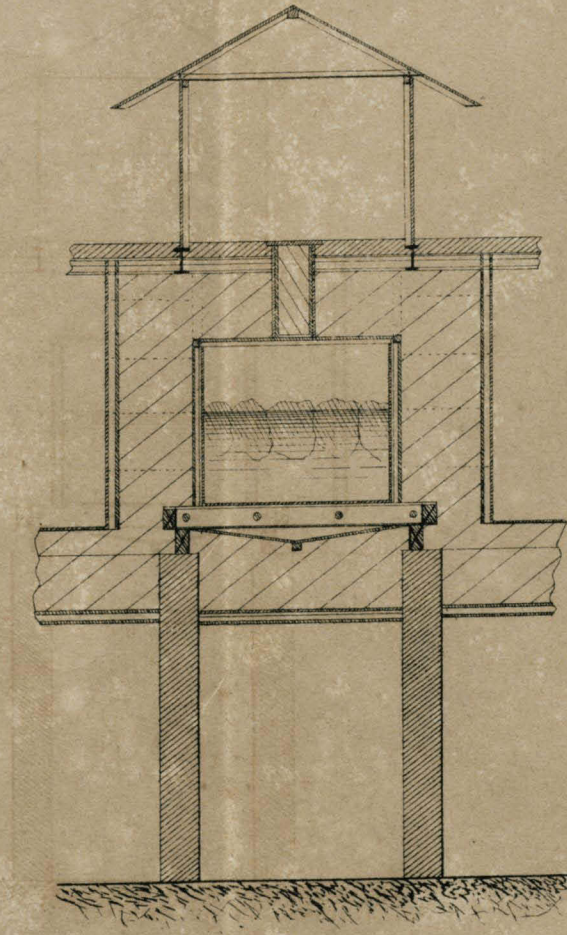
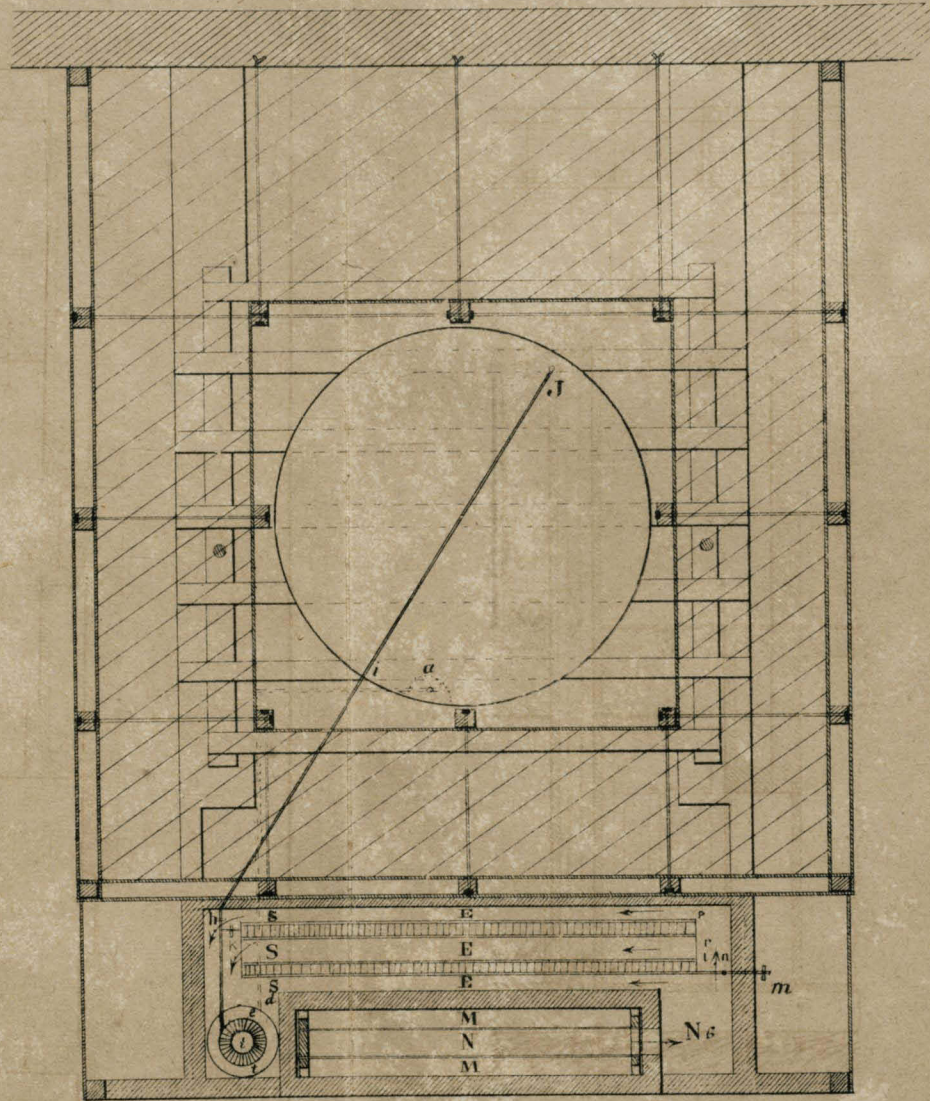
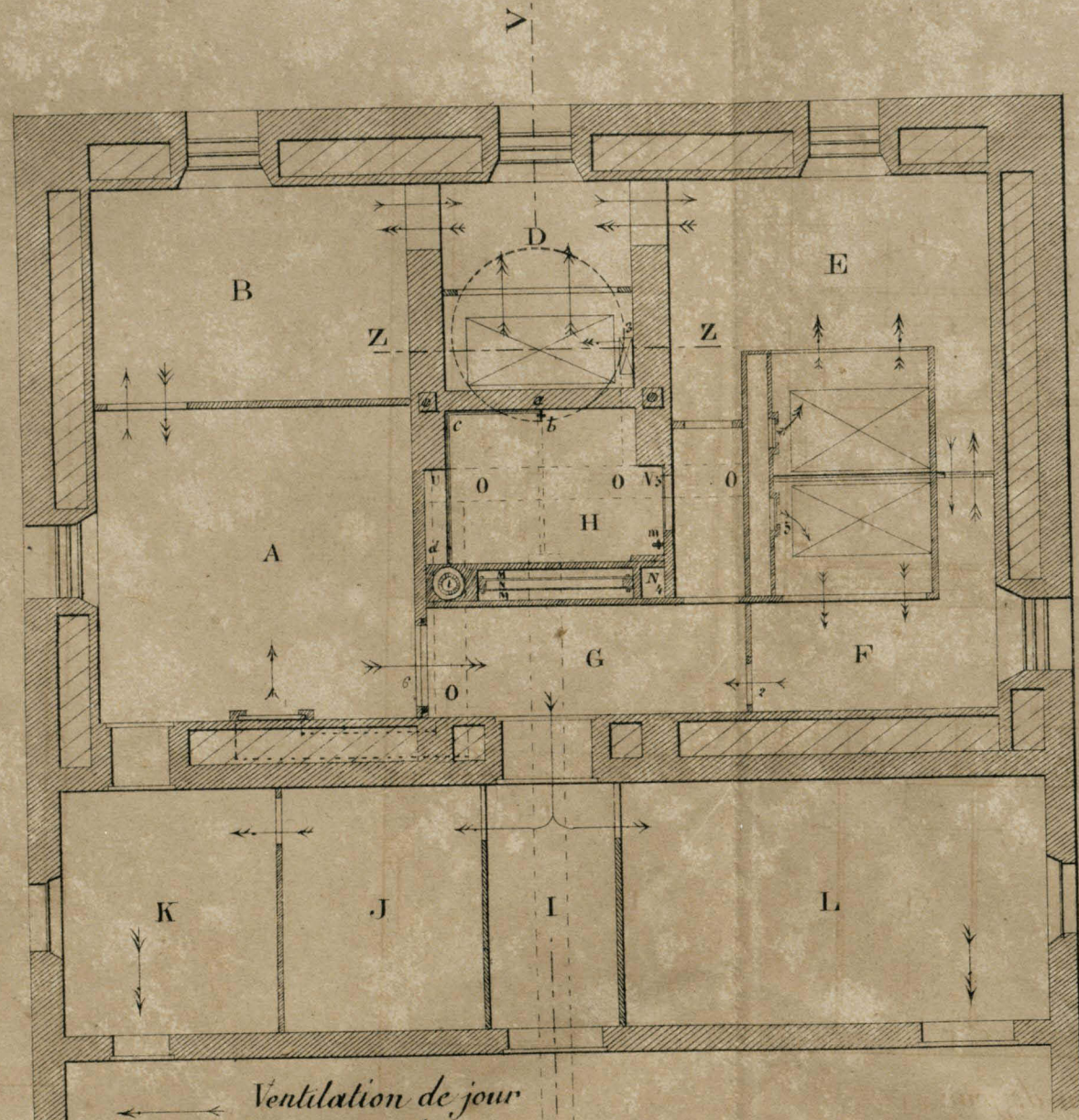


FIG.43 Plan du rez-de-chaussée

FIG.44. Plan du 1<sup>er</sup> Etage

FIG.45 Coupe ZZ

FIG.46 Coupe VV



← Ventilation de jour  
 ← Ventilation de nuit  
 ← Ventilation de jour et de nuit

ECHELLES

Fig. 43, 45, 46	0,01
Fig. 44	0,02







Planche 12



FIG. 47. Plan du rez-de-chaussée

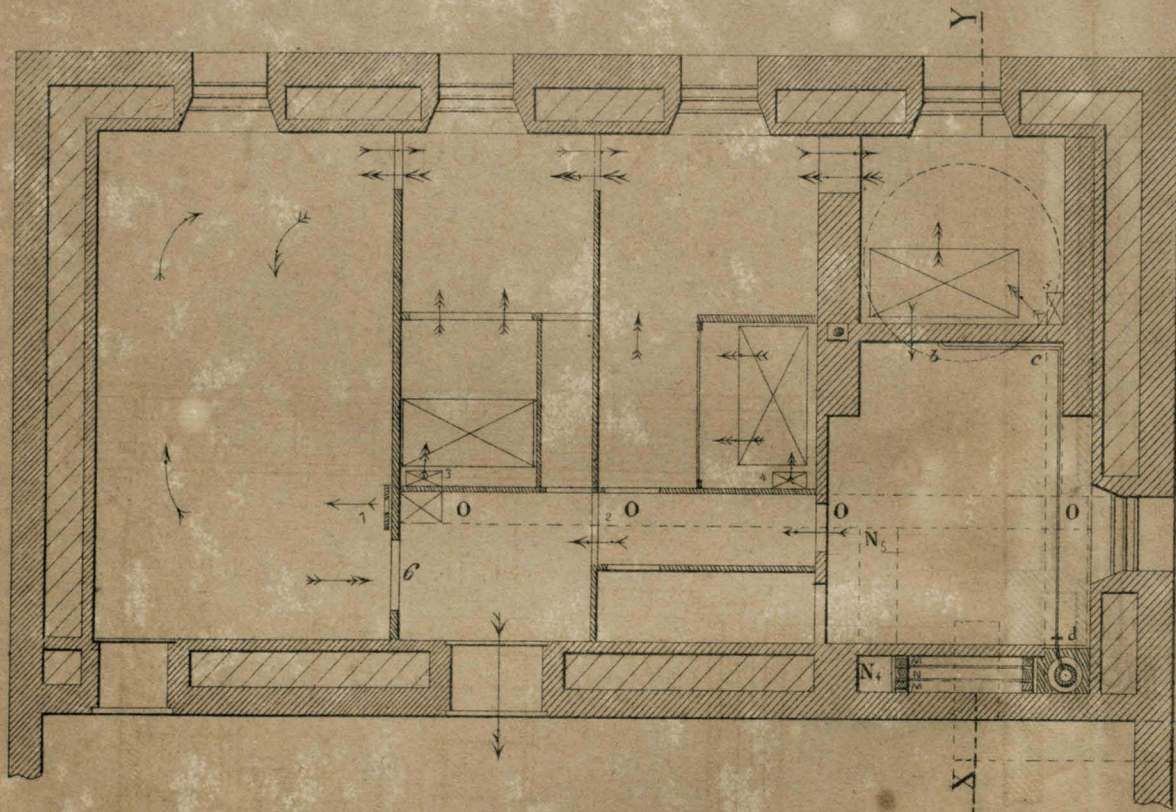
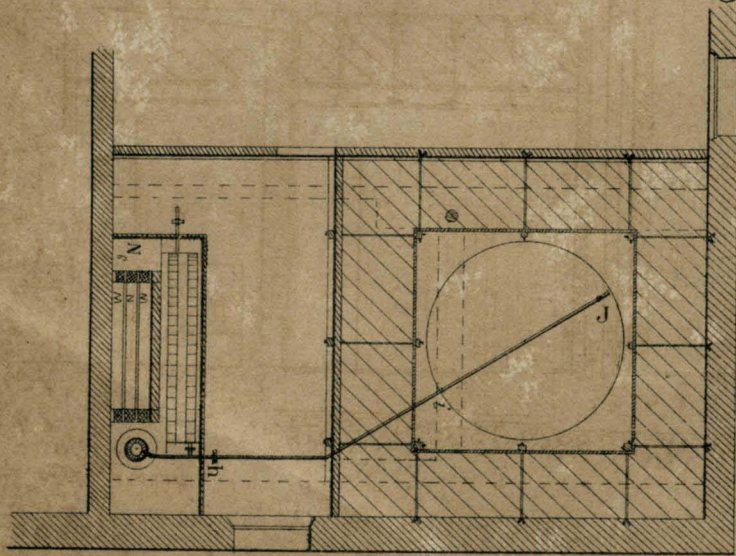
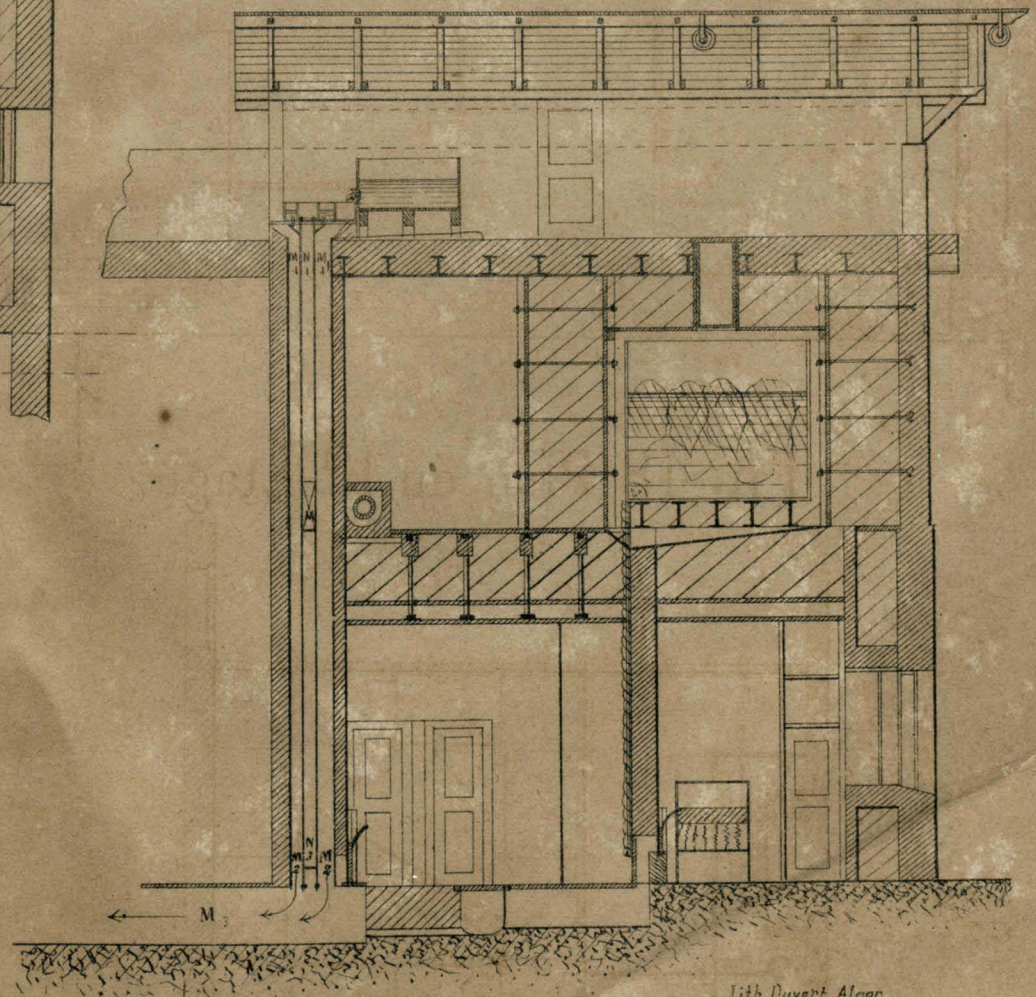


FIG. 48. Plan du 1<sup>er</sup> Etage



BIBLIOTHEQUE  
A. FRANCONIE  
CAYENNE

FIG. 49 Coupe XY



Lith. Duvert. Alger







Planche 13



FIG. 52

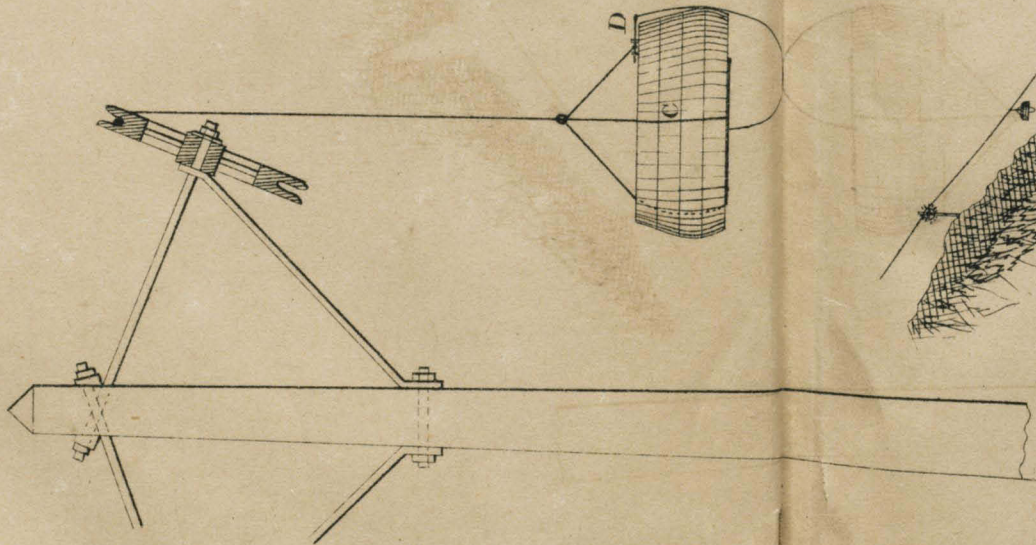
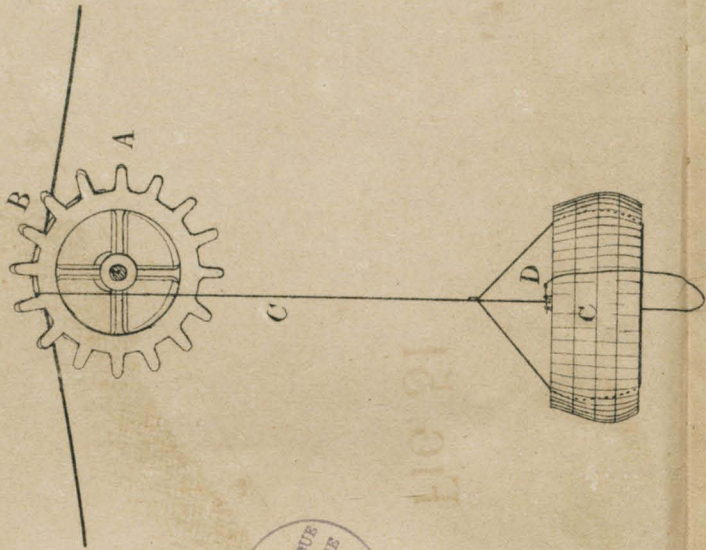


FIG. 53



BIBLIOTHÈQUE  
A. FRANCONIE  
CAPIENNE

FIG. 51

FIG. 51

