



échauffer l'eau qui alimente le vase ; on y parvient en conduisant cette fumée par des tuyaux de fer dans le réservoir de supplément ; ils doivent être nettoyés fréquemment.

La profondeur de l'eau dans les chaudières ne doit pas dépasser celle qui est nécessaire pour ne pas éprouver d'accident par suite d'une négligence dans la conduite du feu ; lorsque le chauffage doit se prolonger quelque temps , les chaudières profondes sont préférables ; elles retiennent beaucoup mieux la chaleur. Une masse considérable d'eau présente de l'avantage dans les machines à vapeurs , elle s'oppose aux oscillations qu'elles éprouvent : d'un autre côté , une chaudière profonde exige plus de temps pour porter l'eau à 100°, ce qui est un inconvénient dans le chauffage des manufactures , chambres, etc. ; la perte de chaleur est plus considérable , et l'eau exige une température supérieure pour entrer en ébullition.

L'espace que l'on doit laisser à la vapeur se mesure par la force des tuyaux que cette vapeur doit alimenter ; s'il est trop grand , il y a perte de chaleur à moins que celle qui s'échappe, ne soit employée à quelque objet utile ; en général , deux petites chaudières sont préférables à une grande. On les dispose à côté l'une de l'autre pour économiser les matériaux et perdre le moins possible de chaleur. Suivant Hassenfratz, la chau-

dière qui contient 11 pieds cubes d'eau, est la plus économique ; la profondeur doit être $\frac{1}{16}$ de la surface ; ainsi, lorsque cette dernière est 16 pieds, la première est de 1 pied. Ces proportions ne sont applicables qu'aux chaudières évaporatoires. Celles qui sont destinées à produire de la vapeur, doivent avoir 21 pieds de surface. Lorsque l'on se propose d'évaporer, on multiplie la surface ; mais dans une chaudière à vapeur, il y a peu d'avantage à l'étendre. Cette remarque est du célèbre Watt.

Les chaudières sphériques sont les meilleures ; car, à égalité de surface, elles sont plus spacieuses ; mais cette forme est difficile à obtenir. Le cylindre vient ensuite ; il partage une portion des avantages de la sphère : le fond convexe à l'intérieur présente peu de solidité, la même remarque s'applique aux côtés convexes. Lorsqu'ils sont concaves à l'intérieur, la chaudière se rapproche du cylindre, et sa puissance augmente d'autant plus.

Les accessoires d'une chaudière sont très-simples. Nous les examinerons ci-après.

Il convient de rappeler que la vapeur se forme dans une chaudière analogue à celles qui sont employées pour les pompes à vapeurs, et munies d'un appareil du même genre, pour renouveler l'eau. La chaudière doit être placée dans une situation avantageuse. Si le bâtiment à

échauffer ne peut la recevoir, il faut au moins qu'elle n'en soit pas éloignée. La vapeur circule dans les tuyaux à travers les pièces dont on se propose d'élever la température.

Des dimensions des chaudières.

C'est une chose très-importante dans la pratique, que de donner aux chaudières des dimensions bien proportionnées. On a reconnu qu'un pied cube en surface dans un vase de ce genre, suffit pour échauffer un espace de deux mille pieds cubes de 20 à 26°. MM. Houldsworth font usage d'une chaudière qui conviendrait par ses dimensions à une machine de vingt-un chevaux. Ils ne dépensent que la force de seize, il reste celle de cinq pour chauffer la filature, qui se compose de six étages, ayant chacun 116 pieds de long, 27 pieds 8 pouces de large et 9 pieds de hauteur, ou 28,884 pieds cubes. Or 28,884 multipliés par 6 égalent 173,304 pieds cubes. Le deuxième bâtiment représente une capacité de 76,696 pieds cubes. Total, 250,000 pieds cubes. Si on divise 250,000 par 5, on aura 5000 pieds cubes pour l'espace que peut chauffer une chaudière de la force d'un cheval.

Si l'on remarque actuellement que la puissance d'un cheval occupe 25 pieds cubes dans une chaudière, 50,000 pieds cubes divisés par



25, donnent 2000 pieds cubes pour l'espace chauffé par un pied cube de la chaudière.

Dans la filature de Linwood, chaque pied cube de la chaudière chauffe 2,500 pieds cubes. Nous pouvons donc affirmer que *un pied cube de chaudière* peut chauffer 2000 pieds cubes d'espace.

RÉSULTAT général donné par plusieurs bâtimens chauffés par la vapeur.

NOMS des filatures.	Matière des tuyaux.	Pieds cubes du bâtiment.	Pieds cubes de la chaudière.	Espace chauffé par un pied cube de la chaudière.	Pieds cubes d'espace chauffé par un pied de superficie du tuyau.	Température en degrés Fahr. et cent. dans la filature.
MM. H. Houldsworth et comp., an- cienne filature d'Anderston. . . }	Fonte.	250,000	. . . . .	2000	178	85°F 30°C
Lindwood.	Fonte.	300,000	120	2500	168	70 20
MM. Kennedy et Watts Johnston .	Fonte.	289,000	160	1180	160	75 24
Catrine.	Étain non peint.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	200	
Filature de M. Houldsworth (Tho- mas), à Manchester. }	Fonte.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	195	
Chapelle de Port-Glasgow.	Fonte.	60,000	10	6000	400	
Filature d'Adelphis. (Partie de) . .	Fonte.	49,140	. . . . .	. . . . .	182	65 18
Filature à Anderston.	Fonte.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	240	60 15
MM. Williams, King et fils, Johnston.	Fonte.	244,583	180	1303	200	70 20
Filature de Sym, Glasgow.	Étain.	100,395	. . . . .	. . . . .	160	72 22
Filature à Deanston, Doun.	Étain.	174,720	. . . . .	. . . . .	. . . . .
Douglas, Cook et comp.	Étain non peint.	55,296 16,848 65,934	250	552,3	98,6	72 22
MM. Houldsworth et Hussie.	Fonte.	96,798	. . . . .	. . . . .	165,2	87 31
Hôtellerie à Johnston . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	200	

DANS SES APPLICATIONS AUX ARTS.

183

ULTIMATE
VIRTUAL MUSEUM



Une chaudière séparée doit avoir des dimensions beaucoup plus considérables que celle qui sert tout à la fois à mettre en mouvement une machine et à chauffer un établissement. On en voit la raison.

Lorsque l'on s'est assuré de la grandeur de la chaudière, il est facile d'estimer la quantité de combustible qu'elle consomme. Boulton et Watt ont adopté la règle suivante pour leurs machines à vapeurs. Ils emploient quatorze livres environ de charbon de Newcastle par heure pour la force de chaque cheval. En général cependant il est bon d'en mettre un petit excès pour compenser le vice de construction des fourneaux, et la négligence des ouvriers.

De quelques accessoires des chaudières.

Ces différens accessoires se composent, 1°. de l'appareil pour fournir l'eau, 2°. des soupapes de sûreté, 3°. de l'indicateur, 4°. des robinets.

Appareil pour alimenter l'eau. Cet appareil a pour but de remplacer dans la chaudière l'eau qui s'est convertie en vapeur. Il se compose d'un réservoir placé au-dessus de la chaudière avec laquelle il communique par un tuyau vertical qui vient plonger dans ce vase, et se courbe légèrement à sa partie inférieure pour empêcher l'introduction de la vapeur. La partie supérieure du

tuyau est garnie , à l'intérieur , d'une soupape à laquelle s'adapte une corde qui est renvoyée sur une poulie , et aboutit à un flotteur placé dans l'intérieur de la chaudière : lorsque la quantité d'eau que celle-ci contient n'est plus suffisante , le flotteur agit par son poids , soulève la soupape , qui s'ouvre , donne passage au liquide du réservoir , qui entre dans la chaudière par le tuyau vertical ; lorsqu'il atteint son niveau il relève le flotteur , et la soupape se ferme : cette disposition ingénieuse est tout à fait analogue à celle que l'on voit dans l'appareil distillatoire de M. Desrosnes.

La seule précaution à prendre , est celle-ci : l'eau du réservoir doit être suffisante pour balancer la force de la vapeur , car si cette hauteur est trop faible , l'eau de la chaudière s'élèvera dans le tuyau vertical par la suite de la pression , et soulèvera la soupape : aussi lorsque la hauteur est bien calculée pour la plus grande force de la vapeur , ce tuyau fait l'office de soupape de sûreté.

L'eau du tuyau vertical est si élevée en température , que 2^{pi}.,4 en hauteur équivalent à la pression de la vapeur de 1 livre au-dessus de la pression atmosphérique. D'après cela :



Pour 1 l. par pouce carré, le tuyau et le réservoir auront une hauteur de	2,5 pieds.
pour 2 l.	5
pour 3 l.	7 $\frac{1}{2}$
pour 4 l.	10

On pourrait continuer cette proportion ; mais on ne doit jamais employer au de là de quatre livres de pression par pouce carré, car indépendamment du danger, il y a augmentation de dépense dans l'appareil et le combustible. La colonne de liquide calculée au moyen de cette table prévient tout accident qui pourrait résulter de la force de la vapeur, car l'eau s'élèvera dans le tuyau d'alimentation aussitôt que la pression surpassera celle qui a été calculée. Le tuyau vertical peut être assez large, et un petit tube plongeant au sommet de ce tuyau permettre à l'air extérieur de remplacer le vide formé, ou laisser dégager de l'eau surabondante.

Des soupapes de sûreté. On en distingue deux espèces : la soupape interne et la soupape externe, la première a pour but de s'opposer au brisement de la chaudière ou des tuyaux par la pression atmosphérique, lorsque le vide est formé par la condensation subite de la vapeur. La seconde est destinée à empêcher la chaudière ou les tuyaux de brûler lorsque la force de la



vapeur est trop considérable. On peut souvent employer quelques précautions qui rendent ces soupapes inutiles. L'une d'elles consiste à ne pas faire le robinet par lequel la vapeur se dégage dans les tuyaux assez juste pour fermer hermétiquement. Cette modification n'est pas un inconvénient, il y a même de l'avantage à chauffer lentement les tuyaux avant d'ouvrir complètement le robinet. La soupape interne ne devient nécessaire que pour les chaudières ou tuyaux qui sont assez minces pour supporter avec peine quatorze livres de pression par pouce carré; elle s'ouvre en dedans, elle est armée d'une corde qui s'enroule sur une poulie, et reçoit un poids dont la force se détermine par l'expérience. La soupape externe est très-simple, c'est une espèce de cône chargé d'un poids déterminé; elle se lève lorsque la vapeur a une force plus considérable que quatre livres par pouce carré, et permet le dégagement de la vapeur surabondante.

De l'indicateur. Il est quelquefois nécessaire de connaître l'état de la vapeur dans la chaudière, c'est l'objet de l'indicateur. C'est ordinairement un siphon de fer dont une branche communique à la chaudière et l'autre avec l'air libre. La courbure renferme un peu de mercure, et l'ascension de ce métal dans la branche libre indique la tension de la vapeur. Cet appareil est

peu utile ; mais voici un moyen propre à le remplacer : on juge de la pression de la vapeur par le ployement qu'éprouve une plaque circulaire en métal à canon qui est fixée entre deux anneaux plats de métal , et forme une partie de le chaudière. La pression intérieure élève le centre de la plaque et fait mouvoir un levier dont l'extrémité en se promenant sur un arc gradué en indique l'intensité.

Tubes de sûreté. On peut par ce moyen s'assurer exactement de la quantité d'eau que contient la chaudière. L'appareil se compose de deux tubes qui entrent verticalement dans le vase ; le premier arrive à trois ou quatre lignes du niveau de l'eau , le second au contraire plonge de cinq à six dans le liquide : lorsque l'un donne de la vapeur et l'autre de l'eau , la chaudière contient le liquide nécessaire , et suivant que les tubes donnent tous les deux de l'eau ou de la vapeur , on en conclut que l'eau est en excès ou insuffisante.



SECTION III.

De la grandeur que doivent avoir les tuyaux pour échauffer un espace donné.

On a reconnu, dans les filatures, qu'un pied de surface extérieure de tuyau suffit presque toujours pour échauffer deux cents pieds cubes d'espace; néanmoins ce résultat est un peu fort, et l'on n'en fait pas généralement usage. M. Houldsworth, dans sa manufacture d'Anderston, ne compte que 179 pieds cubes pour la quantité dont il vient d'être question, MM. Kennedy et Watt, à Johnston, se bornent à 168; mais la température habituelle de ces établissemens est beaucoup plus considérable que ne l'exigent les opérations. M. Machaught obtient, dans une petite chapelle de Post-Glasgow, une douce température avec deux pieds de surface de tuyau pour quatre cents d'espace.

Dans les exemples que nous venons de citer, la vapeur employée avait la même force que dans les machines de MM. Boulton et Watt (la soupape de sûreté doit être chargée d'environ deux livres et demie par pouce carré). Si la tension était plus grande, il n'est pas douteux que la vapeur émettrait plus de calorique, mais elle exercerait une trop grande pression sur les parois.

La nature des bâtimens indique les dimensions qu'il faut donner aux tuyaux ; elles doivent être plus ou moins considérables suivant que les pièces à échauffer sont plus ou moins exposées aux vents froids, qu'elles sont bien fermées, que les murs sont plus épais et que la température doit être plus ou moins grande.

Quand on connaît, 1°. la température la plus froide de l'air extérieur ou de l'air qui fournit la ventilation ; 2°. la température à laquelle on se propose de maintenir la salle ; 3°. la quantité d'air que l'on doit élever par minute, de la température extérieure à celle de la salle pour fournir à la ventilation, on peut facilement calculer la surface des tuyaux nécessaire pour maintenir une salle à une température donnée.

Règle. Multipliez les pieds cubes d'air à échauffer pour fournir à la ventilation et à la perte de chaleur, par la différence qu'il y a entre la degré de chaleur de la salle et celui de l'air extérieur. 2°. Divisez le produit par 2 fois la différence entre 93° température moyenne, et la température de la salle. Le quotient donnera la quantité de tuyaux en fonte capable de maintenir la salle au degré voulu. Cette règle est applicable à tous les chauffages à la vapeur en employant les conduits de fonte ; nous en donnerons des exemples nombreux.

Cherchons actuellement à calculer la dépense

de combustible occasionée pour une surface donnée de tuyau; cette estimation nous conduira à la dépense moyenne dans la saison intermédiaire. Ce dernier calcul ne peut être aussi exact, parce qu'il dépend de la variation de l'atmosphère, mais on peut prendre les observations d'une saison, et estimer la température moyenne qu'elle a eu pendant plusieurs années.

Si l'eau condensée retourne à la chaudière, le combustible qui amène un pied cube d'eau de la température moyenne à celle de l'ébullition sera suffisant pour échauffer 26 pieds de surface en tuyaux de fonte pendant une heure, si la température de la salle doit être maintenue à 15° ; et en admettant que l'eau fournie à la chaudière soit à 12° , on peut s'assurer que 7×26 ou 182 pieds de tuyaux condenseront un pied cube d'eau par heure.

Si la salle doit être maintenue à 27° , la même quantité de combustible donnera une chaleur suffisante pour alimenter 30 pieds de surface de tuyaux pendant une heure, et 210 pieds de tuyaux condenseront un pied cube d'eau dans le même temps, si l'eau fournie à la chaudière est à 12° .

Si la salle doit être maintenue à 38° , le même combustible alimentera 36 pieds de tuyaux pendant une heure, et 252 pieds de tuyaux con-





denseront un pied cube d'eau dans le même temps.

Nous avons vu que le charbon susceptible de produire cet effet est 1,2 livres, mais cette quantité est $\frac{1}{70}$ de boisseau, donc un boisseau de charbon de Newcastle par heure alimentera

1820	pieds de surface dans une salle à	15°
2100	. . . . .	27
2520	. . . . .	38

Si l'eau condensée ne peut revenir à la chaudière, on perdra environ $\frac{1}{12}$ de la chaleur, et conséquemment ces surfaces doivent être diminuées de $\frac{1}{12}$.

La perte de chaleur éprouvée par la chaudière est encore un élément qui doit entrer dans le calcul. Si on ne peut la prévenir entièrement, on doit la compter comme faisant partie des tuyaux de conduite. Conséquemment, si la chaudière est placée dans un lieu plus froid que celui où circulent les tuyaux, le calcul se fera séparément pour cette partie de l'appareil. Dans ce cas la perte de chaleur est quelquefois supérieure à celle qui résulte de l'alimentation des tuyaux; on peut admettre comme règle générale qu'une chaudière de 70 pieds de surface, exposée dans un milieu à 0°, perd un boisseau de charbon en 24 heures.



La surface des tuyaux calculée, nous avons un moyen très-facile de connaître le combustible nécessaire pour fournir la vapeur.

Nous avons vu que 1 livre $\frac{2}{10}$, ou $\frac{1}{5}$ de boisseau de charbon, met en ébullition 1 pied cube d'eau, ou échauffe 26, 30 ou 36 pieds de surface de tuyau, suivant que la salle doit être maintenue à 15, 27 ou 38°. Il résulte de là que 1 boisseau de charbon suffira pour 1820, 2100, 2520 pieds de surface pour ces mêmes températures; on en déduit la règle suivante :

Règle. Si toute la surface des tuyaux est divisée par 1820, le quotient donnera les boisseaux ou les fractions de boisseau qui seront nécessaires pour une heure lorsqu'une salle est maintenue à 15°. On divisera par 2100 si la salle est maintenue à 27°, et enfin par 2520 si elle est à 38°.

Exemple.

Une salle est maintenue à 38° au moyen de 580 pieds de tuyaux, quelle quantité de charbon de Newcastle faudra-t-il pour continuer cette température pendant 10 heures? Nous aurons

$$\frac{580}{2520} = 0,23$$

pour une heure, et conséquemment $10 \times 0,23 = 2$ boisseaux $\frac{3}{10}$ pour alimenter les tuyaux pendant 10 heures. Il sera souvent nécessaire de connaître la quantité d'eau condensée dans

un temps donné, surtout lorsque cette eau ne retourne pas à la chaudière, parce qu'alors celle de supplément doit former un courant régulier. Or nous avons donné plus haut les quantités de tuyaux qui condensent un pied cube d'eau à des températures données; et, lorsque toute la surface des tuyaux est connue, il suffit de la diviser par celle qui condense un pied cube d'eau; le quotient donnera le nombre de pieds cubes cherché.

Si l'on veut calculer la dépense des combustibles pour une saison, le problème exige deux divisions, et se résout plus facilement en prenant la quantité d'air à échauffer, 1°. lorsque le feu doit être maintenu constamment, 2°. lorsque le feu ne doit être maintenu qu'un certain nombre d'heures pendant la journée. Dans le premier cas, la quantité d'air à échauffer sera égale à celle qui est nécessaire pour compenser la ventilation et la perte de chaleur. Nous donnerons plus loin cette estimation en pieds cubes; et, puisqu'il y a 1440 minutes dans un jour, 1440 fois ce nombre de pieds cubes sera la quantité journalière d'air à échauffer dans une salle maintenue à 13°; le nombre de jours de froid l'un portant l'autre est d'environ 220, on aura donc

$$220 \times 1440 = 316800.$$



La température moyenne des 220 jours est environ 5° , et conséquemment l'élévation moyenne à produire est $13^{\circ} - 5^{\circ} = 8^{\circ}$. Si l'on multiplie cette dernière quantité par 316,800, on aura 2,534,400 fois la quantité d'air qui remplace la ventilation et la perte de chaleur pendant une minute, que l'on doit échauffer de 1° dans la saison froide; or 0,262 livres de charbon de Newcastle, élèvent un pied cube d'air de 1° environ; nous pouvons en conclure la dépense du combustible pendant la saison.

De la substance et de la surface des tuyaux.

On a essayé de construire les tuyaux en étain; on supposait qu'ils seraient plus économiques et plus avantageux, parce qu'ils étaient plus minces que ceux de fonte; on pensait qu'ils émettraient plus rapidement la chaleur. On a fait aussi des tentatives avec le cuivre; mais ce métal échauffé répand une odeur qui est probablement aussi malsaine que désagréable. On a reconnu qu'une surface de fonte était des trois celle qui échauffait davantage.

M. Houldsworth a fait quelques expériences pour déterminer la différence que présentent l'étain laminé et la fonte dans la puissance d'émission, et il s'est assuré, en mesurant la quantité de vapeurs condensées dans des longueurs

égales de tuyaux ou, en d'autres termes, en mesurant l'eau de condensation, qu'en prenant pour 1 le pouvoir du premier métal, celui de la fonte était $2 \frac{3}{4}$.

Une des pièces d'une filature de coton à Glasgow qui était chauffée par des tuyaux d'étain laminé, ne pouvait acquérir la température convenable ; aussitôt que cette difficulté fut présentée à Buchanan, il peignit les tuyaux en noir, et l'augmentation de chaleur que l'on obtint surpassa son attente. Ce résultat conduit à penser que l'effet produit par la fonte est moins dû à la nature de cette substance qu'à celle de sa surface, dont la couleur exerce aussi une grande influence. Il serait à désirer que quelqu'un reprit le sujet et s'assurât si cet effet est dû à la couleur et aux aspérités, ou aux aspérités seulement. M. Houldsworth, qui a fait des essais sur des tuyaux de fonte peints de diverses couleurs, n'a pas remarqué de différences dans la température qu'ils produisent. Il paraît en général que lorsque les tuyaux sont également fonés en couleur et également couverts d'aspérités, ceux d'étain émettent plus que ceux de fonte.

De toutes les substances métalliques dont on a fait l'essai, la fonte est celle qui est la plus avantageuse et qui dure davantage ; il paraît même, sous ce dernier rapport, que c'est la seule qui puisse être employée avec succès : aussi est-elle



généralement adoptée ; cependant quelques personnes préfèrent encore l'étain comme étant moins cher , plus facile à travailler et ayant une puissance d'émission aussi considérable lorsqu'il est recouvert d'une couche de peinture.

De l'épaisseur et de la forme des tuyaux.

Les tuyaux ne doivent être ni trop épais ni trop minces : trop minces , ils fléchissent sous leur propre poids ; trop épais , ils ne prennent que difficilement une température uniforme , attendu qu'ils sont composés de substances qui ne conduisent que d'une manière imparfaite , et que la chaleur ne leur est appliquée que d'un côté. La transmission s'opère d'autant plus lentement , qu'il n'y a aucune substance qui soit parfaitement conductrice.

L'épaisseur des tuyaux dépend de leur forme. Ceux qui sont en fonte ou en étain doivent être cylindriques , et ne pas dépasser $\frac{3}{8}$ de pouce. Cette forme est préférable , attendu qu'elle donne plus de force , et répand la chaleur d'une manière plus uniforme. Dans les salles , les escaliers , les antichambres et les galeries , ces tuyaux se cachent dans la maçonnerie. Les statues , les colonnes , les piliers , les vases , tout , en un mot , peut servir à distribuer la chaleur.

Quant à l'expansion et au mode de réunion

des tuyaux, nous avons donné précédemment une table de la dilatation des principales substances solides; elle peut servir dans la pratique, puisque les tuyaux ne sont jamais amenés à une température supérieure à 100° ou inférieure à 0° .

Cette table indique que la longueur d'un tuyau de fonte étant 1 à 0° , sera 1,00111 au point d'ébullition. La dilatation est un peu plus de $\frac{3}{8}$ de pouce pour 10 pieds de longueur, mais cette estimation est suffisante dans la pratique.

Le fer malléable se dilate de 0,001258, c'est à peu près $\frac{3}{8}$ de pouce pour 8 pieds de long. L'étain suit une loi peu différente.

L'expansion du cuivre est 0,0017; on pourra donc allouer $\frac{3}{16}$ de pouce pour 10 pieds de longueur.

Le plomb se dilate plus que le cuivre; son expansion est 0,002867. On peut accorder $\frac{3\frac{1}{2}}{10}$ de pouce pour 10 pieds de longueur; mais les tuyaux de plomb peuvent très-bien servir à conduire le liquide condensé dans la chaudière, et, dans ce cas, $\frac{3}{5}$ de pouce est suffisant pour 10 pieds de longueur.

Nous avons cherché à réduire cette expansion en nombre simple, parce qu'il est important pour les ouvriers de l'avoir constamment dans la mémoire. Aucune matière ne peut résister à



cette expansion, et dans le cas où on voudrait s'y opposer, les joints seraient rapidement rompus. En général, l'expansion doit être aussi libre que possible.

Les tuyaux horizontaux sont plus chauds à la surface supérieure. Cette expansion inégale leur donne une légère courbure, mais elle n'entraîne pas de bien grands dérangemens. On la néglige dans la pratique.

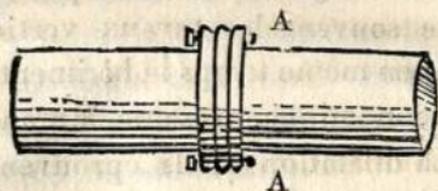
Dans le chauffage des bâtimens par la vapeur, on emploie souvent des tuyaux verticaux qui soutiennent en même temps le bâtiment. Ce procédé, plus économique, présente de grands inconvéniens. La dilatation qu'ils éprouvent désunit les plafonds, et puis ces tuyaux sont très-forts; ils donnent moins de chaleur et s'élèvent plus lentement à la température voulue. En général, l'appareil doit être indépendant du bâtiment, les réparations se font alors sans endommager les parties essentielles, et cet avantage compense et au-delà les dépenses qu'exige la construction.

De la jointure des tuyaux.

L'usage des tuyaux de fonte présente des difficultés pour leur connexion, mais moins qu'on ne l'imagine. Les bourrelets doivent être impénétrables à la vapeur, et légèrement élastiques;

cette dernière propriété les rend moins sujets aux accidens.

En général, la jonction doit se faire à frottement, sans cela l'expansion les rendrait bientôt perméables à la vapeur. Le procédé le plus ordinaire s'exécute comme l'indique la figure. Chaque joint est garni de filasse que l'on a imbibée d'huile fortement lithargérisée. La connexion devient plus intime au moyen des écrous A, A.



On peut cependant objecter que cette jointure répand une odeur désagréable que dégage l'huile dont on fait usage : aussi plusieurs procédés ont-ils été proposés, pour les lieux habités surtout. On se sert également d'une feuille d'étain circulaire d'environ $\frac{3}{8}$ de pouce en épaisseur ; on la dispose au degré de température convenable, on serre au moyen des écrous, on exerce une forte compression et on rend ainsi la jointure parfaitement imperméable. Le plomb est trop compressible, son usage doit être abandonné. Enfin, on a proposé un ciment fait avec de la limaille de fer, du sel ammoniac et du sou-



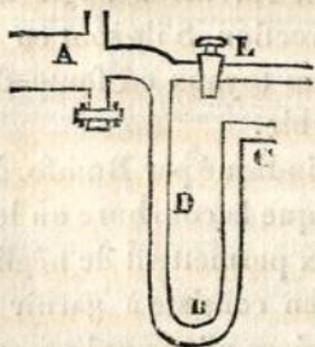
fre ; mais , en général , toutes les fois que l'on pourra se servir de la filasse , on devra l'employer de préférence à toute autre matière .

Les joints dont on se sert pour les tuyaux destinés à l'écoulement conviennent peu aux tuyaux à vapeur , parce que dans ce cas il n'existe rien pour les lier ensemble . La même réflexion s'applique aux diverses espèces de joints à *cosse de fer* . Les tuyaux peuvent être courbes , pourvu que la longueur soit peu considérable ; ils peuvent également revenir à angle droit ou dans toute autre direction . S'ils sont en fer travaillé , on les lie à des tuyaux en fonte d'un diamètre plus considérable .

Le procédé indiqué par Rumford est appliqué toutes les fois que la courbure ou les angles donnés aux tuyaux permettent de négliger la dilatation . Ce moyen consiste à garnir ceux-ci d'un tambour de cuivre mince qui permet à l'expansion de se faire sans l'endommager . Ces tambours ont été employés avec succès dans l'appareil à vapeur construit pour le chauffage des salles de l'institution royale de Londres .

Lorsque l'on peut disposer la chaudière à la partie inférieure de l'appareil , on doit y faire revenir l'eau condensée . Cette disposition économise le combustible et le liquide , chose assez importante , surtout dans les endroits où l'eau est rare . Quelquefois cependant on a de l'avan-

tage à la conserver dans les tuyaux pour obtenir de la chaleur lorsque la vapeur cesse d'arriver. Dans ce cas on dispose des robinets de décharge qui peuvent également servir au dégagement de l'air lorsqu'on met l'appareil en activité. L'ouvrier chargé de la conduite du foyer les ouvre à la formation de la vapeur, et les ferme lorsqu'elle est entrée dans les tuyaux. Dans plusieurs établissemens chauffés à la vapeur, on se sert pour le conducteur d'un syphon renversé.



A B C représente un syphon de cette espèce. Les tuyaux sont fixés de manière que A est la partie inférieure. Dans ce cas, s'il se rassemble de l'eau dans le tuyau, elle coulera en A et reviendra en C. La profondeur A B ne doit pas être inférieure à la force de la vapeur dans les tuyaux : ainsi, lorsque celle-ci est soumise à quatre livres de pression par pouce carré, la colonne d'eau B C ne doit pas être inférieure à dix pieds, et même dans ce cas il y a des oscil-

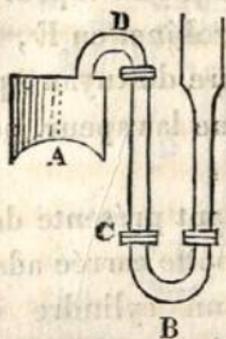


lations que l'on arrête en partie par une soupape placée en D. Lorsque les branches du syphon sont remplies d'eau et en repos, cette soupape doit s'ouvrir et se fermer hermétiquement si l'eau tend à revenir dans le tuyau. Ce syphon doit être assez grand pour contenir facilement l'eau de condensation, mais il ne doit pas être de dimensions excessives, attendu qu'il y aurait perte de chaleur dans la branche AB qui se remplirait de vapeurs. On est dans l'usage de joindre à ces syphons un robinet, qui permet à l'air de se dégager, lorsque la vapeur s'introduit. La figure indique ce robinet en E, et correspond à la partie inférieure du tuyau, parce que l'air, étant plus dense que la vapeur, occupe la partie la plus basse.

Le procédé suivant présente de grands avantages. On a une boîte carrée adaptée à l'extrémité du tuyau; un cylindre de cuivre qui est creux, est fixé à une soupape conique. Lorsque la vapeur est condensée, la boîte se remplit d'eau, et le cylindre flotte; conséquemment le liquide s'écoule par le tuyau, toutes les fois que l'eau de la boîte donne lieu au flottage du cylindre: dans le cas contraire la soupape se ferme. On adapte aussi un robinet pour le dégagement de l'air. Si l'on veut, au contraire, ramener l'eau dans la chaudière, on y parvient facilement, en donnant aux tuyaux une pente

légère. Cette disposition est souvent désavantageuse, car ce retour de l'eau s'oppose en partie au passage de la vapeur.

Ces arrangemens sont inutiles toutes les fois que les localités ne permettent pas de disposer la chaudière à la partie inférieure. Mais on sait que la vapeur peut supporter une colonne d'eau d'une hauteur déterminée ; conséquemment, toutes les fois qu'il sera possible de se tenir dans les limites de cette hauteur, on pourra profiter de ce moyen pour conduire l'eau à un niveau supérieur.



Soit A la chaudière qui doit recevoir l'eau, B la partie inférieure du tuyau, et AB le tuyau qui conduit l'eau à la chaudière ; on dispose en C une soupape qui arrête le retour de l'eau amenée dans la partie C A. On conçoit alors que le point D peut être au-dessus du niveau de la chaudière, et la hauteur DB ne doit pas dépasser neuf pieds, lorsque la pression de la vapeur est de quatre livres par pouce carré.



Sur la concentration de la chaleur.

Il est important de s'opposer à la déperdition de la chaleur que l'on transporte d'un lieu à un autre. Rumford et Leslie en ont cherché les moyens. Le premier conseille de concentrer la chaleur par des matières peu conductrices ; le deuxième a fait connaître les effets de l'alternation des surfaces. Ces deux moyens doivent être combinés dans la pratique.

Les matières peu conductrices doivent être sèches, et garanties de tout accès d'humidité ; l'eau qu'elles absorbent est retenue avec force et augmente leur puissance conductrice. Les substances que l'on emploie avec succès sont : la paille, le charbon en poudre, les cendres, la sciure, le son, la chaux et la brique en poudre. L'épaisseur que l'on donne à la couche qui enveloppe les tuyaux varie avec le degré de chaleur, mais elle ne doit pas surpasser deux ou trois pouces. Ces matières ne doivent jamais être comprimées, quelquefois elles sont placées dans un tuyau de bois, et si l'on craint l'humidité, dans un tuyau en métal, en pierre, etc., etc.

Les solides peu conducteurs présentent souvent de l'avantage, tels sont le liège, plusieurs autres bois, les briques légères, les pierres, le tuf, les concrétions stalactites, la pierre ponce. Lorsque ces substances doivent empêcher la perte

de la chaleur dans l'air extérieur, elles sont revêtues d'une matière imperméable. On a préconisé la brique; mais il est certain qu'on doit employer cette matière le moins possible, car son affinité pour l'eau est si considérable, qu'elle l'élève de trois à cinq pieds, lorsqu'elle est placée sur une base humide.

Les liquides renfermés sont très-mauvais conducteurs, et les fluides élastiques le sont encore plus, leur puissance conductrice diminue avec leur densité: aussi le comte de Rumford fit des couvercles doubles aux chaudières, et M. Watt fit construire des doubles enveloppes pour les cylindres de ses machines.

Les doubles châssis sont très-utiles pour s'opposer à la déperdition de la chaleur. La laine et le coton secs remplissent le même but. Un tuyau renfermé dans un autre, et tenu au centre par des matières peu conductrices, conserve très-bien la chaleur; quelquefois même on forme une très-bonne ventilation, en disposant un courant d'air entre ces tuyaux. On peut remarquer cependant que dans ce cas la différence de niveau entre l'entrée de l'air et la sortie doit être assez considérable.

Les tuyaux qui doivent passer sous terre seront disposés dans un lieu sec. On peut construire une tranchée, remplir l'intérieur de briques pilées, de petites pierres, entourer le cylindre



de cendres sèches à trois pouces , et le recouvrir d'une couche d'argile ; la profondeur à laquelle on place ces tuyaux , doit les garantir de tout dérangement extérieur.

De la ventilation et des causes de la perte de la chaleur.

Une atmosphère pure est nécessaire à la santé ; cette assertion n'a pas besoin de preuve : mais il peut être avantageux de rechercher les causes qui rendent l'air impropre à la respiration. On a remarqué depuis long-temps que sa salubrité dépend de la proportion d'oxygène qu'il contient , et cette proportion se retrouve dans tous les airs exposés à l'influence des vents ; mais il est probable qu'elle n'existe pas dans l'atmosphère des hôpitaux , des théâtres , etc. , etc. , dont la ventilation est imparfaite. Les chimistes n'ont pu en saisir la différence ; cependant Seguin a analysé de l'air pris dans un hôpital , dont l'odeur était très-désagréable ; il n'observa rien dans sa composition qui le distinguât de l'air ordinaire. Les recherches de Priestley , de Marti , de Gay-Lussac , etc. , n'ont pas eu d'autres résultats ; toutes tendent à établir que la composition de l'air est partout la même. Si l'on admet ces expériences comme exactes , on est obligé d'en conclure qu'il existe dans l'atmosphère une substance délétère que la chimie ne peut

saisir ; mais l'existence de ce corps nous est démontrée de la manière la plus terrible par les ravages qu'il exerce sur ceux qui le respirent , et dans les changemens qu'éprouvent ces individus lorsqu'ils sont transportés dans un air plus pur.

De la ventilation et de la perte de la chaleur dans les salles échauffées.

De la ventilation. Les chimistes nous ont donné , pour arrêter la détérioration de l'air dans les salles habitées , un moyen préférable à tous les eudiomètres connus. Ils ont démontré que dans l'acte de la respiration , un homme consomme environ 8 pouces cubes d'oxygène par inspiration , et qu'en général ce gaz est remplacé par un volume égal d'acide carbonique. D'un autre côté , nous savons que l'air renferme environ $\frac{1}{5}$ d'oxygène ; il résulte de là qu'un homme vicie à peu près par inspiration 40 pouces cubes d'air. Le nombre des inspirations est de vingt par minute ; l'homme inspire et expire quarante pouces cubes à chaque respiration. La quantité totale d'air vicié en une minute par son passage dans les poumons est donc de 800 pouces cubes.

L'homme exhale aussi dans l'acte de la respiration une quantité considérable de vapeurs. Les expériences tentées sur cette partie ont don-



né des résultats qui varient considérablement. Hales a trouvé 7 grains; le docteur Thomson 6; Seguin et Lavoisier un peu plus de 7 grains, et enfin, d'après le docteur Murray et M. Abernety, cette quantité serait de 3 grains. Nous pouvons prendre 6 grains, comme s'écartant peu de la vérité; il est probable que ce nombre est exact, puisque 6 grains de vapeur saturent 800 pouces cubes d'air à la température ordinaire de la respiration. Si l'air qui sort des poumons n'en contenait pas cette quantité, il ne s'élèverait pas à sa sortie.

Le gaz et les vapeurs se mêlent intimement lorsqu'elles sont en contact; il est donc important, 1°. que la ventilation soit continuelle; 2°. que les gaz délétères soient chassés immédiatement après leur formation; 3°. que le ventilateur soit placé vers le sommet de la salle; 4°. que l'air pur soit introduit par la partie inférieure pour éviter son mélange avec les gaz délétères.

Il existe encore d'autres causes qui vicient l'air que nous respirons; car il paraît qu'un homme exhale par la transpiration insensible de 12 à 30 grains de vapeur par minute. Lavoisier et Seguin ont porté cette quantité à 15. On a également observé que l'air qui a été quelque temps en contact avec la peau se transforme en acide carbonique. On peut, sans crainte d'erreur, assurer que la quantité d'air vicié par cette cause

n'est pas bien connue, mais qu'il est essentiel d'introduire autant d'air dans la salle que l'humidité exhalée dans le même temps peut en saturer, et si nous admettons que cette humidité soit de 18 grains par minute, on en conclura qu'il est nécessaire de changer 3 pieds cubes d'air par minute pour chaque individu qui se trouve dans la salle.

L'air d'une salle est également vicié par diverses autres causes, parmi lesquelles on peut citer les chandelles, les lampes, etc., etc. Il paraît que la quantité d'oxygène consommé par une seule chandelle rend impropre à la respiration de 180 à 300 pouces cubes d'air atmosphérique, et nous ne pouvons accorder moins de $\frac{1}{4}$ de pied cube d'air par chaque individu pour ces causes d'impureté. Il faut également observer que la chaleur augmente l'exhalaison des matières nuisibles, et conséquemment la ventilation doit augmenter avec l'élévation de température.

Les causes que nous venons de signaler suffisent pour démontrer de quelle importance est la ventilation. Nous devons examiner actuellement les moyens de la produire, les quantités nécessaires, les issues à établir pour dégager l'air vicié, et enfin le lieu où doit entrer l'air pur. La quantité dépend évidemment du nombre des individus; or les résultats précédens donnent :



- 1°. Air vicié par la respiration. 800 pouc. cub.
 2°. *idem.* par la transpiration habituelle, 3 pieds cub. 5184 *idem.*
 3°. *idem.* par les lumières,
 $\frac{1}{4}$ pied cube. 432 *idem.*

Total. 6416 pouc. cub.

On doit donc à fort peu près changer 4 pieds cubes par minute pour chaque individu présent dans une salle.

Cet air sera plus chaud que l'air environnant ; le gaz acide carbonique est à la vérité plus lourd que l'air atmosphérique ; mais son mélange avec l'azote et les vapeurs exhalées, forme un masse plus légère, qui vient occuper les parties supérieures de la pièce. L'issue la plus convenable est donc au sommet de la salle, dont la forme la plus avantageuse est une voûte au centre de laquelle est placée une ouverture circulaire. On régularise l'action de celle-ci au moyen d'un registre, qu'on met en mouvement par une corde roulée sur une poulie, et à laquelle est attaché un poids que l'on augmente ou diminue à volonté. Cette méthode est analogue à celle qu'employaient les Romains pour régulariser la température du Laconicum (*).

(*), Vitruve, liv. 5, chap. 10.

La force de la ventilation dans une salle doit être calculée sur le nombre d'individus qu'elle peut contenir.

Nous avons vu que 4 pieds cubes sont nécessaires pour chaque individu ; en conséquence, si une pièce contient deux cents personnes , il faut pouvoir changer 800 pieds cubes d'air par minute , ou un peu moins que la quantité qui remplirait une salle de 9 pieds carrés et d'autant de haut. Pour quatre cents personnes , on doit renouveler 1600 pieds cubes par minute , etc. , et ainsi de suite. Si l'on examine actuellement les ventilations établies dans les salles de spectacle , on ne doit pas être surpris de l'odeur fétide qu'elles exhalent. Dans l'estimation que nous avons donnée , nous n'avons pas , à la vérité , pris les résultats les plus faibles , et nous ne prétendons pas que les ventilateurs que l'on construira aient cette régularité ; mais peut-être ces idées , si elles se répandent , tourneront au profit de l'espèce humaine.

La saison la plus difficile pour une bonne ventilation est l'été , et nous pouvons considérer que la température d'une salle pleine , ne devrait pas excéder 6° au dessus de l'air extérieur. Dans ce cas on peut établir cette règle pour la surface des tuyaux de ventilation :

Règle. Multipliez le nombre de personnes que la salle contient par quatre , et divisez ce



produit par 43 fois la racine carrée de la hauteur du tuyau en pieds ; le quotient sera la surface en pieds du tuyau ou des tuyaux de ventilation.

Par hauteur du tuyau, nous entendons la distance du plancher de la salle, au point de dégagement dans l'air extérieur, et en général les tuyaux, s'il y en a plusieurs, doivent être de la même hauteur.

L'entrée pour l'air peut être placée près du sol ou dans l'aire de la chambre, et doit avoir des dimensions égales à celles de l'issue, car la différence de deux airs dont la température diffère de 6° n'est que de $\frac{1}{48}$ (*).

Les exemples pratiques qui seront exposés plus loin, exigent que l'on connaisse la quantité d'air qui s'échappe par les issues pratiquées dans une salle. Voici le moyen de la déterminer : nous connaissons, 1^o. l'aire de l'issue, 2^o. la hauteur à laquelle est placée cette ouverture, 3^o. la différence de température entre la salle et l'air extérieur ; appelons a , h et $(t-x)$, ces quantités respectives, et désignons par B le nombre de pieds cubes qui s'échappent par minute, nous aurons la relation suivante entre ces quantités.

(*) Cette règle, ainsi que les précédentes, est le résultat de calculs algébriques fondés sur les principes de mécanique, dont le développement ne peut entrer dans cet ouvrage.

$$\frac{B}{300} \sqrt{\frac{450 + t}{h(t-x)}} = a.$$

Si la différence de température est 3°, cette formule devient

$$\frac{B}{30 \sqrt{h}} = a.$$

Si la différence de température est 6°, cette formule devient

$$\frac{B}{45 \sqrt{h}} = a.$$

Si la différence de température est 17°, cette formule devient

$$\frac{B}{75 \sqrt{h}} = a.$$

Si la différence de température est 30°, cette formule devient

$$\frac{B}{100 \sqrt{h}} = a.$$

Ces données suffiront toujours dans la pratique, et la différence la plus ordinaire est de 15 à 18°, auquel cas la troisième formule est applicable. Ces équations donneront

$$1^{\text{er}} \text{ cas, } t - x = 3^{\circ} \quad B = a \times 30 \sqrt{h},$$

$$2^{\text{e}} \text{ cas, } t - x = 6^{\circ} \quad B = a \times 45 \sqrt{h},$$



$$3^{\text{e}}. \text{ cas , } t - x = 17^{\circ} \quad B = a \times 75 \sqrt{h},$$

$$4^{\text{e}}. \text{ cas , } t - x = 50^{\circ} \quad B = a \times 100 \sqrt{h},$$

dans lesquels a est la surface de l'ouverture, h la hauteur à laquelle est située l'ouverture au dessus du sol, et B le nombre de pieds cubes d'air dégagé par minute.

De la perte de chaleur. Chaque individu exige une ventilation de quatre pieds cubes par minute, cet air enlève une chaleur proportionnelle à la différence qui existe entre la température de l'air extérieur et celle de la salle; la fermeture et l'ouverture des portes en emportent également une grande partie, sans augmenter la ventilation, mais en général ces dernières causes influent peu et peuvent se négliger dans la pratique. Il n'en est pas de même pour les défauts de jointures autour des croisées et des portes, il s'échappe une quantité notable d'air par ces ouvertures, et le calcul démontre qu'elle s'élève dans les froids violens jusqu'à onze pieds par minute, par chaque porte ou fenêtre extérieure. Les portes intérieures enlèvent de la chaleur, mais en quantité assez faible pour qu'on puisse la négliger dans la pratique.

Les parties solides, les murs, les planchers et voûtes d'une salle, ne prennent qu'une faible quantité de chaleur lorsqu'ils sont échauffés et qu'ils sont en bois, en plâtre, etc., et en général



de substances peu conductrices. Le verre des fenêtres laisse échapper la chaleur en quantité considérable, nous devons donc considérer l'effet de l'air extérieur sur cette substance.

Pour déterminer la chaleur transmise par minute à travers le verre, on peut employer avec avantage le calcul de la quantité d'air qui est ramené de la température de la salle à celle de l'air extérieur. Les principes développés à l'article *Refroidissement* s'appliquent à cette question. Ils démontrent que la quantité d'air refroidi dans un temps donné, est simplement proportionnelle à la surface du verre exposé à l'air extérieur, elle sera constante par conséquent quelle que soit la variation de la température. Ce résultat est une suite de ce principe, que la quantité de chaleur dégagée est comme l'excès de la température du corps qui émet la chaleur.

Règle. Si la surface du verre est multipliée par 1,5, ce produit exprimera le nombre de pieds cubes d'air par minute qui sera ramené de la température de la salle à celle de l'air extérieur.

Les diverses règles que nous avons données nous conduisent à une autre règle générale qui est suffisamment exacte pour la pratique.

Règle. Dans les bâtimens publics, salles, etc., la quantité d'air en pieds cubes à chauffer par minute, est égale à quatre fois le nombre des



personnes, ajouté à onze fois le nombre de fenêtres, de portes extérieures, et à une fois et demie la surface en pied du verre exposé à l'air extérieur. La somme sera la quantité que l'on devra compter pour l'estimation des tuyaux nécessaires à l'échauffement.

Si les fenêtres sont doubles et assez hermétiquement fermées pour arrêter tout mouvement de l'air entre deux, on calculera seulement le refroidissement produit par la ventilation, c'est-à-dire, quatre fois le nombre de personnes; si les fenêtres ferment hermétiquement, on peut les négliger.

Si les pieds cubes d'espace dans la chambre sont divisés par la quantité d'air qui s'échauffe dans une minute pour maintenir la température, le quotient sera à fort peu près le temps nécessaire pour élever la masse à la température voulue, en admettant toutefois que la ventilation reste suspendue.

De la ventilation et de la perte de la chaleur dans les serres.

Il est peut-être utile en hiver de varier la ventilation d'une serre; mais il est toujours nuisible de la supprimer entièrement ou même de la diminuer d'une manière trop sensible, car il suffit d'un peu de réflexion pour voir qu'elle est toujours nécessaire.

La quantité d'air qui circule à travers les ouvertures et par les vitraux est en général suffisante, et la seule qu'on doit employer; elle se répand dans toute la serre et n'établit aucun courant.

Perte de chaleur. La rentrée et la sortie de l'air par les ouvertures du toit peuvent s'estimer avec une exactitude suffisante pour qu'on s'en garantisse dans les froids considérables.

La hauteur moyenne d'une serre est 10 pieds, et lorsque la différence de température entre l'air de la serre et celui de l'atmosphère est 17°, un vitrage ordinaire admet $5\frac{1}{2}$ pieds cubes d'air froid par minute pour chaque pied en longueur de la serre.

Avec la même hauteur de toit et la même différence de température, un bon vitrage n'admettra que $2\frac{1}{2}$ pieds cubes par minute pour chaque pied de longueur; nous n'avons pu commettre une erreur, car nous avons seulement pris le degré moyen de variation de température. Supposons que 5 pieds cubes entrent par minute pour chaque pied en longueur, lorsque la hauteur du toit est environ 10 pieds; nous avons déjà estimé la chaleur perdue à travers le verre, ainsi que l'air qui pénètre par les jointures. Nous aurons la règle pratique suivante :

Règle. La chaleur dégagée par le combustible doit élever par minute de la température de l'air



extérieur à celle de la serre un nombre de pieds égal à 5 fois la longueur du vitrage de la surface, ajouté à $1 \frac{1}{4}$ fois toute la surface vitrée en pieds, avec une allocation de 11 pieds cubes pour chaque porte.

Soit D le nombre des portes, G la surface vitrée, et L la longueur de la serre, nous aurons

$$5L + 1 \frac{1}{4}G + 11D = A,$$

et, d'après ce que nous avons dit, la surface des tuyaux sera

$$\frac{t - t' (5L + 1,5G + 11D)}{2(95 - t)} = S.$$

On voit alors combien il est important d'avoir le vitrage seulement nécessaire pour la lumière, et des doubles portes. Cette dernière condition évitera une grande perte de chaleur.

Dans les étuves, la température est en général plus élevée, on doit donc calculer sur une introduction plus considérable d'air froid. Elles sont aussi d'une hauteur variable.

La plus grande différence entre la température d'une étuve et celle de l'air extérieur, dépasse rarement 30°; on peut employer la règle suivante :

Règle. A la longueur de l'étuve en pieds; multipliée par la moitié de sa plus grande hauteur, aussi en pieds, ajoutez $1 \frac{1}{4}$ fois la surface vitrée

et 11 fois le nombre des portes. La somme sera le nombre de pieds cubes à élever par minute, de la température extérieure à celle de l'étuve. Cette estimation donnera, en suivant les principes énoncés plus haut, la quantité de tuyaux ou de combustible.

Soit D le nombre des portes, G la surface vitrée, L la longueur de la serre en pied, et h la hauteur aussi en pieds, on a d'une manière plus exacte

$$\frac{1}{4} Lh^{\frac{3}{2}} + 1,5 G + 11 D = A,$$

et, pour la surface des tuyaux,

$$\frac{(t-t') (\frac{1}{4} Lh^{\frac{3}{2}} + 1,5 G + 11 D)}{2 (93 - t)} = S.$$

L'application de ces règles sera donnée plus loin au chapitre des étuves.

Les vents contribuent puissamment à abaisser la température dans les serres. Ils augmentent la circulation de l'air à travers les ouvertures, et en général il est extrêmement difficile de maintenir les salles à un degré constant dans la saison froide. La neige et la pluie refroidissent aussi très-rapidement; nous avons cherché à tenir compte de ces causes en prenant pour l'air extérieur un froid plus intense qu'il ne l'est ordinairement.

Les effets du vent pour le refroidissement ont



été étudiés par Leslie. Nous lui devons également des recherches curieuses sur la chaleur ; mais il faut avouer qu'il est difficile de soumettre ces phénomènes aux calculs, tant que l'on n'aura pas des idées plus certaines sur les moyens d'estimer l'intensité des vents.

Ventilation des serres en été. En France, la chaleur du soleil est suffisante pour élever la température d'une serre fermée à 50° , lorsque celle de l'air à l'ombre n'en dépasse pas 30 ; dans ce cas, et même tant que la serre ne marque pas au-delà de 35° , les plantes n'éprouvent aucun malaise. On peut obtenir ce résultat en faisant la somme des surfaces en pieds de tous les ventilateurs supérieurs, égale à la longueur de la toiture, ajoutée à la hauteur du vitrage vertical, s'il en existe, multipliée par la longueur de la serre en pieds, et divisée par six fois la racine carrée de la hauteur du plancher à l'ouverture par laquelle s'échappe l'air échauffé.

De la ventilation des hôpitaux, infirmeries, etc.

Les bâtimens consacrés à recevoir les malades exigent des soins extraordinaires pour la salubrité de l'air, parce que les affections morbifiques sont des causes qui viennent s'ajouter à celles qui tendent à le vicier. Le souffle est chargé de miasmes fétides, la respiration est plus abondante et plus délétère, les salles renferment un

plus grand nombre de personnes qui restent à la même place jour et nuit. Les effluves de leur lit, indépendamment des autres causes, sont plus fétides; en un mot, on trouve réuni dans ces établissemens tout ce qui tend à vicier l'air, et si l'on doit en avoir de pur et de salubre, ce doit être dans les lieux dont le but est de soulager l'humanité, et de la délivrer de ses maux. Le changement d'air doit donc être plus rapide, et peut-être devrait-on fournir 6 pieds cubes par minute.

La saison chaude aggrave toutes les circonstances qui tendent à infecter l'atmosphère; en conséquence la ventilation doit être plus active en été qu'en hiver. Cherchons donc à utiliser le peu de lumières que nous avons sur ce sujet.

Les fluides élastiques se mélangent intimement, pour peu qu'ils soient en contact: nous devons donc opérer le dégagement des miasmes putrides immédiatement après leur formation; mais la tendance à se mélanger s'accroît par l'agitation. Il faut donc éviter, autant que possible, tout moyen qui trouble l'air, si ce n'est dans quelques cas particuliers, où l'on renouvelle ce fluide et l'on purifie exactement les salles. Si les murs d'un hôpital sont imprégnés d'exhalaisons délétères, la ventilation est insuffisante; on a recours alors à divers moyens: au vinaigre; il diminue l'odeur, mais son action est lente et



incomplète ; à l'acide acétique , qui agit à l'instant , et détruit sensiblement l'odeur. Les vapeurs de l'acide nitrique sont également employées avec succès , ainsi que celles de l'acide hydrochlorique ; mais l'agent le plus actif est le chlore : il est généralement employé en France , d'où l'usage s'en est répandu dans les hôpitaux militaires de la Grande - Bretagne. Ce dernier agent est celui dont on doit se servir , parce que son action est rapide et forte. Il suffit de faire un mélange de deux parties de sel marin avec une d'oxide noir de manganèse , et d'y verser deux parties d'acide sulfurique. Le chlore se dégage à l'instant , remplit la salle et détruit l'infection. Le chlorure de chaux réussit également bien.

Les moyens que nous venons de donner sont nécessaires pour détruire les miasmes qui ont pénétré les parties solides d'un hôpital ; mais on ne peut en faire un usage habituel , et il est évident qu'une ventilation rend moins nécessaire l'emploi de ces moyens embarrassans. Or, nous avons deux méthodes pour produire cette ventilation : la chaleur et la puissance mécanique. Leur réunion présente souvent de grands avantages ; mais , dans tous les cas , l'une ou l'autre de ces méthodes n'est efficace que lorsqu'elle agit sur les miasmes immédiatement après leur formation. Il est démontré qu'un mélange de

vapeurs d'azote et de gaz délétères, est plus léger qu'un égal volume d'air ; ce mélange occupe conséquemment la partie supérieure ; c'est donc vers le sommet qu'il convient d'établir les tuyaux de décharge : ces issues doivent présenter un diamètre uniforme ; car les étranglemens s'opposent au passage de l'air , et , sous ce rapport, arrêtent la ventilation. Il faut que ces tuyaux soient indépendans ; car, lorsqu'une ouverture reçoit l'air de différens côtés , il s'établit des croisemens qui retardent l'ascension. Les conduits de toutes les salles de plain-pied doivent avoir la même hauteur ; si elles ne l'ont pas , l'effet est inégal, et diminue avec la hauteur des tuyaux. Quelquefois il y a de l'avantage à réunir plusieurs de ceux-ci , et à les faire déboucher dans un conduit central, au-dessus duquel on adapte une espèce de coupole en tôle peinte.

L'ouverture des tuyaux ne doit jamais dépasser ce qui est nécessaire pour la plus forte ventilation ; car un conduit trop large donne lieu à un double courant , ou le courant qui s'établit est brisé par les croisemens.

La forme circulaire est la plus avantageuse : le registre que l'on adapte à la partie inférieure s'approche ou s'éloigne de l'ouverture au moyen d'une corde enroulée sur une poulie. Il doit avoir un diamètre supérieur à celui de l'ouver-



ture, afin que l'air forme un courant horizontal qui entraîne les miasmes les plus élevées dans la salle. Si le conduit n'est pas muni d'une plaque, le courant s'établit verticalement, et les miasmes répandus sur les côtés ne sont entraînés que d'une manière imparfaite.

Le plafond convient peu à la ventilation ; le dôme est plus avantageux. Si cependant on ne peut l'employer, une série de surfaces planes qui donne lieu à un polyèdre creux, dont le sommet sert de dégagement, est ce qui réussit mieux. Quelquefois il est impossible d'établir le tuyau de ventilation au centre du dôme ; dans ce cas il n'y a pas d'inconvénient à rendre presque horizontale la première partie du conduit, pourvu que la partie verticale soit assez longue.

L'introduction de l'air pur est un point très-important, car si elle n'a pas lieu il s'établit des doubles courans dans l'intérieur des tuyaux de ventilation. L'air frais en été doit se puiser dans la partie ombragée du bâtiment. On l'admet par des petites ouvertures qui occupent un grand espace : cette méthode prévient les courans et par conséquent l'agitation de l'air. Lorsque les fenêtres sont placés à l'ombre, on peut introduire l'air pur par leur partie inférieure. En général quelle que soit la méthode que l'on emploie, il faut, 1^o. que l'air pur soit puisé près du sol, 2^o que les tuyaux d'admission soient en

grand nombre pour éviter les courans autant que possible, 3°. que la surface de ces tuyaux soit toujours un peu inférieure à celle des conduits de ventilation.

Sur les moyens de retenir la chaleur.

La chaleur se perd plus ou moins fortement lorsqu'elle passe dans les tuyaux de conduite ; il est donc important de connaître les moyens que l'on doit employer pour rendre cette déperdition aussi petite que possible. Rumford et Leslie (*) se sont beaucoup occupés de cette recherche. Le premier a donné les moyens de concentrer la chaleur par des conducteurs imparfaits, et le dernier en alternant les surfaces. Les deux méthodes sont bonnes, mais leur réunion présente des avantages que ni l'une ni l'autre ne possède isolément. Les mauvais conducteurs que l'on applique pour concentrer la chaleur dans les tuyaux doivent être secs et garantis de tout accès d'humidité, car la plupart de ces corps absorbent l'eau rapidement, la retiennent avec force et augmentent alors de puissance conductrice. Les substances que l'on peut employer avec succès sont, la paille, le poussier de charbon, les cendres, le son, la chaux et la brique en

(*) Essais de Rumford. Recherches sur la nature de la chaleur, par Leslie.

poudre, etc., etc. L'épaisseur de la couche appliquée doit être considérable, et dépend de la température du corps chaud; mais en général on peut l'estimer à deux ou trois pouces pour les tuyaux à vapeur: il ne faut pas que les substances soient fortement pressées, on les maintient ordinairement par un étui en bois; mais dans les lieux humides on doit préférer les métaux, la pierre ou d'autres matières analogues.

Les corps solides d'une matière peu conductrice peuvent quelquefois s'employer avec avantage; tels sont le liège et autres bois, les briques légères et poreuses, les pierres: parmi ces dernières le tuf et les autres concrétions stalactiques spongieuses, la pierre-ponce, etc., etc., sont de très-mauvais conducteurs. Si l'on emploie l'une quelconque de ces substances, il est nécessaire de la revêtir d'un enduit imperméable. On préfère généralement la brique dans les constructions, parce qu'elle est peu conductrice, mais elle attire promptement l'humidité. Elle doit par conséquent être rejetée autant que possible, car son affinité pour l'eau est si forte, qu'elle la pompe à trois ou quatre pieds du sol lorsqu'elle repose sur une base humide.

Les fluides renfermés conduisent mal, surtout les gaz, et leur puissance conductrice diminue avec leur densité.



Alberti, qui est un des plus anciens auteurs qui aient écrit sur l'architecture en Italie, s'exprime à ce sujet de la manière suivante : « Nous » pouvons ajouter toit sur toit et mur sur mur ; » plus l'espace qui les séparera sera considérable, » plus nos habitations seront froides et inaccessibles à la chaleur, car cet intervalle remplace » un mur de même épaisseur, et même cette » construction est préférable, puisqu'un mur retient la chaleur du soleil, tandis que les murs doubles conservent une égalité de température. Un mur en pierre-ponce retient moins sa chaleur. »

Le comte de Rumford a proposé des couvercles doubles pour les chaudières. On a employé les doubles fenêtres ; on peut arriver au même résultat en plaçant des carreaux doubles dans les châssis, en séparant les verres de demi-pouce au plus ; on doit seulement fixer le verre antérieur de manière qu'il ne soit pas brisé par la dilatation que la chaleur de la couche d'air peut lui faire éprouver : des doubles en coton ou en laine conservent très-bien la chaleur, surtout s'ils sont d'une texture peu serrée ; mais un simple tissu accélère le refroidissement.

Si les tuyaux sont enveloppés d'autres tuyaux d'un diamètre plus considérable, et soutenus par de mauvais conducteurs, la chaleur se perd lentement ; quelquefois on peut établir entre eux



le courant nécessaire à la ventilation ou à l'introduction de l'air pur, et, dans ce cas, la perte de chaleur est insensible.

Lorsque l'on établit des conduits souterrains on peut creuser un canal et le revêtir de petits morceaux de briques, de pierres, etc., etc. L'épaisseur des cendres sèches qui envelopperont les tuyaux doit être de trois pouces, recouverts d'un mélange d'argile et de sable.

SUR LE CHAUFFAGE

DES MAISONS, ÉGLISES, COURS DE JUSTICE, ÉCOLES, THÉÂTRES,
FILATURES, ETC.

Les chapitres précédens renferment les principes généraux, pour la construction, la distribution des tuyaux, et les conditions essentielles d'une bonne ventilation. Il nous reste à donner quelques exemples d'application qui réunissent la salubrité et l'économie.

Des chambres, passages, etc., des maisons.

Le chauffage à la vapeur ne peut être employé seul, mais il peut l'être dans les maisons considérables, conjointement avec les foyers qui répandent en général très-peu de chaleur; c'est même la méthode la plus avantageuse, du moins pour les appartemens, tandis que la vapeur

suffit pour le chauffage des vestibules, passages et escaliers. Des tuyaux ordinaires dépareraient un appartement, mais il est facile de leur donner des formes agréables, d'en faire des objets d'ornemens, ou de les cacher dans les murailles. Il n'y aurait qu'à les munir de registre pour introduire l'air et lui donner passage lorsqu'il est à une température convenable. Si l'atmosphère des vestibules, escaliers, etc., s'élève à 15° , elle suffit en général pour entretenir une douce température dans les appartemens. Si ceux-ci sont trop spacieux, on y ajoute quelques pieds de tuyaux qu'on cache avec des écrans. L'on ne doit jamais dépasser 16° .

On peut estimer de la manière suivante la chaleur nécessaire pour chauffer un espace donné.

Supposons une salle, un escalier et deux passages, que l'on veut entretenir à 15° , la température extérieure étant à -15° : la pièce a deux fenêtres de dix pieds sur quatre, la porte d'entrée ne s'ouvre pas directement à l'air extérieur, l'escalier est éclairé par une ouverture circulaire de huit pieds de diamètre, et à trente pieds du sol ; chacun des passages est garni de deux fenêtres qui ont sept pieds sur trois pieds six pouces.



La surface vitrée sera ,

Salle.	80 pieds.
Escalier.	100
Passages	98
	<hr/>
	278 pieds.

Cette surface refroidit 417 pieds cubes d'air par minute , puisqu'il faut multiplier 278 par 1,5.

Nous avons maintenant à estimer la quantité d'air échauffé qui s'échappe par l'ouverture circulaire , les fenêtres , etc. On trouve qu'elle est équivalente à celle qui se dégage par une ouverture d'un demi-pied carré , et que l'air s'échappe avec une vitesse proportionnelle à la hauteur d'une colonne d'air raréfié de 30 pieds , la différence de température est 30°; nous avons par la règle (page 214) :

$$B = a \times 100 \sqrt{h}, \text{ ou } \frac{100 \sqrt{30}}{1} = 275 \text{ pieds cubes.}$$

pour la quantité échappée par minute , on aura donc à échauffer

$$417 + 275 = 692 \text{ pieds cubes.}$$

Et dans ce calcul nous ne tenons aucun compte des pertes occasionées par les portes.



La règle établie, page 58, nous donne

$$\frac{692 \times 30}{2 (93 - 15)} = 133 \text{ pieds de surface.}$$

Pour les tuyaux capables de produire cet effet, on peut les grouper de la manière qui paraît la plus agréable ; si les pièces communiquent, on ne met que très-peu de tuyaux dans les escaliers, attendu qu'en raison de sa légèreté, l'air tend naturellement à s'élever ; nous avons choisi ce cas, parce qu'il démontre les inconvénients du vitrage qu'on place ordinairement au haut de l'escalier que l'on veut maintenir à une certaine température. Cette disposition est, au contraire, avantageuse pour le conserver frais en été.

Des églises, chapelles, etc.

Ces bâtimens ne sont pas échauffés, mais il serait utile qu'ils le fussent. Nous allons entre dans quelques détails qui ne seront pas sans intérêt, si on essaie jamais de mettre un terme aux rhumes, aux catarrhes que le public prend aux offices.

Les églises sont en général très-grandes ; ces édifices exigent, lorsqu'on les chauffe, une ventilation d'autant plus faible, que la durée des exercices n'est que de quelques heures. Mais en été l'air a besoin d'être fréquemment renou-



velé : je donnerai donc , suivant la saison , les moyens de les échauffer et de les aérer. Supposons une église pour 1200 personnes et ayant 100,000 pieds de capacité. Elle renfermera , terme moyen , 600 individus ; elle a 28 fenêtres, 1000 pieds de vitraux , et doit être maintenue à 15°, l'air extérieur étant à 0° ou à 15°, au-dessous de l'air intérieur.

Par la règle de la page 79, la perte de chaleur par les vitraux sera	1500 p. c.
Ventilation pour 600 personnes	2400
Le dégagement de l'air échauffé par les fenêtres.	300
	<hr/>
	Total. 4200 p.

Pour la quantité que l'on doit échauffer par minutes.

La surface de tuyaux susceptible de produire cet effet, sera 404. L'église a 100,000 pieds cubes de capacité , 100,000 divisés par la quantité à échauffer par minute, ou 4,200, donnent 24 pour le quotient. C'est le nombre de minutes que la chaudière doit être en pleine action pour échauffer l'église entière.

Le moyen le plus commode pour distribuer la chaleur , est d'employer de simples tuyaux de fonte d'environ quatre pouces de diamètre ; leur dispositions dépend des localités,

mais en général ils doivent s'élever peu au-dessus du parquet, et peuvent très-bien passer sous les sièges dans les églises garnies de bancs. Si l'on emploie des tuyaux de quatre pouces il en faut autant de pieds en longueur qu'il y a de pieds en surface, puisqu'un tuyau d'un quart de pouce donne à très-peu près un pied de surface pour un pied de longueur. La chaudière doit en conséquence donner 37 pieds cubes de vapeur, ce qui remplira la totalité des tuyaux. (voyez les tables).

Une bonne ventilation est nécessaire pendant l'été dans une église, et il est important de l'opérer, sans ce courant d'air si nuisible en général pour les individus d'une constitution délicate. Lorsque l'air est plus chaud à l'intérieur qu'à l'extérieur, deux fenêtres opposées ouvertes détermineront un courant. Si vous en fermez une de manière à diriger le courant vers le haut, vous diminuez son intensité et le rendez moins dangereux; mais si les ouvertures qui donnent passage à l'air froid sont petites, elles en augmentent la vitesse. Voici les moyens de parer à ces inconvéniens :

1°. Les ouvertures pour l'admission de l'air froid doivent être larges, et aussi divisées que possible, elles doivent être placées à une petite distance du sol; on prévient encore mieux les courans en disposant sous le pavé des tuyaux qui



débouchent au centre de l'église et y versent l'air froid. Celui qui est chaud doit être dégagé par le sommet de l'édifice, à l'aide de tuyaux garnis de registres qui régularisent le courant; on peut même les faire rendre tous dans un tuyau central. Dans ces ventilations il est inutile d'ouvrir les fenêtres, car elles diminuent plutôt l'effet qu'elles ne l'augmentent.

La ventilation est assez difficile à maintenir lorsque l'air est peu agité; supposons que l'on veuille l'établir telle que l'air intérieur ne soit pas au-delà de 3° plus chaud que l'air extérieur. Si l'air extérieur est à 20°; la température intérieure ne doit pas dépasser 23°; cette condition exige par minute un dégagement de 2 $\frac{1}{2}$ pieds cubes d'air pour chaque individu, parce que chaque personne chauffe entièrement cette quantité d'air de 5° par minute.

Dans une église qui contient 1000 personnes et dans laquelle la hauteur, du sol au sommet du tuyau de ventilation, est de 49 pieds, nous devons chercher la somme des ouvertures supérieures; elle donne 2500 pieds cubes d'air par minute, qui doivent s'échapper lorsque l'excès de température est 3°, ce que l'on démontre facilement au moyen de la règle exposée page 75; on a alors

$$\frac{2500}{30 \sqrt{219}} = 12 \text{ pieds carrés.}$$

Si la hauteur n'est que de 36 pieds , on a

$$\frac{2000}{30 \sqrt{36}} = 14 \text{ pieds carrés environ.}$$

Lorsque le sommet est plat , cette surface peut se diviser en cinq ou six ventilateurs ; mais dans une voûte trois suffisent lorsqu'ils sont placés à la partie supérieure.

L'ouverture qui admet l'air froid doit être environ double de celle qui le dégage ; quand on construit , on peut disposer entre les fenêtres les tuyaux pour l'air froid ; il passe par la corniche , descend jusqu'à une petite distance du sol , et se répand uniformément dans l'église.

Des écoles , cabinets littéraires , bibliothèques , etc.

Les principes que nous venons de développer , s'appliquent naturellement au chauffage des salles : les exemples seraient donc à peu près inutiles. Les poêles paraissent être plus avantageux et plus économiques dans les petites écoles au rez-de-chaussé ; la fumée s'écoule par un tuyau de fer d'environ neuf pouces de diamètre et de trente pieds de long pour une cheminée ordinaire ; mais il doit être plus court si le tirage est mauvais , et plus long dans le cas contraire.

L'air froid , nécessaire à la ventilation , est admis dans le tuyau disposé à cet effet à peu de distance du foyer.

La quantité de combustible se détermine par la chaleur que l'on exige : on peut l'estimer à l'aide des principes énoncés plus haut. Ainsi , pour maintenir la température à 15°, lorsque l'air extérieur est au dessous de 0°, le poids du charbon consumé en une heure se calcule en multipliant les pieds cubes d'air à échauffer en une minute par 0, 00472 ; la surface du foyer capable de consommer une quantité donnée de combustible peut aussi se calculer au moyen de ce que nous avons dit sur les fournaux pour les chaudières.

Des théâtres.

Le chauffage à la vapeur est certainement le plus économique et le plus sain que puissent adopter ces établissemens ; l'air doit être renouvelé fréquemment , et peut l'être par les moyens que nous avons donnés pour les églises. Remarquons cependant que Saenders, qui visait plus à éviter la perte du son qu'à renouveler l'air , dit que les ouvertures nécessaires doivent être susceptibles de se fermer , et l'être toujours si ce n'est dans les entr'actes.

L'air rassemblé dans la partie supérieure des loges , peut être dégagé par des tuyaux particuliers qui aboutissent au tuyau général. Cette méthode présente deux avantages, 1°. elle établit la ventilation dans les endroits où elle est

le plus nécessaire; 2^o. le mouvement de l'air est beaucoup moins sensible, la ventilation est par conséquent moins désagréable. Les ouvertures pour l'admission de l'air doivent être placées en divers endroits de la salle pour éviter les courans; et même dans l'hiver il serait avantageux d'échauffer l'air avant de l'introduire. Dans l'été, il faut chercher à maintenir la température à 3^o au-dessus de celle de l'extérieur. Supposons que celle-ci soit de 21^o, dans ce cas il faut donner 2 $\frac{1}{2}$ pieds cubes pour chaque spectateur. La hauteur d'un théâtre de la base au sommet, est en général de 40 à 50 pieds indépendamment de celle du toit; nous pouvons prendre environ 64 pieds pour l'ascension de la colonne raréfiée; nous aurons donc,

$$\frac{2.5}{30 \sqrt{64}} = \frac{1}{96},$$

ce qui donne $\frac{1}{96}$ de pied carré pour chaque spectateur; si le théâtre renferme 2000 personnes on aura

$$\frac{2000}{96} = 21$$

ou vingt-un pieds carrés pour les ventilateurs, ce qui suffit, attendu la courte durée des représentations.

*Des filatures.*

Le premier essai sur le chauffage des filatures au moyen de la vapeur, est dû à M. Neil Swodgrass, et date de 1799. L'usage s'en est beaucoup répandu depuis ; c'est le moyen d'obtenir la température élevée qu'exigent ces ateliers, le plus économique et le plus salubre. L'ouvrage ne marche bien que lorsque les machines ont acquis un certain degré de chaleur. C'est surtout le lundi que cet effet est sensible ; toutes les pièces sont froides et adhèrent ; 1°. l'ouvrage se fait mal, et les enfans qui l'exécutent sont quelquefois traités avec une sévérité injuste. En général la ventilation des filatures est mal entendue, et cependant il n'est peut-être pas d'établissement où elle soit plus nécessaire ; la quantité surabondante de combustible qu'exige cette opération ne doit pas exciter les regrets du propriétaire. Un air pur et sain est aussi nécessaire qu'une bonne nourriture, et celui qui force les ouvriers à vivre dans un air insalubre, est aussi coupable que celui qui leur donne des alimens de mauvaise qualité. La température d'une filature peut être estimée à 21°, lorsque celle de l'atmosphère est à 1°. Supposons que la filature ait cinq étages, 60 pieds de longueur, 33 de largeur ; que le nombre de por-

tes, celui des fenêtres soit de 70, et la surface du vitrage de 1000 pieds; la ventilation doit être pour 200 personnes, d'après ce que nous avons dit,

$$770 + 880 + 1500 = 3070 :$$

cette quantité exprime le nombre de pieds cubes d'air à élever par minute de la température extérieure à celle de la filature; on aura ensuite,

$$\frac{3070 \times 20}{2(93 - 21)} = 426 \text{ pieds,}$$

pour la surface des tuyaux de fonte qui élèveront cette quantité de 1 à 21°.

Le procédé le plus convenable pour la ventilation, est de chauffer en partie l'air frais avant de l'admettre: cette méthode diminue la quantité de tuyaux nécessaires, et donne une température plus égale; les fenêtres doivent être fermées aussi hermétiquement que possible, et les tuyaux de ventilation garnis de registres, pour en régulariser l'action; l'air frais est introduit par plusieurs ouvertures placées sur le sol ou à une faible hauteur, la pièce en est plus sèche et l'air beaucoup plus sain. Quand on construit, on peut creuser et garnir de tuyaux les piliers qui soutiennent les planchers. On en place d'autres dans une salle, où on en dispose trois ou quatre petits à vapeur pour chauffer l'air à introduire.



Lorsque le même appareil sert à plusieurs étages, chacun de ceux-ci doit avoir sa chambre à air pour fournir à la ventilation. Les dimensions de ces tubes pour un étage se déterminent facilement : elles doivent être d'autant plus considérables, que la température de la filature approche davantage de celle de l'air extérieur. Soit la hauteur du sol au sommet de la toiture de 30 pieds, et le nombre des individus 40 : l'air doit être échauffé de 6° au dessus de l'air extérieur avant d'entrer dans la salle dont la température est de 11°. D'après les principes énoncés plus haut nous devons introduire

$$40 \times 4 = 160$$

pieds cubes d'air par minute, et nous aurons

$$\frac{160}{45 \sqrt{30}} = 0,7$$

pieds, ou environ 100 pouces carrés pour la surface des tuyaux à air. D'un autre côté les tuyaux de décharge pour l'air vicié doivent avoir environ les deux tiers de cette surface.

Les tuyaux à vapeur pour la chambre à air doivent être à même d'élever de 16° 160 pieds cubes d'air par minute lorsque l'air extérieur est à 0° ; ainsi l'air doit d'abord venir en contact à 0° avec les tuyaux, et les quitter à 16° ; nous pouvons donc prendre la moyenne ou 8°, pour

calculer l'effet des tuyaux ; nous aurons alors la formule

$$\frac{160 \times 16}{2 (93 - 8)} = 15 \text{ pieds environ,}$$

pour la surface des tuyaux de vapeur à disposer dans la chambre à air, pour un étage situé à 20 pieds au dessus. On voit pourquoi l'on introduit l'air chaud à une température plus basse que celle à laquelle on maintient la chambre ; sans cette disposition il s'élèverait immédiatement au sommet et se dégagerait au lieu de chasser l'air impur, conséquemment on retarderait, on n'accélérerait pas la ventilation.

Les tuyaux à vapeur achèvent d'élever la température au degré voulu : si on les dispose avec intelligence et qu'on prenne toutes les précautions nécessaires pour fermer hermétiquement les ouvertures par lesquelles s'introduit l'air froid, la consommation du combustible ne va pas au delà de celle de l'ancienne méthode.

Si l'eau ne peut retourner à la chaudière, il est préférable de laisser la vapeur se condenser dans les tuyaux, même lorsque la chaudière fournit une machine à feu ; on diminue ainsi le temps nécessaire pour le chauffage du lendemain ; seulement, il est nécessaire que l'ouvrier chargé de la conduite du feu dégorge chaque matin les tuyaux.



Des ateliers de travail pour le bois.

Ils exigent un degré de sécheresse et de chaleur analogue à celui des salles habitées; dans le cas contraire, les articles fabriqués sont de mauvaise qualité ou impropres à l'usage auquel on les destine. Le chauffage à la vapeur est le plus sûr de ceux que peuvent adopter ces ateliers; il présente en outre plusieurs avantages, tels que le séchage de la colle, du bois, du placage, etc., qui s'exécutent parfaitement bien par cette méthode.

Supposons une salle de travail qui a 50 pieds sur 20; un des côtés est garni de fenêtres; la surface vitrée est de 250 pieds, conséquemment la perte de la chaleur qu'occasionne le verre est

$$1,5 \times 250 = 375$$

pieds cubes par minute.

S'il y a douze ouvriers dans la chambre, la perte de chaleur causée par la ventilation est

$$4 \times 12 = 48$$

pieds cubes par minute.

Conséquemment la somme totale à échauffer par minute sera]

$$48 + 375 = 423.$$



La quantité de tuyaux qui remplira ce but lorsque l'air extérieur est à 15°, sera

$$\frac{425 \times 16}{2(95 - 66)} = 44 \text{ pieds ;}$$

Conséquemment un tuyau de quatre pouces continu sur un côté de la salle sera suffisant. Il peut être disposé le long du mur au dessous des fenêtres, et une petite plaque fixée à chaque atelier reçoit le pot à colle qu'emploie l'ouvrier.

On peut s'assurer par le calcul que les tuyaux contiendront environ cinq pieds cubes de vapeur ; conséquemment la chaudière doit avoir une capacité correspondante ; il se fera une évaporation d'environ 4 pieds cubes d'eau en 12 heures, et cette évaporation exigera un demi-boisseau de charbon par jour, ou une quantité de coke équivalente.

Des hôpitaux.

Des malades entassés peuvent, si l'air n'est pas renouvelé, contracter des infirmités à l'endroit même où ils viennent chercher les secours. Il arrive fréquemment que les affections s'aggravent, et les plaies prennent un caractère plus mauvais, dans les hôpitaux mal tenus et où l'air vicié n'est pas chassé et remplacé par d'autre.



D'un autre côté, il est certain que les hôpitaux ont arrêté les progrès des maladies contagieuses, et ont conservé la santé au milieu des masses populeuses qui auraient été victimes de ces terribles maladies.

La situation d'un hôpital n'est pas un objet indifférent : on a souvent fait aux architectes un reproche fondé ; ils s'attachent trop aux proportions extérieures ; il est vrai de dire cependant qu'ils sont rarement consultés sur la salubrité du lieu où l'on élève l'édifice. Ces considérations sortent du sujet qui nous occupe, j'y reviens. En s'assurant du degré de chaleur et de ventilation nécessaire, il ne faut pas perdre de vue que ces opérations doivent être tout-à-fait distinctes, mises sous la direction d'inspecteurs, et que la dernière ne doit donner lieu à aucun courant d'air, qu'elle doit agir sur les miasmes plus pesans aussi-bien que sur les gaz et les vapeurs, qu'elle doit être abondante, ne pas agiter l'air, enfin qu'elle doit pouvoir être augmentée ou diminuée à volonté.

Notre but n'est pas d'examiner la nature de construction la plus convenable pour un hôpital ; cependant il n'est pas inutile de rappeler que toute matière qui absorbe les miasmes, devient humide et adhésive dans une atmosphère humide, doit être rejetée autant que possible. L'effet de ces substances est extrêmement nuisible ;

et lorsque l'absorption a eu lieu, la ventilation quelle qu'elle soit ne peut détruire l'action produite ; on a recours, dans ce cas, aux moyens désinfectans qu'indique la chimie. Toute surface peinte absorbe fortement, surtout lorsque la peinture est sur métal. En général, à moins que le métal ne soit conservé à un grand degré de poli, ce qui est extrêmement difficile, on doit préférer le bois dans toutes les constructions de cette nature. On ne doit employer que le coton ou la laine rigoureusement nécessaire ; et dans ce cas il faut les changer souvent, les exposer au soleil. Les murs doivent être bien lisses, crépis à la chaux.

Les tuyaux de décharge doivent être en bois ou en terre cuite, mais ceux qui servent à l'introduction de l'air froid peuvent être en métal, des feuilles de zinc ou de fer étamé remplissent très-bien ce dernier objet.

Ces observations préliminaires sont loin d'être suffisantes, mais elles peuvent donner une idée des précautions à prendre dans une construction de ce genre ; et si nous donnions pour exemple un seul quartier d'hôpital, nous ne ferions que répéter les calculs partiels que nous avons faits, à cela près qu'il faudrait tenir compte de la hauteur. Supposons un quartier de 90 pieds de long sur 22 de large, et 10 de haut, il doit contenir 30 lits et huit personnes

pour les desservir ; la surface vitrée des 15 fenêtres est de 400 pieds. Les principes énoncés donnent

$$6 \times 38 + 11 \times 15 + 1,5 \times 400 = 993$$

pieds cubes d'air à échauffer par minute ; nous pouvons donc calculer sur 1000 pieds : observons que la ventilation doit se continuer pendant la nuit.

La température peut être à -15° ; et si dans ce cas l'air doit être maintenu à 10° , nous aurons

$$\frac{1000 \times 25}{2 (93 - 10)} = 130$$

pieds de surface de tuyau : mais l'air nécessaire à la ventilation, doit être élevé à environ 5° avant son introduction ; dans ce cas $38 \times 6 = 228$ pieds cubes doivent recevoir ce degré de chaleur dans une petite chambre à air, ce qui exige

$$\frac{228 \times 20}{2 (93 - 55)} = 2$$

pieds de surface ; conséquemment la quantité de tuyaux à disposer dans la salle, sera

$$130 - 26 = 124.$$

Ces 124 pieds doivent être placés le long du mur à environ 3 pouces de distance et 5 ou 6 pouces du sol. À la vérité cet arrangement ne



permet pas de placer les lits en contact avec le mur, mais il y a un autre avantage, puisque l'air circule librement autour.

Les tuyaux dans un hôpital, doivent être disposés de la manière suivante : un petit conduit amène la vapeur de la chaudière au niveau le plus élevé, le tuyau s'incline légèrement, elle en suit la direction, vient se rendre dans un autre qui reçoit l'eau de condensation et la reporte dans la chaudière.

Les passages doivent être échauffés au même degré que la salle, et le meilleur mode de ventilation dans ce cas paraît être de l'air chaud réduit à une température suffisante pour que le froid soit chassé.

Les dimensions prescrites pour les ventilations doivent être calculées pour l'été. Supposons que la distance du sol de la salle, au sommet du tuyau de ventilation, soit 25 pieds. Nous avons vu qu'un individu exige $2\frac{1}{2}$ pieds cubes d'air par minute, pour empêcher que la température ne s'élève au-delà de 21 à 24°; mais dans ce cas nous n'admettrons qu'un changement de 2° dans la température, ce qui exige 4 pieds cubes d'air par minute pour chaque individu : nous aurons donc

$$\frac{38 \times 4}{25,6 \sqrt{25}} = 1,5$$



pieds carrés pour la surface des ventilateurs ; cette somme peut être divisée en plusieurs tuyaux placés à différens endroits de la salle.

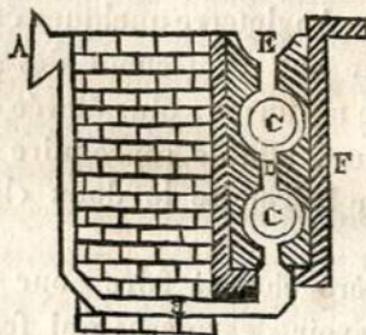
Des salles d'une température toujours égale.

Il existe en Angleterre quelques établissemens qui ont pour but d'entretenir des salles à une température uniforme, plus élevée que celle de l'air extérieur, afin de reproduire sous le ciel brumeux de la Tamise le doux climat de l'Italie, etc.

La première chose à faire pour atteindre ce but, est d'avoir des pièces qui ferment aussi hermétiquement que possible ; on y parvient 1°. en collant du papier sur toutes les ouvertures, 2°. en plaçant des portes doubles, 3°. en fermant la cheminée au sommet.

La première condition à remplir, est d'introduire l'air nécessaire pour la ventilation, et de provoquer le dégagement de celui qu'il déplace. Le premier doit être à 3° au dessous de la température de la pièce, il reçoit le surplus dans l'intérieur même. Supposons que la quantité de ce fluide soit de 12 pieds cubes pour chaque salle qu'il faut maintenir à 17°, et que l'air introduit soit à 4°. On peut facilement remplir ces conditions au moyen d'une petite chaudière portable, analogue à celle que l'on emploie pour les

bains de vapeurs, et à laquelle on adapte des tuyaux de fer-blanc qui reçoivent la vapeur et ramènent l'eau condensée dans la chaudière.



L'air à échauffer doit être puisé dans l'atmosphère en A, traverser le mur en B, circuler autour des tuyaux à vapeur C C, enfin se dégager dans la chambre en E. On peut s'opposer à la perte de chaleur en enveloppant tout l'appareil par une case de bois F. Un appareil analogue sert au dégagement de l'air dans la partie supérieure de la chambre. Ces tuyaux doivent donner un degré de ventilation tel qu'il soit suffisant lorsqu'il n'y a pas de différence entre la température de la chambre et celle de l'air extérieur. Prenons donc la distance verticale entre la chambre à air D et



l'ouverture de dégagement que je suppose de 16 pieds, nous aurons

$$\frac{12}{43 \sqrt{16}} = \frac{3}{43}$$

pour la surface du tuyau, ou

$$\frac{144 \times 3}{43} = 10 \text{ pouces carrés,}$$

ou environ $3 \frac{1}{7}$ pouces de diamètre. La régularisation s'établira au moyen d'un registre.

La surface de tuyau nécessaire pour élever la température de la chambre à 14° , lorsque l'air externe est à 0° , sera

$$\frac{12 \times 14}{2 (93 - 14)} = \text{environ 1 pied de surface,}$$

c'est-à-dire un pied de surface, si les tuyaux sont en fonte; mais s'ils sont en fer-blanc, cette estimation devra être à fort peu près doublée; la surface des tuyaux C C sera par conséquent de 2 pieds, c'est-à-dire qu'ils doivent avoir un pied de long sur 4 pouces de diamètre.

La chaleur doit être de 17° dans la chambre, ce qui exige 4 pieds de surface en fonte, ou 8 pieds en fer-blanc; conséquemment lorsque la nature du métal est déterminée, on fixera les tuyaux à peu de distance du sol, de sorte qu'ils puissent recevoir la vapeur par un petit tube en cuivre qui

la prend dans la chaudière, où il reconduit l'eau de condensation; il est muni d'un robinet pour régulariser l'admission de la vapeur, et la capacité du vase est d'environ 24 pintes.

Les proportions que nous venons d'assigner seront suffisantes pour une pièce; on les doublera, triplera, suivant le nombre de salles à échauffer. On devra en général préférer les grandes, car elles égaiant le malade et lui permettent un exercice plus suivi; si elles sont considérables, les données doivent être augmentées d'environ les deux tiers.

Des prisons.

Mêmes moyens que pour les hôpitaux, etc.

Des étuves, et en général de tous les bâtimens qui servent à la conservation des plantes.

Les plantes qui exigent une température artificielle peuvent se diviser en deux classes, 1°. celles qui ne demandent qu'une serre, 2°. celles qui exigent la chaleur de l'étuve. En général les plantes, originaires d'un climat chaud, ne peuvent se conserver qu'au moyen d'une chaleur élevée: nous devons donc leur donner un climat analogue à celui d'où elles viennent, et la perfection dépend dans ce cas de la coïncidence plus ou moins exacte que l'on établit

entre l'intensité de chaleur et celle de froid qui règnent dans le pays d'où elles sont originaires.

La chaleur artificielle est également employée pour accélérer la maturité de nos fruits, et faire développer ceux des climats plus chauds.

On ne peut exiger ici des détails complets sur le système à suivre dans la conservation des plantes. Ces notions, pour être utiles, devraient présenter tout ce qui intéresse le jardinier, et notre but est seulement de développer les principes qu'on doit suivre pour tenir à une température donnée les salles qui reçoivent ces plantes. Il est d'abord évident que la plus favorable est celle qui se rapproche le plus de la chaleur qu'elles supportent dans leur climat naturel. On se contente en général d'établir une température égale : cette pratique est vicieuse. Les plantes sont comme les animaux : elles ont besoin de repos, et ne peuvent éprouver continuellement la même excitation sans se détériorer. Ce principe est justifié par l'état maladif de celles qui sont soumises à une chaleur constante.

La physiologie végétale démontre que les fonctions des feuilles ne sont pas les mêmes le jour et la nuit, que la chaleur a une influence marquée sur leurs organes respiratoires. Si l'air se refroidit pendant la nuit, il dépose sur les plantes une espèce de rosée ; dans le cas contraire, il les dessèche complètement ; et puis-



que les feuilles absorbent l'oxigène et l'humidité pendant la nuit, et dégagent une partie de cet oxigène dans le jour lorsqu'elles sont exposées au soleil ; il en résulte que les causes excitantes, la chaleur et la lumière, sont moins puissantes pendant la journée. Il est donc nécessaire de suivre la marche que nous indique la nature, et d'imiter les changemens de température que les végétaux subissent dans leur état naturel.

Indépendamment de la position géographique, il existe d'autres circonstances qui déterminent une variation de température. Les plus remarquables sont, 1°. l'élevation au-dessus du niveau des mers, 2°. l'état superficiel du pays, 3°. la distance des côtes, 4°. la nature du sol, 5°. la présence ou l'absence des montagnes, 6°. la direction habituelle des vents. On peut également s'assurer que le climat des îles diffère de celui des continens. Les recherches de M. Humboldt sur la chaleur répandue sur le globe, mériteraient d'être rapportées, mais elles nous écarteraient trop de notre sujet.

Chaque plante exige peut-être un climat déterminé. Il est vrai cependant qu'une même serre peut convenir à une foule d'entre elles. On peut les diviser sous ce rapport en deux séries. 1°. celles qui exigent une chaleur humide, 2°. celles qui demandent une chaleur sèche. Peut-être dans une collection complète chacune de



ces divisions doit se subdiviser en deux sections :
1°. chaleur de la zone torride , 2°. chaleur des zones tempérées.

Dans une étuve disposée pour les plantes de la zone torride , on doit connaître la chaleur moyenne de jour et de nuit , pendant le mois le plus froid , et à l'époque la plus chaude entre les tropiques. A $10^{\circ} 6'$ de latitude nord , la chaleur moyenne du mois le plus chaud est 30° , celle du mois le plus froid est 27° . La température la plus haute est 44° , et la plus basse 19° ; la moyenne de l'année est 28° .

Une serre pour les plantes des zones tempérées peut se régulariser pour la latitude de 42° . La moyenne du mois le plus chaud est de 29° , celle du mois le plus froid est 6° . La chaleur la plus forte est 37° , le froid le plus violent 2° . La température moyenne de l'année est 15° , et environ 10° pendant neuf mois de l'année.

La saison d'hiver est l'époque qui exige la plus forte chaleur ; conséquemment les tuyaux seront calculés pour cette saison , et la température se régularisera ensuite par le combustible.

De la chaleur pour les plantes de la zone torride.

Une terre humide se maintient moins facilement qu'une terre sèche à une température uniforme. Cependant les mêmes calculs leur sont

applicables en augmentant d'une petite quantité la chaleur calculée pour une serre sèche.

M. Wakefield de Northwich est le premier qui entreprit de chauffer les serres au moyen de la vapeur. Ses essais datent du mois d'avril 1788. Son procédé différait sensiblement de celui que l'on suit aujourd'hui. En 1792, lord Derby fit construire un appareil analogue ; ce moyen de chauffage s'est répandu rapidement. Les résultats pratiques que nous allons donner sont extraits des meilleurs ouvrages qui aient été publiés jusqu'à présent sur cette partie.

La forme et le mode de construction que l'on doit employer dans les serres sont très-variables. La chaleur développée dépend beaucoup des moyens employés. Quelques remarques sur ce sujet ne peuvent qu'être utiles dans la pratique.

Si le terrain est susceptible d'être creusé, il y a de l'économie à établir l'aire de l'étuve à 3 ou 6 pouces au dessous du niveau environnant, et à faire les murs creux. On s'assure de la hauteur des plantes que l'on veut cultiver, puis on dispose un toit en pente, d'environ deux parties horizontales sur trois perpendiculaires ; le surplus de la hauteur, s'il y en a, est garni en vitrage.

Il y a de l'avantage à faire la serre basse, elle perd moins de chaleur, et le verre droit recueille mieux les rayons que lance le soleil lorsqu'il est





peu élevé au dessus de l'horizon, tandis que le toit à environ 34° les reçoit perpendiculairement vers le mois de mai. M. Bosc a remarqué que l'influence de la lumière sur les plantes est très-sensible dans la matinée, aussi préfère-t-il l'exposition sud-est, afin que la serre reçoive la chaleur du jour vers le matin, et soit moins exposée aux vents de l'ouest (*).

On dispose le vitrage par carrés, et l'on construit des portes doubles, afin de prévenir toute introduction d'air froid; si la ventilation est nécessaire, elle se fait à l'aide d'ouvertures placées à la partie supérieure, tandis que l'air pur est introduit par le côté qui est ombragé.

Nous donnerons un exemple de la manière de chauffer une serre: supposons que la longueur soit de 30 pieds, la largeur de 12, la hauteur du verre droit est de 4 pieds, la hauteur verticale du talus vitré à partir du toit est 8 pieds, la hauteur verticale entière de 15 pieds, et la longueur des solives du toit de 14 pieds.

Le vitrage sera de 720 pieds, c'est-à-dire $5/40$ dans le milieu et près du toit, et 180 vers les extrémités. Or nous avons vu, en parlant de la ventilation en général, que dans une serre la moitié de la hauteur verticale, multipliée par la longueur, ajoutée à $1 \frac{1}{2}$ fois la surface du

(*) Serre chaude, Agriculture, Enc. méthod.



verre, est égale au nombre de pieds cubes d'air à échauffer par minute ; nous aurons donc

$$7,5 \times 30 + 1\frac{1}{2} \times 720 = 1305$$

pieds cubes ; mais dans une serre ainsi construite, de $\frac{1}{10}$ l'espace environ est occupé par les ouvrages en bois, qui est un très-mauvais conducteur ; on peut donc déduire de cette quantité,

$$\frac{1305}{10} = 130$$

pieds, ce qui donne

$$1305 - 130 = 1175$$

pieds cubes à échauffer par minute.

La surface de tuyaux nécessaire se calcule facilement. Admettons que l'air extérieur est -16 , la plus basse température de la nuit 11° . , et accordons 5° pour les vents, nous aurons

$$\frac{31 \times 1175}{2(93 - 16)} = 236$$

pieds de surface en tuyaux ; et puisque la longueur de la serre est de 30 pieds, 5 tuyaux de 5 pouces de diamètre suffisent. Les dimensions que doit avoir la chaudière, se calculent facilement, en multipliant la longueur du tuyau par la quantité de vapeur que renferme un pied de ce conduit ; dans le cas actuel la longueur étant 50, le diamètre 5 pouces, on aura



$$1363 \times 150 = 20,5$$

pieds cubes de vapeur ; et si nous tenons compte des petits tuyaux de conduite, on aura à peu près 25 pieds cubes. Or nous avons vu que 182 pieds de tuyau condensent la vapeur d'un pied cube d'eau par heure ,

$$\frac{236}{182} = 1,3.$$

On devra donc employer une chaudière capable d'évaporer environ $1 \frac{1}{2}$ pied cube d'eau par heure ; et dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire lorsque la température de l'air extérieur est très-basse, la dépense du charbon est de $12 \frac{3}{4}$ livres par heure, puisque $8 \frac{1}{2}$ livres de charbon convertissent un pied cube d'eau en vapeur. Lorsque le froid sera moins considérable, on pourra condenser l'eau dans les tuyaux pendant le passage de la vapeur que nous supposons de 8 heures ; les tuyaux seront alors remplis d'eau presque bouillante, ce qui conservera la chaleur jusqu'au lendemain.

La ventilation peut se calculer de la même manière : soit la longueur de la poutre 14 pieds, le vitrage vertical 4, ce qui donne en tout 18 pieds : soit d'un autre côté la hauteur du sol au plafond, 16 pieds, on a

$$\frac{30 \times 18}{6 \sqrt{16}} = 22 \frac{1}{2} \text{ pieds.}$$



pour l'issue totale. On pourra la diviser à volonté dans le bâtiment; mais, en général, les serres hautes exigent, proportion gardée, moins de ventilation que celles qui sont basses.

Des serres.

Supposons qu'une serre présente 40 pieds de long, 13 de large, qu'elle ait 7 fenêtres de $12 \frac{1}{2}$ pieds sur 5, la surface vitrée sera 437 pieds 6 pouces, et nous pouvons estimer à 11 pieds par minute l'air introduit par chaque fenêtre; conséquemment la masse totale d'air refroidi sera

$$7 \times 11 + 1,5 \times 437,5 = 734$$

pieds, par minute.

La salle doit être maintenue à 4° , lorsque le thermomètre externe étant à -16° , nous aurons

$$\frac{20 \times 734}{2 (93 - 40)} = 82$$

pieds de surface de tuyaux; ainsi deux tuyaux de 5 pouces de diamètre, et de 30 pieds de long, seront suffisans.

Dans le plus grand froid, les tuyaux, etc. etc., condenseront un pied cube de vapeur en 1,5 heure, ils exigeront en conséquence $5 \frac{3}{4}$ livres de charbon par heure.



Des orangeries.

Supposons que la salle ait 40 pieds, sur 13 ; le frontispice et les extrémités sont en verre, mais avec quelques piliers : la partie antérieure est haute de 10 pieds, et recouverte d'un toit vitré qui est élevé de 4 ; en suivant les principes que nous avons donnés, le vitrage présentera une surface de 1000 pieds, les ouvrages en bois déduits ; ainsi

$$1,5 \times 1000 + 5 \times 40 = 1700$$

pieds cubes refroidis par minute, de la température de la salle à celle de l'air extérieur.

Dans une orangerie, il est nécessaire de consulter les habitudes des espèces les plus délicates. Supposons en conséquence que le plus grand froid aille à 16°, et qu'il faille produire une chaleur capable de maintenir la serre à 8° ; le thermomètre étant à — 16°, nous aurons

$$\frac{24 \times 1700}{2 (98 - 258)} = 8 \text{ pieds.}$$

La surface sera donc 238 pieds, que l'on peut disposer au gré du propriétaire.

Du séchage à la vapeur.

La vapeur s'emploie avec succès au séchage, elle est sûre, ne peut causer d'incendie, n'al-

tère ni les couleurs, ni les tissus; elle s'applique également au séchage des mousselines, à celui des calicots, des lins, du papier, des laines filées, de la poudre, du malt, et en général de toutes les céréales.

On suspendit d'abord les substances à sécher dans une salle élevée à une haute température. On remarqua bientôt que l'action était plus rapide lorsqu'on faisait concourir un certain degré de ventilation. On appliqua ensuite les tissus fins sur des cylindres à vapeurs, les autres sur des formes placées à quelque distance; enfin on faisait glisser les draps sur ces cylindres, ils se trouvaient aussitôt desséchés. En général ces dispositions variaient avec la nature des substances. Enfin plusieurs propriétaires firent construire des salles de dimensions convenables, c'est-à-dire susceptibles de recevoir les objets à sécher sans que les ouvriers chargés de ces opérations fussent exposés à la chaleur et à l'humidité auxquelles elles donnaient lieu.

Principes de séchage.

Le séchage a pour objet de vaporiser à l'aide de la chaleur l'humidité dont un corps est chargé. Nous devons donc examiner les moyens d'arriver à ce but de la manière la plus économique, d'abrégé autant que possible l'étalage.



et de réduire l'étendue des bâtimens consacrés à cet objet.

L'application directe d'une chaleur assez élevée convertit en vapeur l'humidité que renferment les tissus délicats ; si l'on a pour but d'obtenir un séchage rapide, ce moyen est le plus économique, mais n'est pas applicable aux tissus serrés et d'une épaisseur considérable.

Un vide partiel accélère l'effet de la chaleur, mais il n'en serait pas de même pour un vide parfait. La dépense du combustible serait peu diminuée, et la complication du procédé ne permet pas de l'employer. Cependant il présente de l'avantage lorsque l'on opère sur des matières très-épaisses et d'un volume peu considérable. Dans ce cas le dégagement de l'humidité est activé par la soustraction de la pression atmosphérique.

Le second principe du séchage est fondé sur l'affinité de l'air pour l'humidité ; cette affinité augmente avec la température. Mais on sait que l'air ne peut absorber d'eau qu'autant que cette dernière est à l'état de vapeur ; conséquemment la chaleur nécessaire doit être capable de chauffer l'air au degré déterminé, et de vaporiser l'humidité que renferme la substance à sécher.

Il résulte de là que l'air sec agit avec plus d'énergie ; et puisque l'air froid exige moins de vapeur pour atteindre la saturation, souvent

par le fait seul de sa plus grande sécheresse, il agira plus énergiquement que s'il était chaud.

L'air extérieur est souvent très-humide ; dans ce cas on ne doit l'introduire qu'avec beaucoup de ménagement, et n'opérer qu'à une température plus élevée, puisque sans cette précaution, on dépenserait inutilement une grande quantité de combustible.

Nous avons examiné jusqu'ici l'effet produit par les agens extérieurs, il nous reste à examiner de quelle manière on doit appliquer la chaleur. Dans toutes les sécheries, on a pour but d'exposer la plus grande surface possible à l'influence de l'air et de la chaleur ; car le temps du séchage est à peu près en raison inverse de la surface échauffée ; c'est-à-dire que si la surface est double, le temps du séchage ne sera que moitié.

Les murs de la sécherie doivent être formés avec des matières qui absorbent la moindre quantité possible d'humidité. Sous ce rapport les briques vernies dites communément briques de Hollande, sont les plus avantageuses, on peut même crépir les murs avec un ciment. Si l'on est obligé d'employer le bois dans quelques parties de l'édifice, il ne doit céder aucune matière colorante ; ainsi il faut éviter l'emploi du chêne, de l'acajou, du cèdre, etc. etc. Cependant dans une maison particulière on peut construire de petites sécheries en bois ; on s'oppose au *déjetage*



en employant de petites bandes serrées ensemble et fixées par des clous de cuivre ou des chevilles ; on doit éviter le fer autant que possible, il se rouille et se détériore ; en général le séchoir ne doit avoir que les dimensions rigoureusement nécessaires pour opérer avec rapidité.

L'air doit être chaud, s'introduire par la partie inférieure, circuler autour des pièces, enlever l'humidité et s'échapper par le sommet de la salle. Les issues se réunissent à une issue centrale dont l'action est réglée par un registre disposé de manière à régulariser l'introduction de l'air froid.

Il existe un certain espace entre les châssis sur lesquels sont étalées les pièces ; de là la rapidité si variable des courans d'air : elle doit être plus grande autour des tissus très-humides, car la vitesse ascensionnelle de l'air augmente avec la vapeur dont il se charge ; mais dans le séchage, l'absorption décroît continuellement, et devient insensible au bout d'un certain temps. L'air qui circule autour des matières presque sèches se dégage non saturé, mais le travail nécessaire pour s'opposer à cet inconvénient, vaudrait plus que l'économie que l'on obtiendrait dans la dépense du combustible.

Dans les substances de texture épaisse, le séchage peut s'exécuter rapidement, mais alors il n'est que superficiel ; la matière contracte un



toucher dur, et si on l'abandonne à elle-même, l'humidité intérieure se répand à la surface. Dans ce cas on doit employer une température plus basse et un temps plus considérable : cette circonstance dérange les calculs que l'on pourrait établir pour estimer l'effet produit par une chaleur donnée, parce que, vers la fin de l'opération, l'air qui circule est en trop grande quantité pour être saturé complètement.

La quantité d'eau que peuvent absorber les corps est également très-variable. On a fait des essais à cet égard sur le linge, le calicot, la flanelle. Ces différens tissus, tordus comme ils le sont après un lavage ordinaire et pesés, ont donné les résultats suivans :

Poids à sec.	Poids étant humide.	Poids de l'eau absorbée.
Flanelle, 1 liv.	3 l.	2 l.
Calicot, 1	2 $\frac{1}{8}$	1 $\frac{1}{8}$
Linge, 1	1 $\frac{3}{4}$	» $\frac{3}{4}$

Les expériences démontrent que, pour sécher dans le même temps des quantités égales de flanelle, de calicot et de linge, la force de la chaleur doit être capable de vaporiser,

Pour la flanelle,	Pour le calicot,	Pour le linge.
2 liv. d'eau.	1 liv. $\frac{1}{8}$	$\frac{3}{4}$

Si la chaleur est égale, la durée du séchage

est dans un rapport beaucoup moins simple, et dont le développement exigerait des calculs qui ne peuvent trouver place ici. On peut seulement remarquer que les conditions les plus économiques pour le séchage sont que l'humidité évaporée dans la première minute soit 0,08 fois celle que la substance contient; et dans ce cas, celle-ci doit rester dans la sécherie environ trente fois ce temps donné. La force qu'on doit donner à la chaleur dépend de l'humidité que le corps renferme, et de la surface exposée à son action; mais en général le point le plus favorable est 32° . Lorsque la matière et le temps sont les mêmes, l'évaporation est exactement comme l'excès d'humidité contenue dans le corps séché, et le temps est en raison inverse de la chaleur; mais on ne peut diminuer le temps d'une manière indéfinie, car la température que l'on emploie a une limite qui dépend de la facilité avec laquelle l'humidité passe de l'intérieur du corps à la surface. On a fait plusieurs expériences sur le maximum d'humidité enlevée dans une minute, par pied carré de tissu de coton: la moyenne a donné 9 grains à 5° de température; d'où il résulte que 5400 mètres carrés de surface, ou 2700 mètres carrés de tissus isolés laissent évaporer un pied cube d'eau par minute, ou environ $\frac{1}{100}$ de pied cube d'eau pour chaque pièce de tissu. Or, nous savons qu'un pied cube d'air à 32° est saturé avec 14,1 grains de



vapeur (voyez table VI) ; déduisant 2,8 grains pour la vapeur qui existe toujours dans l'air, nous aurons 11,3 grains, ou, en d'autres termes, il faut par mètre carré pour chaque sorte de tissu environ 15 pieds cubes d'air. Nous ne pouvons établir le calcul pour un air parfaitement saturé ; ce résultat même n'est pas à désirer, puisque l'économie obtenue serait plus que compensée par la perte de temps ; il sera plus exact d'estimer la quantité à 30 pieds cubes : nous aurons donc pour une pièce de 25 mètres, 750 pieds cubes par minute.

Ces calculs établis nous conduisent à des remarques importantes. La chaleur exigée pour chaque pièce de 25 mètres carrés devra évaporer par minute $\frac{1}{100}$ de pied cube d'eau, et élever 750 pieds cubes d'air de la température extérieure à 32°.

La surface de tuyau de cuivre qui évapore $\frac{1}{100}$ de pied cube d'eau est 138 pieds à très-peu près ; ces tuyaux doivent être placés entre les châssis. D'un autre côté nous devons échauffer 750 pieds cubes d'air à 32°, l'air extérieur étant à 5°, effet que nous obtiendrons en employant 132 pieds carrés de tuyaux, comme le donne le calcul des formules précédentes ; seulement ici la moyenne entre 32 et 5 est supposée être la température des alentours des tuyaux. Ces tuyaux seront employés d'une manière plus

économique, si on en dispose dans une pièce inférieure : l'air s'élèvera à 32° avant d'arriver sur les tissus. On devra donc disposer $132 + 138 = 270$ pieds de surface de tuyaux, la moitié dans l'étuve et l'autre moitié dans une salle inférieure.

Il peut être curieux de connaître le temps que cet arrangement exige pour produire un effet donné : supposons donc qu'une pièce de calicot contienne 5 livres d'eau lorsqu'elle est placée dans la sécherie ; nous avons vu que l'évaporation est $\frac{1}{100}$ de pied cube dans la première minute, ou 0,625 livre. Mais $5 \text{ l.} \times 0,08 = 0,4$ livre, dans la première minute ; nous aurons

$$0,625 \text{ livre} : 1 \text{ minute} :: 0,4 \text{ livre} : 0,64 \text{ min.} ;$$

donc $30 \times 0,64 = 19,2$ minutes sera le temps du séchage. Si l'on veut employer le double de temps, la quantité de tuyaux sera moitié, et ainsi de suite. Dans l'usage domestique, on peut se contenter du tiers de tuyaux, c'est-à-dire d'environ 45 pieds dans la sécherie, et autant dans la salle inférieure, pour chaque pièce de 25 mètres de tissus, ou une surface équivalente d'autres matières.

La surface de la section du tuyau qui doit dégager la vapeur produite dans la sécherie, peut se calculer aussi facilement ; elle devra laisser échapper 750 pieds cubes d'air par mi-



nute pour 270 pieds de tuyaux , plus $\frac{750}{30}$ pieds cubes de vapeur , ce qui donne 775 pieds cubes, avec une densité décroissante et équivalente à une élévation de température d'environ 3°. Supposons l'air extérieur à 5° et l'air échauffé à 32°, la différence sera 27 , plus 3° pour la diminution de la densité, ce qui donne 30° pour la différence totale. Si l'on divise 775 par la racine carrée de la hauteur en pieds, le quotient sera la surface du tuyau : cette hauteur se calcule du centre de la sécherie au point où l'air et la vapeur se dégagent dans l'atmosphère. Supposons que cette hauteur soit 25 pieds, on aura

$$\frac{775}{\sqrt{25}} = \frac{775}{5} = 155 .$$

Conséquemment 155 pieds carrés représenteront la surface de l'issue , pour 270 pieds en surface de tuyaux.

Il est évident que la vapeur est applicable au séchage d'une foule d'objets : elle peut être employée avec succès pour sécher les grains , le malt , le papier ; elle peut servir dans le séchage de la tourbe comme combustible : mais l'application la plus utile est celle qu'on en peut faire au blé après une récolte humide ; l'appareil ne serait pas dispendieux , et l'on rentrerait rapidement dans ses déboursés. Il suffirait d'a-



jouter une chaudière et des tuyaux aux ustensiles que l'on emploie ordinairement ; des claies soutenues sur des barres serviraient à supporter les gerbes : cette opération servirait à assurer la récolte du fermier, en même temps que le pain en deviendrait plus savoureux ; et ce n'est pas aux cultivateurs seuls que cette dessiccation présenterait de l'avantage, car ce qui a rapport à la nourriture intéresse la société entière. Entrons dans quelques détails à cet égard.

Du séchage des grains.

L'on est quelquefois obligé de moissonner avant que le grain ait acquis une maturité complète, c'est-à-dire avant que la partie sucrée ait été masquée ou convertie en substance farineuse. Dès lors le grain est à peu près dans l'état où il se trouve lors de sa germination ; et, pour peu que les circonstances y concourent, il s'échauffe, se détériore, il entre, en un mot, en fermentation. Mais supposons que le grain ait été serré à un degré convenable de siccité et de maturité, il n'en renferme pas moins une cause de détérioration, je veux dire la partie sucrée. Les corps qui en contiennent sont susceptibles de fermentation vineuse lorsqu'ils sont réunis en grande masse, et exposés à l'action d'un fluide convenable : le blé déposé dans un grenier, na-

turellement ou long-temps humide , s'enfle à peu près comme celui qui est confié à l'eau ou à la terre ; la partie farineuse se décompose , la matière sucrée reparait , se développe , et le germe ne tarde pas à poindre. C'est donc au concours de l'humidité que le grain absorbe , et à son union avec le principe sucré , que sont dus la détérioration et l'échauffement qu'il éprouve.

Telles sont les causes , soit extérieures , soit intérieures , qui amènent l'avarie des blés. On a cherché à y remédier de diverses manières. On a eu recours à des constructions particulières ; on a employé l'air , le feu , etc. Nous allons décrire rapidement ces méthodes , et les comparer à l'emploi de la vapeur.

Le premier moyen a déjà donné des résultats satisfaisans ; mais , les expériences durant encore , nous n'en parlerons pas. Les silos ne peuvent d'ailleurs servir que pour conserver les grains , et c'est surtout des récoltes serrées par la pluie , des blés en paille que nous nous occupons. Nous passons donc aux courans d'air.

Séchage par l'air. Le courant d'air emporte l'humidité du grain , et entretient la fraîcheur. Il le conserve ainsi , de deux manières , par son action hygrométrique , et par le froid qu'il produit , et qui est si funeste au développement des *charançons*. Sans doute , l'air du grenier , toutes fenêtres ouvertes , est au même degré de chaleur

que celui de l'atmosphère ; mais, le courant une fois établi, l'équilibre est rompu, et le froid commence. L'évaporation des liquides nous en fournit la preuve. Admettons donc comme un fait démontré que le courant d'air rend plus frais les corps qu'il frappe ; il ne s'agit que de le ménager. Or rien n'est plus facile ; il suffit d'ouvrir les fenêtres correspondantes, et de profiter de la direction des vents. On peut encore, si on ne veut pas les tenir ouvertes, y pratiquer des tuyaux de fer-blanc, qu'on fait dégager dans l'intérieur du blé ; ce ventilateur si simple est préférable, sous tous les rapports, à ceux qui demandent le secours de l'homme pour être mis en mouvement.

C'est surtout pendant la première année que le froment fermente. Si on ne le remue pas au grenier, il se couvre d'humidité, et se trouve dès-lors sous l'influence des phénomènes électriques, éprouve les décompositions que subissent ceux qui fermentent, se putréfie rapidement par les temps d'orage, et n'est plus propre qu'au travail des amidonniers.

On ne doit donc jamais attendre pour remuer et travailler le froment qu'il exhale de l'odeur, et que la main introduite dans le tas reçoive une impression de chaleur ; car le grain alors a déjà subi un commencement de fermentation, qui avance d'autant plus vite, que

la saison est plus chaude et l'atmosphère plus humide. La quantité de blé détermine la fréquence du pellage, et dans aucun cas la couche de grains ne doit avoir plus de dix-huit pouces d'épaisseur.

Séchage par l'intermède du feu. Ce moyen mérite d'autant plus d'être développé que les procédés sont en grande partie applicables au séchage à la vapeur.

Lorsqu'on a été obligé de couper le blé avant qu'il ait atteint sa maturité, que les moissons ont été pluvieuses, et que l'on craint la germination, ou qu'on habite un pays humide, que le grain ne peut perdre son eau surabondante de végétation, ou enfin qu'on veut envoyer des farines dans les colonies, il faut nécessairement, si le froment n'est pas encore assez sec, recourir à l'intermède du feu.

M. Duhamel, qui s'est beaucoup occupé de la conservation des grains, conseille une étuve dont voici la description : « Elle a, c'est l'auteur qui parle, onze pieds hors d'œuvre ; elle est bâtie et isolée au milieu d'une salle basse ; elle est garnie à sa partie antérieure d'une porte à double vantaux, pour entrer dans cette étuve lorsque quelques circonstances l'exigent. Quand on veut la chauffer avec des réchauds de charbon, on pratique au mur opposé une porte plus basse pour y introduire des réchauds rou-



lans , que l'on peut retirer avec un crochet par la porte opposée. Quand on chauffe l'étuve avec du bois , la bouche est à la face opposée de la porte à deux vantaux dont nous avons parlé. Au-dessus du corps de l'étuve , sont deux trémies dans lesquelles on jette le grain pour remplir les tuyaux ; elles sont soutenues par un petit assemblage de menuiserie , qui donne la facilité de les ôter après que l'étuve est chargée , et de fermer ensuite les ouvertures avec des trappes pendant qu'on échauffe l'étuve.

» Au milieu de la surface supérieure de l'étuve est une ouverture par laquelle on descend un *thermomètre* , au moyen d'un cordon ; au-dessous de cette ouverture est un tuyau de cheminée , qui s'élève jusqu'au-dessus du toit , et qui est garni d'une plaque de fer pour le fermer lorsque l'on veut conserver la chaleur du poêle , ou quand on veut en diminuer l'action si on la juge trop vive. Cette cheminée devient inutile quand on chauffe les étuves avec des réchauds et du charbon. La profondeur dans œuvre de cette étuve est de 9 pieds 6 pouces , sa largeur aussi dans œuvre est de 9 pieds.

» La partie supérieure de la voûte est en dôme , et au milieu est un des tuyaux qui communique à une série d'autres tuyaux verticaux dans lesquels se place le grain que l'on veut étuver.

» Les murs de l'étuve jusqu'à la naissance de la voûte ont un pied d'épaisseur ; ils sont faits de moellons , crépis en dehors et en dedans avec un mortier de chaux et de sable ; la voûte est réduite à l'épaisseur d'une brique posée sur champ ; les encoignures extérieures , l'embrasure des portes , ainsi que la bouche du poêle , sont en pierres de taille. On a fait vis-à-vis des coulisses qui forment les gouttières , des arcades en briques , pour diminuer l'épaisseur du mur , qui est réduit à cet endroit à l'épaisseur d'une brique , afin que le grain qui s'amasse dans la coulisse puisse participer de la chaleur de l'étuve ; malgré cette attention , il reste à cet endroit une petite quantité de grain qui reçoit moins de chaleur que le reste. Cette bâtisse, continue M. Duhamel, ne doit point faire règle : on peut en construire avec de la brique et des plâtras , et même avec du colombage et du torchis , dans les pays où la pierre peut manquer ; mais alors il serait nécessaire , pour la plus grande sûreté , que le bâtiment où serait établie l'étuve fût tout-à-fait isolé , quoiqu'il n'y ait rien à craindre du feu , surtout quand on se sert de réchauds et de charbon.

» A l'égard des tuyaux, les deux faces étroites peuvent être faites de planches ; mais les deux grands côtés doivent être de tôle mince , et piqués comme des grilles de râpe. »



M. Duhamel a présenté lui-même les avantages de son étuve , car il assure que la dépense est de 15 c. par setier , ou 1,56 hectolitre.

Cette estimation donnée par l'auteur pour appuyer son système est sans doute faite au plus bas possible.

Le grain perd :

$$\begin{array}{l} \text{En mesure } \frac{1}{44}, \\ \text{En poids } \frac{1}{68}. \end{array}$$

Ces estimations pourront nous servir à comparer ce mode de séchage avec celui de la vapeur.

M. Parmentier , si recommandable par ses travaux , soit pour la conservation des grains , soit sur la manière de faire le pain , s'exprime comme suit sur la méthode de séchage proposée par M. Duhamel.

« Malgré tous les avantages qui résultent du dessèchement des grains auxquels on applique le feu , on est forcé de faire des objections contre l'étuve de M. Duhamel.

» Il est impossible de déterminer le temps que le froment doit séjourner dans cette étuve , et quel est précisément le degré de chaleur qu'il faut employer pour le dessécher complètement.

» Cette opération est en outre préjudiciable au commerce par le déchet et les frais indispensables qu'elle entraîne ; elle rougit le froment ,

l'altère au point que la farine qui en provient n'a plus le même éclat, et que le pain, quoique blanc et léger, ne possède plus ce goût exquis de noisette qu'on distingue dans celui du froment de première qualité qui n'a pas passé à l'étuve. A la vérité, il est vrai encore que le déchet n'est qu'apparent; car il ne s'est évaporé que de l'eau, et la farine en absorbe d'autant plus au pétrissage, qu'il s'en est plus dissipé à l'étuve.

» Mais un des véritables inconvéniens est l'emploi du réchaud qu'on place au centre. Le grain répandu sur les tablettes ou dans les tuyaux n'éprouve pas une chaleur uniforme; l'humidité n'a pas d'issue pour s'échapper, et rougit le grain. Le froment subit une température trop élevée, l'eau de composition se détache et se dissipe, carie le grain par des cristallisations qui l'empêchent de reproduire. Ce mode exerce sur le germe une influence qui n'est pas au profit de la plante. De plus ce blé est fortement desséché, il agit à son tour sur l'atmosphère et sur l'eau qu'elle contient proportionnellement à la dessiccation éprouvée. Il absorbe donc l'humidité, et parcourt une nouvelle ère; il reprend donc au sortir de l'étuve une certaine portion d'actions chimiques qui ne contribue pas à le conserver.

» On pouvait rendre l'étuve moins dispen-

dieuse , plus commode et d'une plus grande efficacité , en construisant la charpente en bois , et les tablettes en fer poli , qui se traversent et se déjettent moins par la chaleur.

» On pourrait aussi placer le fourneau au centre , distribuer des tuyaux dans les parties latérales et inférieures en perçant les tablettes , ou bien de les faire en treillis de fer : on aurait l'avantage de ne pas voir les grains engagés dans les mailles , et la chaleur se répandrait du centre aux extrémités , agirait en tout sens , et opèrerait d'une manière plus égale et plus uniforme. »

M. Bucquet décrit une disposition encore plus simple : « Je n'étais pas assez riche , dit-il , pour construire une étuve qui fût bien dispendieuse ; il me la fallait simple et aisée à conduire , et telle qu'elle pût étuver beaucoup de blé à la fois. Ma maison avait quatre étages , c'était par conséquent quatre planchers qu'elle offrait pour mon opération ; en ajoutant dans chaque étage plusieurs rangs de tablettes les unes au-dessus des autres , je me procurais encore des planchers nouveaux : il ne s'agissait plus que de placer au rez-de-chaussée un poêle dont le tuyau les traverserait tous pour les échauffer , ou tout au plus , si le poêle ne suffisait pas , d'en ajouter un second dans les étages supérieurs ; et , pour me garantir des dangers

du feu, d'entourer le tuyau de quelques pouces de mortier ou de briques aux endroits où il perçait le plancher. Tout cela est peu dispendieux. Pour échauffer mon étuve, il ne me coûte que trois ou quatre sous par setier, et tout au plus cinq les jours où il faut allumer le poêle pour la première fois. Dans les provinces où l'on brûle le charbon-de-terre, on pourrait tenter de s'en servir, et le chauffage ne coûterait peut-être pas alors un sou par setier.

» Avant de porter à l'étuve les blés gâtés que je voulais rétablir, j'avais imaginé de les laver pour emporter le vice extérieur qui leur donnait un mauvais goût; mais ce n'eût point été assez de les placer plusieurs fois dans l'eau; ce bain n'eût opéré que faiblement sur cette espèce de gangrène qui était adhérente à la pellicule. Il fallait un remuement et un frottement assez forts pour l'enlever et la détacher: c'est ce que j'exécutai en les plaçant dans des baquets, et les faisant travailler avec les mains.

» Pour graduer la chaleur de mon poêle, j'avais placé dans l'étuve un thermomètre. Aux blés récoltés humides, que je voulais simplement sécher pour moudre ensuite, je donnais 50 à 60° de chaleur; à ceux que je destinais à faire des farines d'exportation, j'en donnais depuis 80 jusqu'à 90. Au reste, il y a sur cela un

tact que l'on a bientôt acquis , et ce tact doit tout conduire ; car on sait qu'il ne faut pas pour moudre qu'un grain soit trop sec.

» En douze heures j'étais, des premiers, huit setiers environ ; quatre ou quatre et demi des seconds ; et environ trois ou quatre des blés lavés , niellés et noirs. Je faisais deux étuvées consécutives des blés récoltés humides , ce qui me donnait en vingt-quatre heures 15 à 16 setiers bons à moudre. Pour les blés qui avaient été lavés , je n'en faisais qu'une étuvée par jour, et je conseille de n'en pas faire davantage.

» Pendant l'opération je les faisais remuer les uns et les autres trois ou quatre fois sur le plancher et sur les tablettes , afin que la chaleur séchât la masse entière , et se répandît également sur chaque grain. Le matin , j'allumais le feu du poêle , ayant grand soin que le bois ne fumât pas. Quand il était bien embrasé et sans fumée ; je fermais le tuyau pour que la chaleur se conservât sans déperdition. Le soir on l'allumait de nouveau pour une seconde étuvée qui se faisait pendant la nuit ; quand on en faisait deux , et à la fin de chacune , on déchargeait par un couloir le blé séché ; enfin , après l'avoir étendu sur le plancher et l'avoir laissé refroidir , on le passait aux cribles d'Allemagne ou au *tarare*. »

Nous avons donné quelques détails sur ce

Nous ne pouvons nous servir de ces nombres pour estimer la quantité d'eau que renferme le blé en gerbes ; il est impossible de donner une règle générale à cet égard , l'humidité qu'elles contiennent est trop variable ; mais les approximations suffisent , et nous pouvons admettre que l'humidité s'élève , par exemple , à 4 pour 100. Nous aurons alors :

Poids à sec.	Poids humide.	Poids de l'eau.
1	1,04	0,04

Nous savons d'un autre côté que la condition la plus économique pour le séchage est que l'humidité évaporée dans la première minute soit 0,08 de celle que la substance contient : dans ce cas celle-ci doit rester dans la sécherie environ trente fois ce temps donné.

La moyenne de l'humidité enlevée par minute sur un pied carré de tissu de coton mouillé, est 9 grains à 5°. Si le corps est moins humide, tel que le blé, on peut l'estimer au neuvième, d'où résulte que 48600 mètres carrés de surface, ou 24300 mètres carrés de blé en paille étendu sur des claies, laissent évaporer un pied cube d'eau par minute, ou $\frac{1}{100}$ de pied cube pour 243 mètres carrés.

Le degré le plus convenable pour une sécherie à la vapeur est 32°, et nous savons qu'un pied cube d'air à cette température prend au



plus 14,1 grains de vapeur, ou 11,3 grains, en déduisant 2,8 pour celle qui est répandue dans l'air. Ainsi un mètre carré de blé exige donc 1,6 pied cube d'air. Nous doublerons le résultat parce qu'il serait désavantageux d'opérer à saturation, et nous aurons 3,2 pieds cubes, c'est-à-dire que chaque étendue de 243 mètres carrés exigerait 777,6, ou en nombres ronds 800 pieds cubes d'air.

1°. La chaleur exigée pour 243 mètres carrés doit évaporer $\frac{1}{100}$ de pied cube par minute, et élever 800 pieds cubes de la température extérieure à 32°; 2°. la quantité de tuyaux qui évapore $\frac{1}{100}$ de pied cube est à peu près 138 pieds en surface; d'un autre côté, nous devons chauffer 800 pieds cubes d'air à 32°, l'air extérieur étant par hypothèse à 5°; la surface de tuyaux nécessaire pour produire cet effet est donnée par la formule déjà employée, et s'élève à 141 pieds carrés; c'est-à-dire que 243 mètres carrés de blé en gerbes exigeront

$$138 + 141 = 279$$

pieds carrés en surface de tuyaux.

Il est évident que l'on aura rarement une masse aussi considérable à sécher; cherchons donc à établir le calcul sur des données moins fortes. Supposons 10 mètres carrés de gerbes;



elles exigeront, d'après ce qui vient d'être dit, 32 pieds cubes d'air pour être privées de 0,000411 de pied cube d'eau; de sorte que, pour maintenir la sécherie à 32°, il faudra employer à fort peu près 12 pieds carrés de surface de tuyau.

On veut connaître le temps employé au séchage. Calculons sur 1000 livres de blé, nous trouvons que cette quantité renferme

$$1000 \times \frac{4}{100} = 40 \text{ livres d'eau ;}$$

or, dans le séchoir, l'évaporation est de $\frac{1}{100}$ de pied cube par minute, ou de 0,625 livres; d'un autre côté

$$40 \times 0,08 = 3,2,$$

nous aurons la proportion

$$0,625 : 1 :: 3,2 : \frac{3,2}{6,25} = 5,12,$$

et

$$30 \times 5,12 = 153,6 \text{ minutes ,}$$

c'est-à-dire qu'il faudra à très-peu de chose près deux heures et demie pour le séchage.

La surface de la section du tuyau pour le dégagement de l'air de la sécherie, doit être telle qu'elle en dégage 32 pieds cubes par minute, pour 12 pieds carrés de surface de tuyaux, plus la quantité de vapeur que cet air renferme, ce

qui donne environ 34 pieds cubes. Supposons que la hauteur de l'ouverture de sortie soit 9 pieds, nous aurons

$$\frac{0,34}{\sqrt{9}} = 0,11;$$

conséquemment $\frac{1}{100}$ de pieds carrés ou 15 pouces carrés seront la surface de l'issue nécessaire au séchage.

Terminons cet aperçu par l'estimation du combustible qu'exige l'opération.

Admettons que 1000 livres de blé en gerbes étendu par couches exigent un espace d'environ 1700 pieds cubes; nous savons qu'un pied carré de surface dans la chaudière élève de 260000 pieds cubes d'air, ou en d'autres termes, qu'une chaudière de la force d'un cheval chauffe un espace de 5000 pieds cubes. Conséquemment le tiers d'un pied carré, ou une chaudière qui évaporera en une heure un tiers de pied cube d'eau, sera suffisante pour l'opération dont nous parlons.

Lorsqu'on s'est assuré des dimensions de la chaudière, il est facile de calculer la dépense du combustible. D'après MM. Boulton et Watt, quatorze livres de bon charbon-de-terre suffisent par heure pour la force d'un cheval; nous aurons donc pour le combustible par heure

$$\frac{14}{3} = 4,6.$$





c'est-à-dire que la dépense sera 11 livres pour deux heures et demie, ou pour sécher 1000 livres de blé en gerbes, humides et contenant 4 pour 100 d'eau. Or le charbon-de-terre coûte au plus 3 fr. 50 cent. le quintal, ce qui donne sept à huit sous pour ce séchage.

Ainsi l'agriculteur peut corriger d'une manière simple, rapide et peu coûteuse l'intempérie des saisons, et mettre ses moissons à l'abri des avaries qu'entraînent toujours plus ou moins les pluies qui les frappent au moment de la récolte.

Des celliers, vinaigreries, etc.

La saison, le défaut de maturité, le moment de la cueillette s'opposent quelquefois au développement de la fermentation. On est obligé d'avoir recours à des moyens artificiels, de faire chauffer une certaine quantité de moût, d'employer des poêles, etc. Il en est de même pour la conversion des vins en vinaigres : souvent la chaleur naturelle ne suffit pas, il faut l'accroître, exciter la fermentation, faire usage des calorifères; mais on n'obtient jamais ainsi une température constante : elle est forte, faible, et ne peut aisément se graduer. La vapeur ne présente aucun de ces inconvéniens, elle se tient sans cesse à 100°, elle ne dépasse pas ce terme ni ne descend au dessous. Soit donc un cellier dont on



vent maintenir la température à 20°, nous n'avons pas besoin de nous occuper de la ventilation qui n'est ici qu'en pure perte, et on doit autant que possible en diminuer l'intensité. Supposons donc que le cellier ait 180 pieds de long, 44 de large, et 20 de haut, la surface de 15 fenêtres étant par hypothèse de 400 pieds; nous avons, d'après les principes qui précèdent,

$$10 \times 180 + 1,50 \times 400 = 2400$$

pieds cubes d'air à échauffer par minute. La température extérieure est 0°, celle du cellier doit être 20°; nous aurons donc, par la formule déjà employée, 294 pieds carrés de surface de tuyaux, qu'il suffira de disposer pour obtenir le résultat voulu; il sera cependant bon de la porter à 300, pour compenser la ventilation qui se fait toujours soit par les portes soit par les fenêtres ou autres ouvertures.

Il est facile d'estimer la quantité de combustible nécessaire pour produire l'effet dont il s'agit. Nous avons vu que si le produit de la condensation revient à la chaudière, le combustible qui fait bouillir un pied cube d'eau suffit pour chauffer 30 pieds de surface de tuyaux pendant une heure, dans une salle qu'on maintient à 25°; d'un autre côté ce combustible s'élève à 1,2 livre ou à $\frac{1}{70}$ de boisseau. Il résulte de

là que le chauffage de 294 pieds en tuyaux consommera 11,76 de charbon par heure : si le produit de la condensation ne revient pas dans la chaudière, il y aura de la chaleur perdue qu'il faudra compenser.

Fermentation des vins de grains, etc.

La conversion des vins de grains, de fécule, etc., en eau-de-vie, exige souvent aussi une température supérieure à celle de l'atmosphère. Je sais bien que la fermentation ne se fait pas partout au même point; que les Russes, par exemple, après avoir rapidement poussé la macération de leur farine, qu'ils choisissent aussi fine que possible, et travaillent à la vapeur, refroidissent la cuve, la mettent à la glace en plein air, et l'abandonnent à elle-même; mais on opère autrement en France, on tient l'atelier à environ 15°. Dans ce cas, tout ce que nous avons dit des celliers trouve ici sa place.

Du séchage de la poudre.

S'il existe une opération dans laquelle la vapeur présente des avantages et de la sûreté, c'est assurément le séchage de la poudre.

Cette méthode est cependant peu répandue en France; j'ignore si les essais que l'on a tentés



n'ont pas répondu à l'attente de ceux qui les ont faits ; mais alors il est probable qu'ils ont été mal dirigés, puisque, comme nous le verrons plus bas, ce séchage ne présente rien de particulier, et s'applique à la poudre comme à tous les autres objets. Je vais rappeler en peu de mots le procédé qu'on suit généralement parmi nous. Je le tire de l'ouvrage de M. Bothée et Riffaut sur la poudre à canon.

Il y a deux manières de sécher la poudre : celle du séchoir à l'air, et celle du séchoir par le feu, appelé sécherie.

Séchoir à l'air. Pour sécher la poudre à l'air, on cherche l'emplacement de la fabrique le plus long-temps exposé aux rayons du soleil ; il est nécessaire que cet emplacement soit abrité d'un mur élevé du côté du nord, et de deux autres murs en retour à l'est et à l'ouest, pour réfléchir les rayons du soleil et garantir des coups de vent.

Au midi du grand mur le séchoir est fermé par des lisses en bois élevées sur des poteaux posés debout, et scellés en terre. Ces lisses sont parallèles entre elles, et correspondent deux à deux, formant ainsi autant de tréteaux ou chantiers. Chaque chantier est destiné à supporter une suite de tables approchées les unes des autres, de manière à n'en faire qu'une par chaque chantier.

Ces tables se disposent en général parallèlement au grand mur, c'est-à-dire à angle droit avec la direction des rayons solaires ; on les incline vers le soleil, et l'on tient la lisse de devant plus bas que celle du derrière.

Chaque rang de tables, pour être solide, peut être composé de lisses de 23 décimètres de longueur. C'est donc à cette distance que les poteaux doivent être placés : ainsi, avec six poteaux et cinq lisses, on forme un tréteau, et avec le double un chantier propre à recevoir un rang de tables de douze mètres de largeur. Chaque volet ayant 76 centimètres de largeur, il devra en entrer seize dans ce rang de tables de 12 mètres ; la longueur des volets, qui est de 3 mètres, détermine la largeur des rangs de tables, qui sera aussi de 3 mètres, lesquels, multipliés par les 12 mètres de longueur, donneront une surface de 36 mètres carrés pour chaque rang de tables.

Chaque chantier est ordinairement disposé de la manière suivante : un quart est découvert sans table ; ensuite un espace égal est recouvert de quatre volets, et la moitié restante est recouverte de trois draps de toile, dont un est chargé de poudre. Chacun de ces draps, qui doit avoir 6 mètres carrés, en perd un par les bourrelets et recouvrements, et ne conserve plus que 5 mètres carrés, dont chacun peut recevoir 4 ki

logrammes de poudre , ce qui fait pour chaque rang de tables que nous venons de décrire , environ 120 kilogrammes.

Si l'on compose un séchoir de dix de ces rangs de tables , il sera capable de sécher à la fois 1200 kilogrammes de poudre : c'est en effet la dimension que l'on a coutume de donner au séchoir à l'air dans les poudreries ordinaires , et il faut pour cela un emplacement d'environ 50 mètres de longueur , attendu que du centre d'un rang de tables à celui de l'autre , il faut donner $4\frac{1}{2}$ mètres d'espace , afin de laisser entre chaque rang de tables tendues environ 16 décimètres de chemin pour la facilité de la manoeuvre , et environ autant aux deux bouts du séchoir entre les murs latéraux et les tables.

Dans les grandes poudreries , si l'on n'a pas un terrain double en longueur pour placer vingt rangs de tables , on place en avant des dix rangs de tables dont nous avons donné la description , dix autres rangs de tables , qui alors forment une section capable de sécher à la fois 2400 à 3000 kilogrammes de poudre.

On sépare cette seconde travée de tables de la première par un chemin qui se croise avec tous les autres , c'est-à-dire qui est parallèle au grand mur et à angle droit avec les tables. On a un double motif dans cette distribution : le premier est de faciliter la circulation dans le sé-



choir ; le second , de pouvoir , comme nous l'avons dit , donner à chaque rang de tables de 12 mètres , une pente longitudinale vers le soleil , ce qui ne pourrait avoir lieu sur une longueur de 24 mètres , sans que les chantiers se trouvassent beaucoup trop élevés du derrière , ou baissés du devant.

On peut , sans trop gêner l'ouvrier pour les manœuvres , élever le premier poteau par derrière de 9 décimètres , ce qui donnera , avec la hauteur de la lisse et de la table , un mètre d'élévation aux rangs de tables sur le derrière ; on élèvera le deuxième poteau , qui est le premier sur le devant , de 7 décimètres seulement , ce qui donnera au devant de la table la hauteur de 8 décimètres. La hauteur des quatre poteaux intermédiaires sera déterminée par la pente que donnera la différence d'élévation entre le premier poteau de derrière et le premier de devant.

On fait de très-bons volets pour les tables à sécher , en employant pour chacun trois planches de chêne de 3 mètres de longueur sur 25 centimètres de largeur , et 4 centimètres d'épaisseur ; on assemble ces trois planches à feuillures et languettes ; on termine chaque volet par une emboîture ; et on le consolide encore , si l'on veut , par deux traverses entaillées à queue d'aronde , à mi-bois , dépassant le volet en dessous suffisamment pour embrasser ces deux



lisses en dehors , et ayant le même écartement qu'elles. Ces barres facilitent et accélèrent l'arrangement des volets les uns près des autres.

Lorsque le séchoir est déchargé , les volets des tables s'empilent par huit ; on recouvre ces piles d'un toit.

Le rabot , pour remuer la poudre est un râteau , non à dents , mais formé de crans qui leur donnent une ressemblance assez exacte avec la lame d'une scie.

Séchoir par le feu , appelé *sécherie*. L'appareil dont on se sert pour sécher la poudre au moyen du feu , se compose d'un soufflet qui comprime l'air dans une étuve , d'un fourneau qui y chauffe cet air , et d'un séchoir en forme de caisse qui le reçoit de l'étuve à travers les couches de poudre que l'on y dispose pour être séchée. Nous décrirons en peu de mots chacune de ces parties.

Le soufflet est un ventilateur qui a quelque rapport avec les bluteaux à vent dont on se sert dans l'économie rurale. Il est placé dans un tambour qui a quatre ouvertures , l'une circulaire dans le plafond , l'autre correspondant dans le sol : celle-ci communique avec le conduit appelé *canal d'aspiration*. La troisième ouverture est une ouverture faite dans le mur de l'étuve ; la quatrième est une porte qui ferme exactement , et par laquelle on peut entrer dans le tambour.



Le ventilateur renfermé, comme nous l'avons dit, dans le tambour, est composé d'un arbre vertical en fer, terminé à son extrémité inférieure par un pivot implanté dans une crapaudine, laquelle est encastrée dans la tête d'un poteau en bois, scellé dans le fond du canal d'aspiration. A la partie supérieure de l'arbre sont adaptées quatre branches de fer et autant en bas. Ces huit branches, réunies par des tringles de fer parallèles à l'axe, forment des cadres qui, recouverts de toiles peintes lacées sur ces tringles et sur les branches, constituent les quatre ailes du ventilateur; d'autres tringles diagonales sont terminées par des vis de rappel destinées à relever l'extrémité des ailes, en cas de flexion des branches. L'arbre du ventilateur est maintenu dans la position verticale par un croisillon en fer, fixé à l'ouverture supérieure du tambour; au centre de ce croisillon est un collet de cuivre refendu en deux, et qui embrasse le haut de l'axe du ventilateur dans une partie tournée à cet effet; les deux portions du collet sont à coulisses, et se rapprochent plus ou moins par des vis de pression.

A l'extrémité de l'arbre du ventilateur est un pignon qui engrène dans une roue dentée: cette roue est traversée par un axe en fer, qui porte par les deux bouts sur des collets de cuivre ou d'étain, soutenus à la hauteur convenable par



des branches boulonnées aux solives du plafond. A un des bouts de l'arbre de cette roue dentée est adaptée une manivelle. Chaque collet est composé de deux parties, dont l'une inférieure qui porte l'arbre; l'autre supérieure qui achève de l'envelopper, et est maintenue par une bride qui la recouvre. Les deux embasses servant de tourillons à l'arbre, sont accompagnées d'épaulements, ou simplement celui qui est le plus près de la manivelle porte un renflement en forme d'aile, qui se loge et tourne dans l'épaisseur du collet pour s'opposer à l'oscillation de cet axe de la roue dentée, et par conséquent au désengrenage qui s'ensuivrait. La communication qui existe entre la cage du ventilateur et l'étuve se ferme et s'ouvre par le moyen d'une vanne.

Pour mettre le soufflet en action, on applique à la manivelle un ouvrier placé sur une estrade, d'environ cinq décimètres de hauteur, établie entre la cage du soufflet et le mur.

Par ce mouvement de rotation imprimé au soufflet, l'air contenu dans la cage entre les ailes éprouve une force centrifuge qui le précipite par l'ouverture qui communique du ventilateur à l'étuve. Cet air est remplacé par celui du cylindre formé par les toiles peintes; celui-ci l'est à son tour par l'air atmosphérique qui se précipite dans la cage par le canal inférieur d'as-

piration, et par l'ouverture circulaire ménagée dans le plafond, de sorte que la prolongation du mouvement de rotation imprimé au soufflet accumule et comprime l'air dans l'étuve, et par suite dans le canal d'insufflation et le séchoir, partie de l'appareil qui nous reste à décrire.

L'étuve est chauffée par un poêle; ce dernier est composé, comme tous les appareils de ce genre, d'un cendrier, d'une grille, etc., et une porte par laquelle on verse le charbon sur la grille.

L'air arrivant par la porte du cendrier brûle la partie du combustible contiguë à la grille, pénètre dans le canal, où il arrive bientôt à une haute température, entre dans des tuyaux qui, prenant naissance à l'extrémité de ce canal, font un circuit d'environ 63 mètres de longueur dans l'intérieur de l'étuve, et se terminent à la partie inférieure de la cheminée.

Tandis que le combustible brûle par sa surface inférieure, la surface supérieure se trouve à une haute température; elle se distille, et les produits n'étant plus, soit dans le foyer, soit dans le canal, qu'en contact avec un air qui a servi à la combustion, et qui dès lors est privé d'oxygène, il en résulterait, si l'on n'y remédiait, une fumée abondante qui aurait ici le double inconvénient et d'enlever une portion du combustible, et de tapisser intérieurement les



tuyaux d'une couche de suie, qui les rendant mauvais conducteurs du calorique, s'opposerait à l'échauffement de l'étuve. Pour s'en préserver, il y a dans la porte par laquelle on introduit le charbon, un registre qui verse de l'air atmosphérique dans le foyer; il s'y échauffe, se mêle avec la fumée dans le canal, où se brûlent par son moyen les produits de la distillation: il en résulte un accroissement de température et une fumée limpide.

A la suite du canal doit se placer un tambour en tôle de 1 mètre de capacité. Les tuyaux de fumée partent de la surface supérieure, et dans le fond est pratiquée une porte qui permet de retirer les cendres qui s'y déposent, et qui autrement seraient entraînées dans l'intérieur des tuyaux, qu'elles obstrueraient en s'opposant à l'échauffement de l'étuve. On construit à chaque extrémité de l'étuve un petit mur de briques. Ces murs qui montent jusqu'à la voûte, laissent entre eux et les gros murs du bâtiment un intervalle d'environ 2 décimètres. L'air qui y est renfermé, étant mauvais conducteur du calorique, empêche celui de l'étuve de s'échapper au dehors. Un de ces murs ne ferme pas comme les fourneaux toute la hauteur de l'étuve; au-dessus de sa partie supérieure, il laisse vide un segment de cercle de 60 centimètres de flèche; c'est par cette ouverture que

l'air, refoulé par le soufflet, s'introduit dans le canal d'insufflation, et sous le séchoir. Cette disposition a pour objet de n'admettre dans le canal que l'air le plus chaud, toujours situé dans la partie supérieure de la voûte, et laisse aux bouches inférieures de l'étuve le temps de s'échauffer.

Dans le même but de prévenir la perte de calorique, l'étuve est recouverte de deux voûtes l'une au-dessus de l'autre, et laissant entre elles un intervalle.

Le séchoir est une auge rectangulaire; le canal d'insufflation vient aboutir au milieu de la longueur de son fond: elle est orientée, ainsi que le bâtiment de la sécherie, suivant les quatre points cardinaux. La paroi du sud est moins élevée que celle du nord. Cette auge est en briques, et est terminée par un couronnement en bois. Ce dernier reçoit des barreaux carrés, placés sur leurs angles en travers de l'auge, fixés dans une direction perpendiculaire aux rayons solaires du solstice d'été, et à 32 centimètres les uns des autres; sur ces barreaux et en travers sont placés de gros fils de fer bien tendus d'un bout de la caisse à l'autre, fixés contre le couronnement en bois, et à 10 centimètres les uns des autres; sur ceux-ci en sont placés de plus minces dans le sens des barreaux, et à 10 ou 12 millimètres seulement les uns des



autres : le tout forme un grillage solide , sur lequel on étend une étamine de laine assez serrée pour qu'elle laisse passer peu de poussier ; elle est clouée dans tout son pourtour sur l'intérieur du couronnement de la caisse ou auge , de manière à être bien tendue , et à couvrir exactement toute la surface supérieure du séchoir.

L'orifice du canal d'insufflation peut se fermer à volonté , au moyen d'une trappe à charnière , par un cordeau qui , traversant la paroi du nord , s'attache en dehors à un crochet ; afin de présenter à l'air chaud affluant dans le séchoir moins de surfaces par lesquelles le calorique puisse s'échapper , le fond de l'auge est relevé avec de la terre , et son sol , auquel on a donné un peu de pente , est carrelé en carreaux de faïence blanche , bien joints. Aux extrémités et à l'ouest de l'auge , sont deux petites portes de 42 centimètres en carrés , par lesquels s'introduisent un ou deux hommes , pour ramasser avec des balayettes le poussier qui , pendant le déchargement des poudres , a passé par l'étamine et est tombée sur le carreau. Des thermomètres placés intérieurement et contre de petites fenêtres vitrées pratiquées dans les portes , indiquent la température de l'intérieur du séchoir.

Dans la partie du sud du couronnement sont pratiquées six ouvertures en entonnoir , à la

partie extérieure desquelles sont adaptés autant de becs inclinés , destinés à introduire les poudres dans des barils ou des tines lorsqu'elles sont sèches. Pendant le séchage, ces ouvertures sont fermées par des pièces de bois qu'on enlève à volonté , et qui ont la forme des parties intérieures et supérieures du couronnement.

La salle où se trouve le séchoir n'a aucune communication avec l'étuve, et elle est entièrement séparée de l'atelier où est le fourneau par un mur de refend qui règne de l'est à l'ouest du bâtiment. Cette salle est recouverte par un vitrage incliné établi sur des bandes de fer, qui portent par une de leurs extrémités sur le mur du sud , et de l'autre sur la corniche fixée contre une poutre supportée par des colonnes. Sur le milieu de l'épaisseur de chacune des grandes bandes , sont fixées , par des vis à écrous , de petites tringles carrées , laissant de chaque côté un appui pour les vitres. Ces tringles , à leur partie inférieure , sont terminées de chaque côté par une partie saillante et à angle droit de 5 à 6 millimètres de longueur, qui empêche les vitres de glisser et de descendre, en les retenant par leurs angles. A leur extrémité supérieure , les petites tringles sont coudées de manière que la partie montante, depuis le coude , soit perpendiculaire à l'horizon , et elles sont terminées par un demi-anneau , dans lequel sont contenues



des tringles rondes , fixées en haut et en bas du toit sur les corniches et sur le mur.

Les vitres sont posées à recouvrement , de manière que la première d'en haut passe par-dessus celle qui la suit , et la dépasse de 6 à 7 centimètres ; la seconde passe sur la troisième , et ainsi de suite : les bords des vitres au-dessus des grandes bandes sont garnies de mastic. Les vitres ont 54 centimètres de large sur 70 de haut , et il y en a dix-huit rangs posant sur dix-neuf bandes.

Les tringles rondes dont nous avons parlé sont destinées à empêcher que la toile que l'on descend au-dessus des vitres , en cas de grêle , ne pose sur elles , ne les dérange par le frottement , ou , qu'agitée par les vents , elle ne les casse. Cette toile , glissant sur des tringles , se descend et se remonte d'une seule pièce , au moyen de poulies placées en haut et en bas du toit , de quatre cordons passant dans des anneaux se réunissant au même point , et d'un treuil garni de leviers fixes , mis en mouvement par un homme placé dans la chambre du séchoir. La toile est tenue tendue dans le sens de sa longueur par deux tringles rondes de sapin , qui remontent avec elle , rendent les plis plus égaux et pressés , et la rangent sous un petit toit , où elle est à l'abri du soleil et de la pluie.

Ce petit toit a en longueur toute la largeur du

bâtiment , et consiste en quelques barres de fer courbes , dont une des extrémités est en saillie , et l'autre plantée dans la poutre qui soutient des tringles de sapin , sur lesquelles est clouée une toile peinte.

Les tringles rondes servent encore à supporter les paillassons et le *prélart* goudronné , dont à l'entrée de l'hiver on garnit le dessus du toit vitré. On a alors pour couverture un vitrage , un toit de chaume , au-dessus duquel est un *prélart* , et enfin une couche d'air interposée. Cet ensemble , peu perméable au calorique , prévient l'abaissement de la température dans la salle du séchoir , et la condensation des vapeurs qui s'élèvent de la poudre.

L'éloignement des murs du sud du séchoir et son abaissement , empêchent qu'il porte jamais son ombre sur le séchoir depuis l'équinoxe du printemps jusqu'à celui d'automne , entre huit et quatre heures. Les murs intérieurs sont blanchis , afin qu'ils réfléchissent plus fortement sur le séchoir les rayons du soleil.

Les détails dans lesquels nous venons d'entrer sur le séchage de la poudre , suffisent pour démontrer l'immense avantage que doit présenter la vapeur. Je mettrai de côté le séchage par les rayons solaires ; car il est évident que ce procédé ne peut s'exécuter qu'à certaines époques de l'année : il serait impossible de sé-



cher par ce moyen toute la poudre que l'on consomme, surtout dans un climat aussi variable que celui de la France.

On a pu voir, par ce que nous avons dit sur le séchage de la poudre par le feu, quelle complication d'appareils exige ce moyen. Tous ces inconvéniens disparaissent lorsque l'on emploie la vapeur, indépendamment des dangers que l'on évite, et dont on n'est jamais exempt en employant l'air échauffé. On peut estimer à environ 60° la chaleur nécessaire pour la dessiccation de la poudre lorsque la température extérieure de l'atmosphère est à 10° . Je suppose qu'on se rappellera les détails dans lesquels je suis entré sur les sécheries; car il est évident que les précautions indiquées au foyer de ces appareils sont applicables à ceux qui nous occupent.

On peut estimer à $0,1$ la quantité d'humidité que renferme la poudre. La chaleur que l'on doit appliquer dépend de cette quantité, et de la surface qui la reçoit. La température est communément de 32° , l'air extérieur étant à 5° . Si nous supposons une couche de poudre très-mince, nous pourrions établir un calcul analogue à celui que nous avons donné au sujet des tissus. Dans ce cas, 5400 mètres en surface, ou 2700 mètres carrés de poudre, dégagent $\frac{1}{100}$ de pied cube d'eau par minute.

D'un autre côté, comme nous l'avons vu : un pied cube d'air à 32° est saturé avec 14,1 grains de vapeur ; et en déduisant 2,8 pour la vapeur déjà contenue dans l'air, nous avons 11,3 grains, c'est-à-dire que chaque mètre carré de poudre exigera environ 15 pieds cubes d'air pour se dépouiller d'humidité. Nous avons dit qu'il était préférable de donner 30 pieds cubes, parce que l'air ne peut être saturé aussi complètement que la théorie l'indique. Si donc chaque auge est capable de contenir 6 mètres de poudre, on devra calculer sur 180 pieds cubes d'air par auge lorsque la chaleur est au terme indiqué. Si la salle renferme 10 auges, les tuyaux devant être maintenus à 32° lorsque la température extérieure est à 5° , et devant échauffer 1800 pieds cubes d'air, auront 319 pieds carrés de surface, afin de produire cet effet, et celui de vaporiser la quantité d'humidité convenable dont la couche est chargée.

Il est préférable d'introduire de l'air chaud dans l'étuve ; dans ce cas on dispose environ 150 pieds de surface dans une salle placée au-dessous, et le reste dans l'étuve même. L'air échauffé, à l'aide de ces 319 pieds de tuyaux, dans la première salle est ensuite introduit dans la deuxième.

Nous n'établissons aucun calcul pour la ventilation et le vitrage ; ce calcul ne serait qu'une



répétition de ce que nous avons déjà dit : rap-
pelons seulement en peu de mots les règles à
suivre dans cette opération.

Nous venons de voir que 10 auges contenant
chacune 6 mètres carrés de poudre , exigent
1800 pieds cubes d'air , qui doivent être main-
tenus à 32° lorsque l'air extérieur est à 5° ; on
fera donc entrer dans ce calcul le vitrage , les
portes et la ventilation que l'on doit établir , et
nous avons dit à cet égard tout ce qui était
nécessaire. Ainsi nous avons donné les règles à
suivre pour estimer le refroidissement produit
par le vitrage. Appelons A le nombre de fenê-
tres et de portes , V la surface du vitrage ; nous
savons que cette quantité refroidira

$$V \times 1,5 + A \times 11$$

pieds cubes d'air par minute.

Supposons , 1°. que l'ouverture pour la ven-
tilation soit de x pieds carrés ; 2°. qu'elle soit
située à 30 pieds du sol ; 3°. que la tempéra-
ture intérieure étant 32° , cel e de l'extérieur
soit 5° , nous savons qu'il s'échappera B pieds
cubes d'air par minute , et que cette quantité
B est déterminée par l'équation

$$B = x \times 100 \times \sqrt{30} ;$$



Il sera donc très-facile d'établir les calculs sur les données que l'on aura.

Chauffage des liquides au moyen de la vapeur.

Nous ne nous sommes occupés jusqu'ici que du chauffage de l'air par la vapeur d'eau ; il nous reste à appliquer ce moyen aux liquides. On peut y procéder de deux manières : 1°. introduire la vapeur dans le liquide même ; 2°. la faire circuler autour du vase qui le contient ou la recevoir dans une des parties qu'il surnage. Dans le premier cas, il s'accroît de la quantité de gaz aqueux nécessaire pour le mettre en ébullition, quantité qui s'élève attendu sa capacité et la perte qui se fait par les surfaces, à environ un sixième de l'eau primitivement employée ; dans le second l'échauffement a lieu sans addition, la chaleur se tamise à travers la surface comme si le reste recevait directement l'action du feu.

Lorsqu'on chauffe un liquide en introduisant la vapeur, on donne aux tuyaux une légère inclinaison pour que la vapeur qui s'y condense puisse retourner à la chaudière.

Les tubes verticaux entrent de demi-pouce dans l'intérieur de ces derniers, de manière à former un rebord qui empêche la vapeur con-



densée, de couler dans les cuves que l'on veut échauffer.

Il est plus avantageux de placer les tubes verticaux en dehors des cuves, et de les faire pénétrer au fond de ces dernières par un tube soudé à angle droit, et dont l'extrémité s'y ramifie. Quand ils plongent directement dans le liquide, celui-ci s'échauffe de suite à sa surface, ce qui occasionne une perte de chaleur plus considérable; à l'aide de la ramification toute la masse s'échauffe à la fois, tandis qu'il n'y aurait sans cela que la colonne verticale qui correspond à l'orifice du tube à vapeur, qui s'échaufferait. Les couches voisines ne prennent la chaleur que lentement, et son effet est moins rapide à mesure qu'elles s'éloignent des tubes, et se rapprochent du fond de la cuve; si on plaçait l'orifice sur un des côtés, l'ébullition aurait lieu dans un endroit avant que la température fût de 50° à l'autre; effet facile à expliquer, si l'on remarque que le liquide n'est conducteur du calorique que par communication de bas en haut, c'est-à-dire par le changement de la pesanteur spécifique. On sait en effet que lorsqu'un vase plein d'eau est placé sur le feu, la partie inférieure du liquide s'échauffe, devient spécifiquement plus légère, s'élève au-dessus de celle qui est plus froide et par conséquent plus pesante. Il s'établit ainsi un courant ascendant d'eau chaude et

un courant descendant d'eau froide , jusqu'à ce que tout le liquide soit parvenu à la même température.

Pour empêcher le liquide des cuves de passer dans la chaudière, lorsque les vapeurs se condensent par une cause quelconque , on peut garnir l'extrémité des tubes de petites soupapes , ou ajouter au tube vertical un robinet placé au-dessus du niveau du liquide dans la cuve ; mais ces précautions deviennent inutiles quand la chaudière est munie d'une bonne soupape qui permet l'entrée de l'air dès qu'il s'y forme du vide.

On évite la perte du calorique par la surface des tubes , en les entourant de matières peu conductrices. Nous avons vu que le comte de Rumford conseille d'établir un tuyau concentrique en bois , et de remplir l'intervalle de papier.

Nous savons d'ailleurs que l'air sec et dilaté est un des plus mauvais conducteurs ; on peut donc enfermer les tuyaux dans un canal en bois assez grand pour laisser entre eux un intervalle de deux pouces , et garnis de deux soupapes pour la rentrée et la sortie de l'air.

En Angleterre cependant on ne les revêt d'aucune enveloppe ; on regarde ce moyen comme une complication inutile , parce que la perte de calorique tamisé à travers la surface , est très-peu importante. Si on peut négliger cette perte



pour les gros tuyaux, il n'en est pas de même pour ceux de petites dimensions, car dans ce cas la déperdition est plus forte, puisque les surfaces augmentent en raison de la diminution du diamètre. Les enveloppes ne sont donc pas à négliger pour les petits tuyaux en plomb, et surtout pour ceux qui sont en cuivre, ce dernier métal étant très-bon conducteur.

Indépendamment de la faculté inhérente à chaque corps de se laisser pénétrer ou traverser plus ou moins facilement par le calorique, nous avons fait voir que, suivant M. Leslie, l'état de leur surface a une influence très-marquée sur leurs facultés émissive et absorbante, c'est-à-dire sur leur faculté de transmettre ou de recevoir le calorique par l'air ambiant. De là résulte qu'il sera avantageux de polir la surface des vases et tuyaux, ou de les recouvrir de couches peu conductrices.

Des bains.

On se propose d'échauffer une masse de liquide assez considérable par un courant de gaz aqueux, que l'on fait arriver dans l'intérieur d'un réservoir; nous avons indiqué les précautions à prendre, nous examinons la quantité de liquide, et la dépense de combustible nécessaires pour produire l'effet demandé. Nous admet-

trons toujours que les fourneaux sont construits de la manière la plus économique, que la chaudière présente les formes et les dimensions les plus convenables.

Soit donc une masse liquide de 10 pieds cubes, à la température ordinaire 5° : on veut l'élever à 100° par un courant de gaz aqueux.

Nous avons vu qu'à l'aide de sa chaleur latente, la vapeur peut élever six fois son poids d'eau, de la température moyenne à celle de l'ébullition ; conséquemment

$$\frac{10 \text{ pieds cubes}}{6} = \frac{17280 \text{ pouc. cub.}}{6} = 2880 \text{ pouces cubes,}$$

c'est-à-dire qu'il faudra à peu près 1 pied cube $\frac{3}{4}$ d'eau, portée à l'état de vapeur, pour élever 10 pieds cubes, de la température moyenne à celle de l'ébullition. On aura donc après l'action

$$11 \text{ pieds cubes } \frac{3}{4}$$

d'eau à la température de 100°.

Si l'on veut examiner la quantité de combustible nécessaire, on se rappellera les principes énoncés plus haut.

Suivant M. Watt, un boisseau de charbon de Newcastle convertit en vapeur de 8 à 12 pieds cubes d'eau : le poids moyen d'un boisseau est 84 livres, et prenant 10 pieds cubes pour la moyenne, entre 8 et 12, nous concluons que



84 livres de charbon de Newcastle, convertissent en vapeur 10 pieds cubes d'eau. Le combustible nécessaire pour gazifier 1 pied cube $\frac{3}{4}$ d'eau, sera

$$\frac{84 \times 1 \frac{3}{4}}{10} = \frac{84 \times 3}{10 \times 4} = 14,7;$$

C'est-à-dire qu'il faudra 14l. ou environ $\frac{1}{6}$ de boisseau de houille. D'après le comte de Rumford, il faut environ 19 $\frac{1}{4}$ livres de pin ou 27 livres de hêtre, pour vaporiser un pied cube d'eau à la température moyenne; de là résulte qu'il faudra

34 livres de pin, et 48 livres de hêtre,

pour porter à l'ébullition la masse liquide de 10 pieds cubes donnée plus haut. Si l'on se rappelle actuellement qu'un pied cube de pin pèse 34 livres, et la même quantité de hêtre 44, on en conclura qu'en employant le vapeur d'eau pour porter 10 pieds cubes d'eau de la température moyenne à celle de l'ébullition, il faut,

$\frac{1}{6}$ de boisseau de charbon-de-terre,

1 pied cube de sapin,

1 pied cube $\frac{1}{11}$ de hêtre.

Si l'on cherche le combustible nécessaire pour échauffer directement 11 pieds cubes

$\frac{1}{4}$ de liquide, on obtiendra les résultats suivants :

1,2 livre de charbon de terre élève 1 pied cube d'eau, de la température moyenne à celle de l'ébullition; conséquemment il faut 14,1 livres de charbon pour porter à 100°, 11 $\frac{3}{4}$ pieds cubes d'eau. Il résulte de là que, quelque petite qu'elle soit, il y a toujours économie à réduire de l'eau en vapeur, pour transmettre par son moyen du calorique à une autre partie d'eau qu'on veut échauffer.

Quand on n'a besoin que d'eau chaude, dit M. Hemptine, il n'y a ni économie de temps ni de combustible, à entretenir un appareil à vapeur pour échauffer de l'eau, par le moyen du gaz aqueux qu'il produit. Il y a au contraire plus de dépense en combustibles et en frais d'appareil.

« La théorie nous apprend que l'eau a besoin,
» pour parvenir au degré d'ébullition, de la
» même quantité de calorique, soit qu'elle le
» reçoive directement du feu, soit qu'on le lui
» transmette par la condensation du gaz aqueux.

» D'un autre côté, la théorie dit également
» qu'une quantité de combustible qui, dans
» un temps donné, réduit une partie d'eau en
» vapeur, doit pouvoir dans le même temps
» amener six parties d'eau à 100°.

» Si l'expérience ne se trouve pas d'accord
» avec la théorie, cela provient de ce que, dans



» la chauffe de deux liquides il y a une perté iné-
» gale de calorique. Je dois donc démontrer, pour
» que la proposition soit vraie, que la perte de
» calorique est moindre quand on échauffe l'eau
» directement par le feu. Je suppose deux chau-
» dières de capacité égale, dont une contient de
» l'eau à 100° , et l'autre la même quantité à 0° :
» si l'on expose ces deux vases au même degré de
» feu, l'eau qui était à 0° , sera arrivée à 100°
» avant que la première chaudière ait fourni une
» quantité de gaz aqueux pour l'équivalent en
» calorique, c'est-à-dire $\frac{1}{2}$ de l'eau qui a été
» échauffée de 0° à 100° : je me fonde sur ce
» qu'un corps placé dans une atmosphère ou
» courant d'air plus chaud que lui, doit absor-
» ber, dans un temps donné, d'autant plus de
» calorique que sa température s'éloigne du mi-
» lieu où il se trouve placé.

» Si la chaudière à l'eau froide absorbe, comme
» nous venons de le voir, plus de calorique par
» les surfaces qui sont exposées à l'action du feu,
» elle a aussi l'avantage d'en perdre moins par
» celles qui sont exposées au contact de l'air at-
»mosphérique. Ceci est une conséquence de la
» première loi, car si deux corps d'une tempé-
» rature différente acquièrent dans une atmo-
» sphère plus chaude qu'eux, des quantités iné-
» gales de calorique, il doit s'ensuivre qu'ils
» perdront aussi dans une atmosphère plus froide

» qu'eux , des quantités inégales , et cela en rai-
 » son inverse de leur température ; il me paraît
 » donc prouvé que la chaudière à l'eau froide
 » acquerra plus de calorique par le courant
 » chaud , et qu'elle en perdra moins par les sur-
 » faces en contact avec l'air atmosphérique. On
 » pourrait déjà conclure , d'après ces deux lois ,
 » qu'il y a perte de combustible et de temps à
 » réduire exprès de l'eau en vapeur pour
 » échauffer de l'eau froide : 1°. perte de combus-
 » tible , parce qu'en se servant de la chaudière
 » à vapeur , le courant d'air chaud ne cède pas
 » autant de calorique à la chaudière en parcou-
 » rant les circonvolutions du fourneau : ajoutez
 » encore à ceci l'excédant de l'inégalité de perte
 » qui a lieu par la surface supérieure du vase
 » en contact avec l'atmosphère ; 2°. perte de
 » temps : si des deux chaudières exposées au
 » même feu , il y en a une qui acquiert plus de
 » calorique par la surface exposée au courant
 » chaud , et n'en perd pas moins par l'autre , elle
 » doit également gagner en temps , car , dans
 » des instans donnés , elle fournira une plus
 » grande quantité d'eau chaude.
 » Pourné laisser rien à désirer sur cette partie ,
 » prouvons encore , sans avoir égard aux deux
 » principes que nous avons adoptés , qu'il y a
 » beaucoup plus d'avantage d'échauffer directe-
 » ment l'eau , que de lui transmettre du calori-



» que par le gaz aqueux. On conçoit que si l'on
» chauffe par le gaz aqueux, la chaudière à va-
» peur sera plus petite que si l'on chauffait direc-
» tement : on pourrait alors avancer que si l'on
» emploie une chaudière plus considérable, les
» parois augmenteront, il y a donc perte de
» chaleur par ces parois, et ces derniers étant
» métalliques perdront plus que les parois en
» bois des cuves qui reçoivent le gaz ; mais on
» peut d'un autre côté affirmer que l'air qui en-
» toure la chaudière est plus échauffé que celui
» qui entoure la cuve ; la perte de calorique ne
» peut donc pas être beaucoup plus grande par
» cette partie de la chaudière, qui d'ailleurs,
» dans les ateliers, n'est jamais en contact avec
» l'air atmosphérique. 1°. On peut établir en
» principe que, plus un corps à échauffer est
» éloigné du foyer comburant, plus il y a de
» perte de calorique, pour lui donner une tem-
» pérature douce, soit qu'on lui transmette le
» calorique par l'air, soit qu'il le reçoive par le
» gaz aqueux.

» Les liquides que l'on veut échauffer par la
» vapeur, se trouvant toujours très-éloignés du
» foyer, il doit se perdre beaucoup plus de ca-
» lorique pendant la route que le gaz aqueux
» a à parcourir pour arriver aux cuves ; car,
» quoiqu'on tienne peu compte de cette perte
» dans les grands ateliers, si on en faisait l'essai

» sur un tuyau de 200 à 300 mètres de longueur,
 » et de un demi-pied de diamètre, la plus
 » grande partie du gaz aqueux se condenserait
 » en traversant cet espace, de manière qu'il en
 » arriverait très-peu au bout du tube.

» 2°. Une autre perte de calorique pour la
 » chaudière est celle causée par l'évaporation.
 » A mesure que le liquide de la chaudière di-
 » mine, on perd la partie du courant chaud
 » qui circule au-dessus de son niveau. Je sup-
 » pose qu'il faille une heure pour évaporer l'eau
 » d'une chaudière, et qu'elle diminue de $\frac{1}{8}$ de
 » quinze en quinze minutes, on perdra $\frac{1}{8}$ du
 » courant chaud de la circonférence pendant le
 » premier quart d'heure, $\frac{3}{8}$ pendant le deuxiè-
 » me quart, $\frac{5}{8}$ pendant le troisième, et $\frac{7}{8}$ pen-
 » dant le dernier quart; total $\frac{16}{8}$.

» La quantité de calorique qui se perd de cette
 » manière varie avec les hauteurs des chau-
 » dières: elle doit croître en raison inverse du
 » diamètre; il sera donc avantageux d'élargir
 » les chaudières à vapeur plutôt que de les
 » élever; il en est de même de tous les vases
 » qui doivent servir à évaporer les liquides.

*Du chauffage dans les teintures.*

C'est surtout dans la conduite des cuves de teinture que le chauffage à la vapeur présente de grands avantages : il permet d'élever, d'arrêter la température à volonté. Il n'y a perte ni de temps ni de combustible, il suffit de fermer ou d'ouvrir un robinet ; tandis que si l'on veut porter à une température de 60 à 80°, par exemple, un bain acidulé, par le moyen d'un fourneau ordinaire, on perd près de la moitié de calorique, parce qu'on est obligé de retirer le combustible dès que le liquide est au degré voulu, et que la maçonnerie retient à peu près une quantité de chaleur capable d'élever à la moitié de la température du premier liquide une masse égale d'eau que l'on replacerait immédiatement dans la chaudière.

Un autre inconvénient que prévient ce genre de chauffage, c'est la calcination. On sait en effet que les matières tinctoriales se précipitent souvent au fond de la chaudière, où la chaleur les torréfie et les décompose, ce qui altère, salit les teintes, et qu'elquefois les change tout-à-fait. Cet inconvénient si grave disparaît au moyen de la vapeur : aucun ingrédient de teinture n'éprouve d'altération, la température ne dépasse pas 100°, les cuves sont plus sûres et



moins difficiles à conduire. Ainsi il y a dans ce genre de chauffage sécurité pour les opérations, économie dans le temps, diminution dans la consommation du combustible.

Soit donc un atelier qui renferme trente cuves à échauffer : la salle se maintient en général à 25° , les tuyaux nécessaires à la conduite de la vapeur représentent 200 pieds carrés de surface,

Les 10 premières cuves contiennent	
chacune	100 litres.
Les 10 secondes	50
Les 10 autres.	25

On a donc à porter à l'ébullition une masse de liquide représentée par 1750 litres. Si l'on se rappelle qu'un hectolitre représente à très-peu près 3 pieds cubes, on aura

52,3 pieds cubes

à porter de la température moyenne à celle de l'ébullition.

D'après ce que nous avons dit, $\frac{1}{6}$ de cette quantité d'eau mise en vapeur pourra élever toute la masse à 100° , or

$$\frac{52,3 \text{ pieds cubes}}{6} = \text{environ } 9 \text{ pieds cubes.}$$



D'un autre côté 84 livres de charbon de Newcastle convertissent, d'après Watt, 10 pieds cubes d'eau en vapeur; conséquemment 75 livres seront suffisantes pour vaporiser 9 pieds cubes; j'admets en outre qu'il faut une heure pour opérer cette action.

Nous avons dit que la salle était à 25°, et qu'il y avait 200 pieds de surface de tuyaux pour charier la vapeur. On peut estimer d'une manière assez exacte la chaleur perdue par ces tuyaux. En effet, nous savons que dans une salle à 25°, lorsque l'eau de condensation retourne à la chaudière, 1,2 livre de charbon maintiennent 30 pieds de tuyaux en surface pendant une heure à 25°; conséquemment il faudra

$$\frac{1,2 \times 200}{30} = 8 \text{ livres,}$$

pour la perte de chaleur dans les tuyaux d'un poli ordinaire.

Le calcul établi ci-dessus donne les résultats suivans :

Au moyen de l'appareil dont il s'agit, 81 livres de charbon-de-terre porteront 52 pieds cubes et demi d'eau de la température moyenne à celle de l'ébullition, et sur ces 81 livres il y en aura à très-peu près huit de perdues par les tuyaux.

On peut déterminer le combustible nécessaire, au moyen des données que nous a fournies Rumford. Supposons qu'on veuille consommer du pin ou du hêtre, on sait qu'il faut $19 \frac{1}{4}$ livres de pin sec, et 27 livres de hêtre également sec pour vaporiser un pied cube d'eau.

L'effet que nous voulons obtenir sera donc produit, s'il n'y a pas perte de chaleur, par

172 liv. $\frac{1}{4}$ de pin, et 243 liv. de hêtre.

D'un autre côté, nous savons que pendant une heure

$2 \frac{3}{4}$ liv. de pin, et 3,91 liv. de hêtre

maintiennent 30 pieds de surface de tuyaux dans une salle à 25°; conséquemment la perte par les 200 pieds de surface de tuyaux sera

$$\frac{2 \frac{3}{4} \times 200}{30} = 18^1,4 \text{ de pin,}$$

$$\frac{3,91 \times 200}{30} = 26^1,4 \text{ de hêtre;}$$

la totalité du combustible sera donc

190 liv. de pin,

269 liv. de de hêtre,

pour porter 52 pieds cubes d'eau de la tem-



pérature moyenne à celle de l'ébullition. Nous n'examinerons pas ici s'il y a économie de combustible à ne pas chauffer directement les chaudières, ce que nous avons dit à cet égard doit suffire.

De la vapeur pour la distillation.

C'est au célèbre Argand que sont dues les premières tentatives qui aient été faites à cet égard. Il disposa une cuve entre la chaudière et le serpent, la remplit de vin, et la fit traverser par un tuyau que suivait la vapeur alcoolique avant de parvenir au réfrigérant, où elle se liquéfiait tout-à-fait. La condensation, qui jusque-là s'était faite en pure perte, devint utile, elle servit à élever la température du liquide destiné à la nouvelle chauffe : il y eut économie de temps et de combustible ; il fallut moins d'eau qu'on n'en employait communément. Cette innovation était heureuse, elle donnait un produit plus fort, plus spiritueux, supprimait les repasses, et fournissait un nouveau moyen d'appliquer la chaleur. Un bouilleur de Montpellier, Édouard Adam, en profita. Il disposa à la suite les uns des autres une série de vases de forme ovoïde, et à qui, par cette raison, il donna le nom d'*œufs* ; chacun était muni de deux tubes, dont l'un plongeait presque à son fond, et l'autre



partait de son sommet pour aller dégorger dans l'intérieur du suivant ; le dernier se dégageait dans le serpentin , et le premier communiquait avec la chaudière. Chacun de ces vases étant rempli de vin jusqu'à une certaine hauteur, on commençait la chauffe. La vapeur enfilait le tuyau , arrivait au fond du premier œuf , s'y condensait dans le liquide , l'échauffait et le portait bientôt à l'ébullition. Celui-ci se comportait à l'égard du suivant comme la chaudière avait fait par rapport à lui. Tout le système se trouvait bientôt à 100°, et ne formait plus qu'un vaste appareil distillatoire , qui était mis en mouvement par la transmission successive de la même quantité de chaleur, et entretenu à l'aide d'un seul foyer. Les vapeurs alcooliques passent , se dépouillent d'une partie de l'eau dont elles sont chargées , et enfilent le serpentin , où elles se liquéfient tout-à-fait. Le vin qui baigne cette partie de l'appareil s'échauffe , se dispose à la distillation , et saisit de nouveau la chaleur, qui le tient à l'état gazeux , pour le faire servir encore à la même série d'opérations. Ainsi , comme l'observe Dubrunfaut , « Adam utilisait en faveur du vin toute la chaleur produite par la condensation des vapeurs alcooliques et aqueuses , tandis qu'Argand , avec un seul chauffe-vin , ne pouvait guère profiter que de la chaleur produite par la condensation des va-

peurs les plus aqueuses. Adam ne perdait donc que la chaleur nécessaire pour refroidir l'alcool de la température de cette condensation, jusqu'à celle à laquelle cet alcool sortait du serpentin refroidi par l'eau. »

Distillation continue.

M. Derosne a mieux fait encore. Il se sert de la vapeur aqueuse pour appliquer la chaleur et gazifier l'alcool dont il tamise ensuite le calorique au profit du vin qui doit alimenter la chauffe, à cause qu'il ne perd que ce qu'entraînent les vinasses. L'appareil se compose de deux chaudières placées l'une au-dessus de l'autre, et dont la plus haute se décharge dans celle qui l'est moins. Elle est surmontée d'un cylindre qui recèle dans son intérieur un mécanisme destiné à briser le filet de vin, et se termine par une espèce de chambre. Celle-ci est munie d'un tuyau qui va serpenter dans un vase où se trouve le liquide immédiatement destiné à la distillation, et court le long du tuyau qui l'apporte au réservoir; de cette manière, quand l'appareil est en activité, le vin et la vapeur suivent une marche inverse, en sorte que l'un s'échauffe et l'autre se refroidit à mesure qu'ils s'avancent. Supposons, maintenant que nous avons signalé toutes les dispositions qui nous intéres-



sent, que l'opération est commencée; le foyer est sous la chaudière inférieure; la flamme, l'air chaud, entourent son fond, une partie de ses parois latérales, et passent sous la suivante à laquelle ils cèdent une nouvelle portion de la chaleur dont ils sont encore chargés. La vapeur aqueuse se dégage, enfile le cylindre, dont les diaphragmes la brisent, la retournent, la mettent en contact avec la nappe de vin bouillante qui tombe. L'alcool est saisi, gazifié à mesure qu'il descend, et concentré à mesure qu'il s'élève. C'est ici le cas de faire remarquer l'art avec lequel cet appareil est conçu. En effet, les vapeurs les plus aqueuses y sont mises en contact avec le vin le plus dépouillé; et les vapeurs les plus alcooliques, quand on veut encore les enrichir, y sont mises en présence du liquide le plus riche en alcool. Tout concourt donc à dépouiller le vin de son esprit, sans jamais lui rendre un liquide plus riche que lui, et à déphlegmer les vapeurs sans jamais les mélanger avec un liquide moins riche qu'elles. Remarquons bien cet avantage, car il appartient au système seul de la distillation continue; je dirai plus, il n'appartient qu'à l'exécution de M. Derosne.

La vapeur alcoolique ainsi concentrée passe du rectificateur dans les serpentins, cède sa chaleur, se liquéfie, et arrive tout-à-fait froide dans



le bassin. Ainsi le vin, qui suit un cours inverse, remonte en filet dont la température va décroissant, et arrive, à l'aide de cet artifice, presque bouillant dans la colonne, où la vapeur le saisit, le pénètre, et le dépouille complètement. Privé de tout l'alcool qu'il contenait, il tombe tout bouillant dans la chaudière, fournit une certaine quantité de vapeur, contribue ainsi à propager l'action qu'il a subie, et s'écoule sans que la distillation ait coûté d'autre chaleur que celle qu'il emporte et celle qu'ont dissipée les surfaces.

L'appareil de M. Derosne, essayé comparativement avec ceux de Bérard et d'Adam, a présenté des économies de combustible, de produit et de main-d'œuvre, qui sont trop considérables pour ne pas trouver place ici. Pour distiller 2364 litres de vin de qualité inférieure, l'appareil de Bérard, manœuvré par un habile distillateur, a employé vingt-six heures de temps avec deux ouvriers, ou cinquante avec un seul ;

A consommé 271 hilogrammes de charbon d'Alais, de très-bonne qualité ;

A employé beaucoup d'eau pour condenser ou rafraîchir (la quantité n'a pas été déterminée) ;

A obtenu 204 litres d'esprit $\frac{3}{5}$ et quantité de petites eaux, évaluées à 31 litres d'esprit ;

Ensemble 235 litres ³.



M. Derosne a employé douze heures de temps avec deux ouvriers, ce qui revient à vingt-quatre heures pour un seul ;

60 kilogrammes de charbon d'Alais, même qualité ; n'a pas consommé une goutte d'eau ;

A obtenu 249 litres esprit $\frac{3}{6}$ de qualité supérieure.

Le résultat de cette expérience respective donne à l'avantage de l'appareil de M. Derosne, pour la distillation de 2364 litres de vin,

14 litres esprit $\frac{3}{6}$ en plus ;

111 kilogrammes de charbon en moins ;

Vingt-huit heures d'ouvriers, ou quatorze heures de temps en moins ;

Une grande quantité d'eau en moins ;

Une grande supériorité dans la qualité des produits ; pas de petites eaux tout le temps qu'a duré l'opération.

Avec l'appareil de Bérard, au contraire, on a recuilli à chaque chauffe une quantité considérable de produits forts ou faibles, qu'on a été obligé de repasser à la chauffe suivante, à cause de leur mauvais goût.

Les résultats obtenus dans l'expérience faite comparativement avec l'appareil d'Édouard Adam, est encore plus décisive, attendu qu'elle a été faite sur une quantité de vin plus considérable et avec un appareil moins imparfait.

25536 litres de vin, provenant des mêmes



cuves, ont été partagées en deux portions égales de 12768. Toutes les précautions étaient d'ailleurs prises pour constater exactement la quantité de charbon consommé et la chaleur accumulée dans les fourneaux avant de commencer l'opération.

L'appareil d'Édouard Adam a employé pour la distillation de ces 12768 litres de vin ,

Soixante-quinze heures de temps avec deux ouvriers, ou cent cinquante heures avec un seul;
990 kilogrammes de charbon de Neffiez (charbon de qualité très-inférieure) ;

170 hectolitres d'eau pour condenser et rafraîchir ;

Et a donné 1622 litres esprit $\frac{3}{6}$, en estimant comme $\frac{3}{6}$ 15 litres de petites eaux obtenues à 15° de l'aéromètre de Cartier.

La distillation de la même quantité de 12768 litres de vin a employé avec l'appareil de M. Derosne ,

Cinquante-trois heures $\frac{1}{9}$ de temps avec deux ouvriers , ou cent sept heures avec un seul ;

420 kil. de charbon de même qualité de Neffiez ;
Pas du tout d'eau ;

Et a produit 1640 litres d'esprit $\frac{3}{6}$, reconnu d'une qualité très-supérieure à celui qui a été obtenu concurremment , sans une goutte de petites eaux , ou repasse ; tandis que l'appareil d'Adam en donnait à chaque chauffe , c'est-à-

dire toutes les cinq heures, environ 24 litres, qu'on était obligé de repasser à la distillation suivante.

Mais, quel que soit le prix d'achat du vin et le bénéfice qu'il donne comparativement à celui des esprits, il résulte de ces expériences qu'il y a en faveur de l'appareil de M. Derosne, pour la distillation de 12764 litres de vin :

18 litres d'esprit $\frac{2}{5}$ de plus,

570 kilogrammes de charbon de moins,

170 hectolitres d'eau de moins,

Quarante-trois heures d'ouvriers, ou vingt-une heures et demi de temps en moins.

A l'époque de cette expérience, qui se fit à Pézénas vers la fin de mars 1822, l'esprit étant estimé à 73 fr. 70 cent. l'hectolitre, le charbon à 3 fr. 63 cent. les 100 kilogrammes, le vin à 8 fr. 20 cent. l'hectolitre, les journées d'ouvriers à 3 fr., les futailles pour l'esprit, 28 fr., cours de ces objets à Pézénas, l'eau pour mémoire; il y a eu à l'avantage de l'appareil de M. Derosne un bénéfice de 59 fr. 30 centimes, pour soixante-trois heures et demi de temps, tandis que celui d'Adam, perfectionné, ne donnait que 20 fr. 57 cent. pour soixante-quinze heures, c'est-à-dire, d'après ce compte, qu'on aurait gagné par jour, avec le premier 26 fr. 52 cent., et qu'on n'aurait eu que 6 fr. 53 cent. avec le second.



D'après les mêmes éléments, le fabricant gagnera par pièce d'esprit $\frac{3}{6}$, de 80 veltes ou 604 litres, 14 fr. 70 centimes de plus qu'en se servant de l'appareil perfectionné d'Adam.

Voici maintenant l'évaluation que donne M. Dubrunfaut de la dépense du combustible. Il suppose que le vin est riche à $\frac{1}{6}$ de son poids d'eau-de-vie à 22°, qu'on veut retirer à cette épreuve. L'appareil distille en vingt quatre heures 6000 litres de vin : c'est 3000 en douze heures.

Nous pouvons prendre ces 3000 litres par 3000 kilogrammes, qui se composeront de 134 kilogrammes d'alcool pur, et de 2866 d'eau, ou, ce qui revient au même, de 375 kilogrammes d'eau-de-vie à 22°, et de 2625 d'eau.

Voyons dans ce mode de distillation combien nous devons dépenser de chaleur. Le vin arrive froid d'un côté de l'appareil ; il sort de l'autre bouillant et dépouillé ; tandis que son alcool, au titre désiré, est refroidi par le serpentín réfrigérant. Il n'y a donc point eu ici de chaleur perdue pour chauffer l'eau, puisque le vin lui-même, avant d'entrer en distillation, s'est approprié toute celle qui a été mise en liberté par la condensation des vapeurs, et par leur réfrigération dans le serpentín ; il est facile de concevoir qu'il n'y a de chaleur dépensée dans ce système que celle qui est indispensable-



ment nécessaire pour amener toutes les vinasses à l'ébullition.

Or dans ces 3000 kilogrammes de vin, nous avons 2626 kilogrammes de vinasse. Nous savons qu'un kilogramme de charbon suffit, en bonne pratique, pour amener à l'ébullition 46 kilogrammes d'eau : nous aurons donc ici autant de kilogrammes de charbon à brûler que le nombre 2625 contient de fois 46. Ce sera 57 kilogrammes de charbon pour douze heures de travail continu.

Estimant la chaleur à 5 centimes, nous trouvons que pour obtenir avec l'appareil contenant 375 kilogrammes d'eau-de-vie à 22°, d'un vin riche à $\frac{1}{3}$ de cette preuve, il faut dépenser en combustible 45 kilogrammes, multipliés par 5 centimes, c'est-à-dire 2 fr. 85 centimes.

Ramenons maintenant cette dépense au litre : nous trouverons que 375 kilogrammes d'eau-de-vie à 22°, donnent 398 litres à ce titre, qui nécessiteront 2 fr. 85 centimes de combustible pour leur distillation.

Chauffage des liquides.

Nous avons introduit la vapeur d'eau dans les liquides que nous nous proposons d'échauffer. Cette introduction était sans inconvénient, puisqu'on n'avait d'autre objet que d'obtenir une

certaine élévation de température. Mais il n'en est pas toujours ainsi : dans les cas , par exemple, où il s'agit d'évaporer une dissolution, l'application immédiate du gaz aqueux éloignerait le but qu'on veut atteindre ; elle verserait sans cesse de l'eau dans la masse qu'on cherche à concentrer. On évite cet inconvénient en faisant circuler la vapeur dans les tuyaux, à une ou plusieurs atmosphères. C'est surtout dans l'extraction des huiles, dans la cuisson des sucres et des colles, qu'on a recours à ce moyen de chauffe. Brandes l'a appliqué à la confection des extraits, des éthers, et autres préparations pharmaceutiques. Voici la description de l'appareil qu'il a fait monter pour la Société des pharmaciens de Londres.

Appareil pour chauffer les liquides, en employant le gaz aqueux en forme de bain-marie.

La grande chaudière qui doit produire la vapeur est placée dans une petite salle près du laboratoire : elle est en cuivre, peut contenir de 2600 à 3000 litres d'eau, et est garnie de tuyaux, de robinets à eau et à vapeur comme la pompe à feu. Le tuyau principal qui sort de la chaudière, s'élève d'abord à environ 8 pieds, descend ensuite sous le plancher du laboratoire, et se ramifie dans une cavité construite en bri-

ques, pour fournir aux différens alambics ou bassines des tuyaux plus petits, dont le diamètre varie depuis 2 pouces jusqu'à un demi-pouce, tandis que le conduit principal porte 4 pouces de diamètre. Les bassines qui doivent être échauffées par la vapeur sont de cuivre ou d'étain; elles sont placées dans des cases de fonte, et il y a entre elles un espace vide d'environ un demi-pouce, dans lequel la vapeur arrive par un robinet qui communique au tuyau principal. Les alambics sont construits de même. L'eau chaude provenant de la condensation de la vapeur s'écoule par un conduit placé à la partie inférieure de l'espace intermédiaire, et se rend dans un petit réservoir, d'où une pompe la reporte à la grande chaudière.

Il y a onze bassines dans le laboratoire; les deux plus grandes contiennent chacune 670 litres; la troisième 250; les quatrième, cinquième et sixième, chacune 76 litres; la septième 40; et les quatre autres petites destinées à servir de bain-marie, ne tiennent que 11 litres. Les alambics, au nombre de quatre, contiennent les deux premiers 760 litres, le troisième 570, et le quatrième environ 60. Le tuyau principal échauffe aussi une étuve de 10 pieds de haut, sur huit de large et trois de profondeur. La pression ordinaire de la vapeur dans cet appareil soutient une colonne de mercure de 6 à 8

pouces , et la soupape de sûreté s'élève lorsque le mercure est à 12 pouces.

La température de la vapeur dans le tuyau principal est ordinairement de 103° ; elle suffit pour porter à l'ébullition , dans l'espace de 20 minutes , le grand alambic rempli d'eau froide. Outre la grande sûreté de ce mode de distillation alcoolique et éthérée , et l'impossibilité de brûler les extraits végétaux , etc. , etc. , il y a encore une économie d'environ un tiers sur le combustible.

Application de la vapeur au blanchissage.

Une des applications les plus heureuses de la vapeur est celle qu'on en a faite au blanchissage. Le linge en est plus propre , se conserve mieux , et coûte moins à nettoyer. On sait , en effet , combien la méthode ordinaire est défectueuse ; c'est une masse de lessive énorme à échauffer , un cuvier sans rapport de capacité avec la chaudière , un transport de liquide continuel , une effrayante consommation de combustible , sans que toute cette dépense de chaleur et de main-d'œuvre puisse amener la masse à l'ébullition. Cependant ce n'est qu'à ce terme que les dissolutions alcalines agissent avec une certaine énergie et saponifient les matières grasses , qui souillent les tissus. Widmer , qui sentait le vice de ces dispositions , chercha



à y remédier. Il plaça le cuvier au-dessus de la chaudière, et remplaça son fond par un grillage en bois qui n'interceptât pas la vapeur. Il élevait la lessive au moyen d'une pompe qui plongeait au centre du vase inférieur, et la versait dans le supérieur, où elle était uniformément répandue, à l'aide des tuyaux mis en mouvement par un mécanisme particulier. Le bouillon, ainsi dispersé, filtrait à travers les toiles, et ne subissait dans le trajet qu'un faible abaissement de température, attendu que les tissus étaient échauffés par la vapeur, qui les pénétrait de bas en haut. Il retombait presque bouillant dans la chaudière.

Dans les premiers essais, cet habile blanchisseur se servait d'un cuvier de deux mètres de haut, et dont le diamètre, qui était égal à celui de la chaudière sur laquelle il posait, n'était que de 0,8. Il tirait la dissolution par un robinet ajusté au fond de la chaudière, et la versait assez vite pour qu'elle ne pût pas s'écouler complètement. Celle qui surnageait les toiles bouillait quelques minutes après que la chaudière était entrée en ébullition. De cette manière il coulait à 100°, dépensait moins de temps et gagnait du combustible; car, « au lieu d'avoir à chauffer une lessive continuellement refroidie par le transport, et qui occupe la capacité du cuvier et de la chaudière, celle-

ci seule est remplie, et la chaleur conservée pendant le coulage par l'impression de la vapeur. » Mais celle-ci, dont une partie seule était utilisée, pouvait produire plus d'effet. On s'en aperçut bientôt, et, au lieu de cette manière informe de l'appliquer, on eut recours à des chaudières qui la produisaient, et à des conduits qui la versaient sur les pièces à blanchir. Celles-ci, disposées suivant leur force et leur épaisseur dans des cylindres de bois ou de cuivre, éprouvaient à la fois son action et celle des dissolutions alcalines dont le jet était continu.

On la suspendait au bout d'une heure plus ou moins, et on la remplaçait par une masse d'eau froide qui emportait les matières étrangères, se chargeait de savon, d'alcali, et laissait le linge tout-à-fait propre. On retirait les pièces, on les soumettait à la presse qui en expulsait l'eau. Elles arrivaient ainsi sans frottement, sans torsion, à un degré de blanc qu'elles n'obtiennent ordinairement que par un travail manuel qui les fatigue, et les use rapidement. Quelques parties, celles que la transpiration cutanée affecte davantage, se dépouillaient moins bien, et demandaient à être retenues à la main. Malgré cet inconvénient, qui l'a fait abandonner parmi nous, ce genre de blanchissage se répand chaque jour davantage en Angleterre. Les exploitations particulières, les établisse-



mens publics l'ont également adopté. Voici comment il s'exécute à l'hôpital général du Derbyshire ; je prends la description qu'en donnent les Annales de l'industrie.

« La buanderie , placée au rez-de-chaussée , contient la machine à laver , qui est tournée par la machine à vapeur de l'établissement , et au milieu de la salle se trouve une chaudière de fonte de la contenance de 400 litres. Le liquide y est chauffé par la vapeur qu'on y fait arriver par des tuyaux couverts de draps , et qui partent de la chaudière de la machine à vapeur.

» Deux côtés de la salle sont garnis de bancs de pierre , et une grande table est placée tout à côté de la machine à laver , pour recevoir le linge dans le cours du blanchissage. La buanderie est encore fournie de plusieurs cuiviers , qui servent accidentellement pour le lavage à la main.

» La machine à laver se compose d'une boîte en parallépipède dans laquelle tourne un cylindre . séparée en quatre parties par quatre plans à angles droits , et se coupant le long de l'axe du cylindre. Ce dernier lui-même , ainsi que les plans , sont percés de trous. Enfin la boîte est garnie d'un couvercle demi-cylindrique , qui recouvre la boîte et enferme le cylindre.

» La veille de l'opération on prépare le linge en le frottant de savon , et le lendemain , avant

de commencer le lavage , on verse dans la boîte ou *bache* , l'eau en quantité suffisante pour qu'elle s'élève à un décimètre dans le cylindre. Cette bache est garnie d'un tuyau à vapeur partant de la chaudière de la machine à vapeur. On laisse arriver ce fluide , jusqu'à ce que l'eau et le linge soient chauffés au maximum , c'est-à-dire jusqu'au degré de l'ébullition. On fait retomber le couvercle , et l'on met le cylindre en mouvement ; les trous qui sont sur les fonds laissent entrer librement l'eau chaude et la vapeur. La vitesse du cylindre doit être telle , que l'on doit entendre tomber le linge d'une cloison sur l'autre , chaque fois qu'il est élevé hors de l'eau. Si le mouvement était trop rapide , le linge serait retenu par la force centrifuge contre les parois du cylindre ; s'il était trop faible , il coulerait le long des cloisons. Dans les deux cas il n'y aurait donc que peu ou point d'effet produit. Quand la machine a la vitesse convenable , elle peut laver sa charge de linge en moins d'une demi-heure. Il faut observer que durant l'opération , la quantité de savon dans la machine doit être telle qu'il se produise beaucoup de mousse ou d'écume , de sorte que si on n'en a pas employé une suffisante quantité , en frottant le linge avant de le mettre dans la machine , il devient nécessaire d'ajouter de nouveau savon , coupé en tranches

minces, et dissous préalablement dans l'eau chaude.

» On retire un grand avantage de l'emploi d'un alcali, pourvu qu'on en use dans l'état convenable et avec précaution. On doit préférer celui qui est connu dans le commerce sous le nom de potasse perlasse. La soude produit aussi de bons effets; mais elle est moins économique que la potasse, à cause de la grande quantité d'eau qu'elle contient. L'emploi de cet alcali devient particulièrement nécessaire lorsque les eaux sont dures; si le linge était très-sale ou chargé de graisse, il faudrait employer l'alcali à l'état caustique, mais en le ménageant, de crainte d'altérer le tissu.

» Pour préparer la solution de potasse, dissolvez cet alcali dans un poids égal d'eau; agitez fréquemment et laissez reposer. Si, après une demi-heure, il reste quelque chose au fond du vase, décantez la liqueur et jetez le résidu, le liquide contiendra tout l'alcali réel qui se trouve dans la potasse, le résidu n'étant composé que d'impuretés.

Le procédé suivant est plus simple; mais il demande plus de temps. Mettez la perlasse du commerce dans une jarre de terre, pouvant contenir cinq ou six fois plus que la quantité qu'on veut y mettre; ne couvrez la jarre qu'imparfaitement, pour la garantir de la poussière,

et en laissant un libre accès à l'air ; au bout de quelques semaines , la partie utile de l'alcali deviendra liquide par l'effet de sa propriété déluescente, et toute les impuretés resteront à l'état solide.

» Ce liquide , ou celui qu'on aurait obtenu par le premier procédé , ne doivent être employés qu'à petites doses en général ; mais quand le linge est très-sale et grasieux , on prépare ces solutions alcalines ainsi obtenues de la manière suivante : On étend la solution dans deux fois la même quantité d'eau douce , et on y ajoute de la chaux récemment cuite en quantité égale au poids primitif de l'alcali. On fait bouillir le tout doucement pendant une demi-heure , en agitant fréquemment ; on laisse refroidir et reposer la liqueur , et on la tire au clair. On jette sur le résidu de l'eau bouillante en quantité d'autant plus grande , qu'il met plus de temps à s'éclaircir , et on tire à clair la nouvelle liqueur.

» On continue cette opération jusqu'à ce que le liquide ne fasse plus d'impression âcre sur la langue. On conserve ensuite la liqueur alcaline dans des bouteilles de terre bien bouchées , et on ne l'emploie qu'en petite quantité. On trouve qu'ainsi préparée elle est beaucoup plus énergique que dans le premier procédé , et qu'elle produit une économie notable de savon.

» On peut user de cet alcali caustique dans la machine à plus grande dose que pour le lavage ordinaire, attendu qu'il attaque les mains des blanchisseuses long-temps avant qu'il puisse produire aucun effet nuisible sur le linge.

» L'opération de la machine consistant simplement à faire tomber et frapper le linge d'une cloison sur l'autre, le tissu est moins sujet à s'user et s'altérer que dans tout autre procédé de lavage. L'eau chaude, qui peut y être tenue près du degré d'ébullition, a d'ailleurs beaucoup plus d'énergie pour dissoudre la saleté, qu'une basse température ne pourrait le faire entre les mains des blanchisseuses. L'eau sale peut être jetée en quelques secondes, en tournant un robinet placé au bas du réservoir, et peut être remplacée immédiatement par de l'eau fraîche avec de la vapeur pour l'échauffer. Des tuyaux disposés pour l'introduction et la sortie de l'eau, évitant la manœuvre pénible de charger et décharger la machine du liquide nécessaire à son service; et enfin l'entrée continue de la vapeur, qui a lieu par un autre tuyau, dispense d'avoir des fourneaux dans la buanderie.

» Au sortir de la machine, on visite le linge, pour voir si en quelques endroits il ne demande pas un petit lavage à la main. Mais générale-

ment la machine exécute et achève tout d'elle-même.

» L'opération subséquente a pour objet le bouillage du linge ; il se fait dans la chaudière dont nous avons parlé, et qui est placée au milieu de la salle, pour la facilité de pouvoir tourner tout autour. Elle communique à trois tuyaux, l'un pour l'eau fraîche, l'autre pour la vapeur, et le dernier pour l'évacuation de l'eau qui a servi.

» Durant le bouillage, la chaudière est couverte ; le bord ou couvercle entre dans une rainure pratiquée au haut de la chaudière. Cette rainure, étant remplie d'eau, empêche l'issue de la vapeur, et cette disposition économise la chaleur.

» Le linge, au sortir de la chaudière, est placé sur une planche ou sur un baquet percé de petits trous, et posé sur la chaudière ; l'eau qui s'en écoule, contenant beaucoup de savon, est employée pour le lavage dans la machine.

» La voûte de la buanderie est percée d'une ouverture ou d'un ventilateur pour l'issue de la buée ou de la vapeur.

» Le linge étant rincé et tordu est mis à sécher à l'air libre, ou bien dans la mauvaise saison on peut employer les procédés dont nous avons parlé à l'article *Sécherie*.

TABLE

De la quantité de vapeur qui remplit une longueur donnée de tuyaux , et de la longueur du tuyau pour un pied de surface.

Diamètre intérieur du tuyau.	Longueur du tuyau qui contient un pied cube de vapeur.	Quantité de vapeur dans un pied de tuyau.	Longueur du tuyau qui a un pied de surface.
ponces.	pieds.	pieds.	pieds.
1	185	0,00545	3,28
1 $\frac{1}{2}$	81	0,01225	2,18
2	46	0,02182	1,63
2 $\frac{1}{2}$	29,2	0,034	1,31
3	20,3	0,049	1,09
4	11,5	0,0873	0,82
5	7,3	0,1363	0,66
6	5,1	0,1964	0,55
7	3,7	0,267	0,47
8	2,9	0,349	0,41
9	2,25	0,442	0,36
10	1,83	0,545	0,33

Premier exemple.

Supposons que l'on désire connaître la quantité de vapeurs que contient un tuyau de 92 pieds de long , et de 4 pouces de diamètre. La table indique que 11,5 pieds en contiennent un

piéd cube, et conséquemment 92 en contiendront

$\frac{92}{11,5}$ ou 8 piéd cubes.

Deuxième exemple.

Supposons une salle qui exige 200 piéd de surface de tuyaux; on désire savoir la longueur en tuyaux de quatre pouces qui remplira cette condition. On a

$$200 \times 0,82 = 164 ;$$

donc 164 piéd en donneront 200 de surface.

TABLE

*D'expansion de l'air, et autres fluides élastiques
et vapeurs lorsqu'ils ne sont pas en contact
avec des corps humides.*

	Température en degrés centigrades.	Volume de l'air par expérience.
Congélation de l'eau . . .	0	1,0000
Ébullition de l'eau. . . .	100	1,3750
	150	1,5576
	200	1,7389
	250	1,9189
	300	2,0976
Ébullition du mercure . .	340	2,3125

Cette table donne l'expansion de l'air observée par MM. Dulong et Petit. Ils ont trouvé que l'expansion de l'hydrogène est sensiblement la même. Dalton, dans ses expériences, a été conduit au même résultat, et M. Gay-Lussac a reconnu que l'air, les vapeurs d'eau et d'éther, se dilatent suivant la même loi; l'expansion à 100° est la même que celle de MM. Dulong et Petit. D'après Schmidt, l'expansion de 0° à 100° est 1,3574, et quelques essais de sir H. Davy

portent à croire qu'elle est la même, quelle que soit la densité de l'air.

Explication de la Table.

Comme une formule simple, et cependant assez exacte dans la pratique, est utile pour calculer l'expansion des fluides élastiques, nous en donnerons une, et nous la comparerons aux résultats observés par MM. Dulong et Petit.

Soit T la température lorsque le volume est B , et $\frac{B}{n}$ l'accroissement de volume produit par un degré de chaleur; supposons que l'accroissement soit le même pour chaque degré, alors l'expansion d'une température x à une autre t sera

$$\frac{B(t-x)}{n},$$

et le volume à x sera

$$B + \frac{B(x-T)}{n} = \frac{B}{n}(n+x-T) = A,$$

ou

$$\frac{nA}{n+x-T} = B.$$

Substituant cette valeur de B dans l'équation

$$\frac{B(t-x)}{n}$$

et ajoutant cette valeur à A , qui est le volume à x , on aura

$$A + \frac{A(t-x)}{n+x-T} = A \left(\frac{n+t-T}{n+x-T} \right)$$

qui sera le volume à t° , celui à x étant A , quelle que soit la condensation du gaz; la même formule s'appliquera aux autres corps lorsque l'on connaîtra la valeur de n ; pour l'eau T doit être pris à $4^{\circ},4$.

Si le volume B correspond à 0° du thermomètre de F., $T = 0$, et alors $n = 450$, et notre formule devient

$$A \left(\frac{450+t}{450+x} \right)$$

ou le volume à la température t lorsque A est à la température x . La correspondance de cette équation avec l'expérience est indiquée dans la table.

Si nous prenons B à 212 F., alors $T = 212$ et $n = 671$, d'où nous avons

$$A \left(\frac{459+t}{459+x} \right)$$

ou le volume à t lorsque celui à x est A .

TABLE III.

TABLE de la force expansive et du poids de la vapeur à diverses températures.

Température.	Force de la vapeur,		Poids d'un pied cube de vapeur en grains.	Température.	Force de la vapeur,		Poids d'un pied cube de vapeur en grains.
	en pouces.	en livres.			en pouces.	en livres.	
0°	0,200	0,093	2,3	71°	9,60	4,7	86
3,5	0,250	0,123	2,8	73,8	10,80	5,8	98
10	0,360	0,177	3,9	76,6	12,05	5,95	109
12,8	0,416	0,21	4,6	79,5	14,35	6,65	121
13,5	0,516	0,255	5,6	82,3	15,15	7,55	134
18,3	0,630	0,31	6,8	85,0	16,90	8,3	148
20	0,726	0,357	7,8	87,7	19,00	9,35	165
24	0,860	0,423	9,2	91,6	21,18	10,40	180
26,6	1,010	0,495	10,5	93,3	23,60	11,60	201
29,5	1,170	0,575	12,2	96,1	25,90	12,75	218
32,2	1,360	0,667	14,1	98,8	28,88	14,20	241
35	1,640	0,82	16,6	100,0	30,00	15,75	249
37,7	1,860	0,915	19,0	102,8	33,50	16,50	275
40,5	2,100	1,04	21,3	104,5	35,54	17,15	292
43,3	2,456	1,21	24,7	107,3	39,11	19,3	318
46	2,820	1,39	28,0	110,1	43,10	21,5	349
49,9	3,300	1,62	32,5	112,8	47,22	23,3	379
51,7	3,830	1,89	37,6	113,5	51,70	25,5	412
54,3	4,366	2,14	42,5	118,3	56,34	27,7	445
57	5,070	2,5	49,0	121,0	61,90	30,5	486
60	5,770	2,85	55,0	123,8	67,25	33,1	524
62,8	6,600	3,25	62,5	126,6	72,30	35,6	560
65,6	7,630	3,7	71,0	129,4	78,04	38,7	600
68,3	8,500	4,2	79,0	132,2	89,30	42,7	659

Explication de la Table III.

Dans cette table nous avons donné le poids d'un pied cube de vapeur en grains, à diverses températures. Un pied cube de vapeur à 100° et sous la pression de 30 pouces, pèse 249. Si f est une autre pression, nous aurons

$$30 : f :: 249 : x,$$

$$x = f \frac{f \times 249}{30} = 8,3 f,$$

ou le poids d'un pied cube à la force f et à 100°. Soit t la température à la force f ; nous avons vu dans la table précédente que

$$\frac{459 + t}{671}$$

exprime le volume à la température t , en supposant que le volume à 212° F. (100°) soit un pied cube; or les densités sont en raison inverse des espaces que la vapeur occupe: donc

$$\frac{459 + t}{671} : 1 :: 8,3 f : x,$$

$$x = \frac{5569,3 f}{459 + t},$$

poids d'un pied cube de vapeur en grains à la

température t , et à la force f , ou à très-peu près

$$\frac{5570 f}{459 + t}$$

Nous savons que les fluides élastiques qui n'agissent pas chimiquement, se mêlent sans condensation lorsque la pression reste la même, et que pour sa saturation, un pied cube d'air absorbe exactement un pied cube de vapeur telle qu'elle existerait dans le vide.

Si le volume de l'air est a à la température t , si f est la tension de la vapeur à la même température, et p la pression atmosphérique, alors, puisque le volume a d'air se mêle à un volume égal a de vapeur, le volume de la vapeur à la pression p sera

$$p : f :: a : x,$$

$$x = \frac{af}{p},$$

et le volume total après le mélange sera

$$a + \frac{af}{p} = \frac{a(p + f)}{p}.$$

Prenons pour exemple $f = \frac{1}{2} p$, la formule donne $\frac{3a}{2} =$ le volume ; ce qui correspond à peu près à 180° F.



Or si l'air est 1000 à 0°, il est 1375 à 180°; faisons $a = 1375$, on aura

$$\frac{3a}{2} = 2062,5,$$

et l'expérience donne pour ce volume, à la température de 172°, 1929,78, ce qui diffère très-peu du résultat obtenu par la formule.

De la différence entre l'air extérieur et intérieur d'un bâtiment chauffé par la vapeur.

M. Buchanan a fait, pour s'assurer si la différence de température entre l'air extérieur et intérieur était constante, quelques recherches dont voici le résultat. On verra que cette différence, loin d'être constante, augmente avec l'abaissement de température.



DATES.	1808.	Air extérieur.	Filature.	Différence.	DATES	1808.	Air extérieur.	Filature.	Différence.
Février.	12	5 ^o 4	24 ^o 4	21 ^o	Avril . .	1	3 ^o	28 ^o	25 ^o
	13	2,2	25,2	23		2	6	28	22
	15	6,7	23,7	17		4	9	27	18
	16	3,5	26,5	21		5	9	28	19
	17	5,5	27,5	22		6	8	29	21
	18	11	16	5		7	10	29	19
	19	9	27	18		8	9	29	20
	20	6	27	21		9	13	29	16
	21	4	25	21		11	13	29	16
	22	4	27	23		12	14	30	16
	23	4	27	23		13	15	30	15
	24	1	25	24		14	11	30	19
	25	2	23	21		15	13	30	17
	26	8	26	18		16	13	29	16
	27	10	27	17		18	4	30	26
	29	9	26	17		19	6	30	24
Mars . .	1	10	28	18		20	9	30	21
	2	10	27	17		21	9	31	22
	3	12	28	16		22	8	30	22
	4	9	24	15		23	8	30	22
	5	6	27	21		25	8	26	18
	7	7	25	18		26	8	30	22
	8	6	24	18		27	10	30	20
	9	9	28	19		28	11	30	19
	10	8	27	20		29	8	30	22
	11	8	28	20		30	10	30	20
	12	7	28	22	Mai . .	2	15	30	15
	14	6	29	19		3	18	30	12
	15	7	25	21		4	18	30	12
	16	8	28	19		5	22	30	8
	17	6	29	23		6	17	30	13
	18	5	26	21		7	17	30	13
	19	3	26	23		9	15	28	13
	21	2	27	25		10	14	27	13
	22	4	28	24		11	16	30	14
	23	4	28	24		12	15	30	15
	24	4	28	24		12	16	30	14
	25	3	29	26		13	17	30	13
	26	6	30	22					
	28	6	28	21					
	29	6	28	22					
	30	5	28	23					
	31	6	28	22					

TABLE

De la quantité de chaleur produite par différentes proportions de surface de tuyaux.

	Pieds cubes chauffés par un pied de surface de vapeur.	Air extérieur.	Air intérieur.	Différence de températ.
Chapelle à Port-Glasgow.	400	4°,3	16	11,5
Filature.	00	1°	21	20
Premier exemple et dessus de sécherie . . .	40	1°	32	37
Deuxième exemple. . .	80	1°	38	37
Troisième exemple, sécherie au drap . . .	23	5°,5	32	26,5
<i>Idem</i> au fil.	16	—2°	30	32
		5°,5	37	31,5

FIN.

TABLE

DES MATIÈRES.

	Pages.
Des effets de la chaleur ; comparaison des thermomètres	1
De la dilatation ; tables.. . . .	25, 30, 31
Capacité des corps pour le calorique ; tables.	32, 35, 39, 47
Combustion, combustibles ; tables.	64, 72, 88, 93
Transmission de la chaleur ; lois du refroidissement, expériences de Leslie, de Fredgold.	99, 114, 128
Ébullition ; tables.	136, 137
Vapeur : tables.	142, 147, 148
Cheminées et foyers	152
Fourneaux pour chaudières.	159
Règles pour calculer l'aire d'une cheminée, etc.	164
Divers modes de distribution de la chaleur.	169
Des chaudières, de leur forme, de leurs appareils, etc.	177
Dimensions des chaudières.	181
De la surface que doivent avoir les tuyaux pour chauffer un espace donné.	186
De la substance et de la surface des tuyaux.	195
De l'épaisseur et de la forme des tuyaux	197
De la jointure des tuyaux.	199
Concentration de la chaleur.	205



De la ventilation et des causes de la perte de la chaleur. 207
----- dans les salles échauffées. 208
----- dans les serres. 217
De la ventilation des hôpitaux , etc. 221
Chauffage des maisons , églises , etc , à la vapeur 229
----- des théâtres. 237
----- des filatures. 239
Séchage des grains en nature et en gerbes. 271
Chauffage des celliers , vinaigreries. 288
Séchage de la poudre. 290
Chauffage des liquides. 308

FIN DE LA TABLE.

E R R A T A.

Pages. Lignes.

- 65 16 *au lieu de miroir convexe, lisez : lentille.*
 130 29 *au lieu de 4177, lisez : 4222.*
 131 4 *au lieu de 363, lisez : 4211.*
Id. 10 *au lieu de 0,0041, lisez : 0,00041.*
Id. 19 *au lieu de 0,6055, lisez : 0,6114.*
Id. 22 *au lieu de 5,5173, lisez : 0,5972.*
Id. 23 *au lieu de 0,00638, lisez : 0,000644.*
Id. 25 *au lieu de 0,000639, lisez : 0,000644.*
 132 8 *au lieu de 0,5689, lisez : 0,6666.*
Id. 10 *au lieu de 0,0006515, lisez : 0,000738.*
Id. 24 *au lieu de points, lisez : rapports.*
Id. 24 *au lieu de fer en barres, lisez : fer laminé.*
Id. 25 *id. id.*
 155 9 *au lieu de sera l'ouverture, lisez : sera la surface de l'ouverture.*
Id. 10 *en pouces, ajoutez : carrés.*
Id. 12 *au lieu de au diamètre, lisez : à la dimension.*
Id. 19 *pouces, ajoutez carrés.*
 157 27 *5 à 6 pouces, ajoutez : d'élévation.*
 160 25 *la surface, ajoutez : totale des intervalles qui séparent les barres.*
 161 26 *au lieu de à la cheminée, lisez : à l'ouverture de la cheminée.*
 162 7 *865, ajoutez : grains.*
 163 22 *au lieu de terre et, lisez : terre ou.*
 164 7 *au lieu de à peu près, lisez : en pouces.*
Id. 9 *au lieu de l'aire de la, lisez : l'aire totale des espaces qui séparent les barres.*
Id. 16 *au lieu de trop, lisez : très.*
Id. 21 *cheminée, ajoutez : en pieds.*
Id. *id.* *en pouces, ajoutez : carrés.*
Id. 32 *au lieu de celle de l'air, lisez : l'ouverture pour.*
 165 15 *au lieu de 0,177, lisez : 0,117.*
 166 12 *au lieu de aux côtés de la cheminée, lisez : à la couche du combustible.*
Id. 17 *au lieu de la quantité, lisez : celle de la couche.*
Id. 23 *considérable, ajoutez : entre la grille et la chaudière.*
 167 24 *au lieu de 1 pied, lisez : 1 pied carré.*
 172 11 *au lieu de élèverait à 100, lisez : de 50,58.*
 181 9 *cubes en surface, supprimez en surface.*
 185 15 *au lieu de l'eau, lisez : la hauteur de l'eau.*
 186 28 *au lieu de brûler, lisez : briser.*

Pages. Lignes :

- 189 2 au lieu de grandeur, lisez : surface.
Id. 4 un pied, ajoutez : carré.
 194 12 au lieu de exige deux divisions, lisez : le problème se résout.
Id. 14 lorsque, supprimez ce mot.
Id. 15 *id.* *id.*
 195 8 au lieu de 0,262, lisez : 0,00000262.
 198 10 au lieu de $\frac{3}{8}$, lisez : $\frac{1}{8}$.
Id. 23 au lieu de $\frac{3}{4}$, lisez : $\frac{1}{8}$.
Id. *id.* au lieu de l'étain, lisez : le fer étamé.
Id. 15 au lieu de $\frac{3}{10}$, lisez : $\frac{2}{10}$.
Id. 22 au lieu de $\frac{1}{8}$, lisez : $\frac{1}{2}$.
 201 12 au lieu de travaillé, lisez : laminé.
 213 19 au lieu de placée, lisez : est placée.
 214 10 au lieu de $73\sqrt{h}$, lisez : $75\sqrt{h}$.
 217 4 la quantité, ajoutez : de pieds cubes d'air.
 218 18 au lieu de $2\frac{1}{2}$, lisez : $2\frac{1}{4}$.
 219 1 pieds, ajoutez : cubes d'air.
Id. 11 au lieu de $t-t'(5L+1,5G)$, lisez : $(t-t')(5L, \text{etc.})$
Id. 27 au lieu de 51, lisez : $1\frac{1}{2}$.
 220 11 au lieu de $\frac{1}{2}Lh\frac{1}{2}$, lisez : $\frac{1}{4}Lh\frac{3}{2}$.
Id. 13 $(t-t')(\frac{1}{4}Lh)$, ajoutez : $\frac{1}{2}$.
 231 18 au lieu de $\frac{100\sqrt{30}}{2}$, lisez : $\frac{100\sqrt{30}}{2}$
Id. 21 cubes, ajoutez : d'air.
 232 2 au lieu de $\equiv 133$, lisez : 128.
 233 4 pieds, ajoutez : cubes.
Id. 15 quantité, ajoutez : de pieds cubes d'air.
Id. 18 au lieu de 404, lisez : 428 pieds.
 235 28 au lieu de $\frac{2500}{30\sqrt{219}}$, lisez : $\frac{2500}{30\sqrt{49}} =$
 238 11 au lieu de 2, lisez : $2\frac{1}{2}$.
 240 5 au lieu de + 880, lisez : + 800.
Id. 9 au lieu de $\equiv 426$, lisez : 450.
 244 3 au lieu de $\equiv 44$, lisez : $\equiv 43$.
 247 4 au lieu de $\times 25$, lisez : $\times 15$.
Id. 11 au lieu de $\frac{1000 \times 25}{2(93-10)}$, lisez : $\frac{1000 \times 25}{2,1(93-10)} = 160$.
Id. 17 au lieu de \equiv , lisez : $\equiv 27$.
Id. 20 au lieu de $150 - 26 \equiv 1,24$, lisez : $160 - 27 \equiv 133$.
Id. 21 au lieu de 122, lisez : 133.
 251 6 au lieu de $3\frac{1}{2}$, lisez : $3\frac{1}{2}$.

Pages. Lignes.

- 255 1 au lieu de $10^{\circ \frac{1}{2}}$, lisez : $10^{\circ \frac{1}{2}}$.
 257 27 au lieu de à 1 -, lisez : $1 \frac{1}{2}$.
 258 1 verre, ajoutez : en pieds.
 Id. 5 au lieu de de $\frac{1}{2}$, lisez : le 10° . de.
 Id. 26 au lieu de 50, lisez : 150.
 259 1 au lieu de 1363, lisez : 0,1363.
 Id. 9 au lieu de , $1 \frac{0}{0}$, lisez : $1 \frac{1}{2}$.
 Id. 26 au lieu de = $22 \frac{0}{0}$, lisez : = $22 \frac{1}{2}$.
 260 7 pieds, ajoutez : carrés.
 Id. 8 id. id. cubes.
 Id. 18 au lieu de 82, lisez : 87.
 Id. 20 au lieu de 5, lisez : $\frac{2}{3}$.
 261 16 au lieu de 60° , lisez : 6° .
 Id. 19 au lieu de = 8 pieds, lisez : = 242.
 Id. 20 au lieu de 238, lisez : 242.

INSTITUT
CATHOLIQUE
DE PARIS



1. ...
2. ...
3. ...
4. ...
5. ...
6. ...
7. ...
8. ...
9. ...
10. ...
11. ...
12. ...
13. ...
14. ...
15. ...
16. ...
17. ...
18. ...
19. ...
20. ...

1852



Dr
22



ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM

PARIS. — IMPRIMERIE DE FAIN, RUE RACINE, N° 4
PLACE DE L'ODÉON.