



Acerca de este libro

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

Normas de uso

Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

- + *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.
- + *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.
- + *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.
- + *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

Acerca de la Búsqueda de libros de Google

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página <http://books.google.com>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

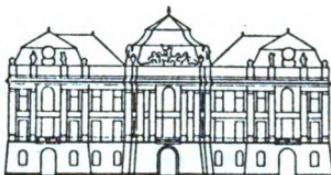
À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>



*44. Mm. 27.

MENTEM ALIT ET EXCOLIT



K. K. HOFBIBLIOTHEK
ÖSTERR. NATIONALBIBLIOTHEK

*44. Mm. 27.



1084

DES LIGNES ISOTHERMES
ET
DE LA DISTRIBUTION DE LA CHALEUR
SUR LE GLOBE.

THE HISTORY OF THE

BY

THE REV. JOHN H. STODOLSKY

OF THE

DES LIGNES ISOTHERMES

ET

DE LA DISTRIBUTION DE LA CHALEUR

SUR LE GLOBE ;

PAR

ALEXANDRE DE HUMBOLDT.

(Extrait des Mémoires d'Arcueil.)



A PARIS,

DE L'IMPRIMERIE DE V. H. PERRONNEAU,
quai des Augustins, n°. 39.

1817.



DES LIGNES ISOTHERMES

ET

DE LA DISTRIBUTION DE LA CHALEUR

SUR LE GLOBE.

LA répartition de la chaleur sur le globe appartient à ce genre de phénomènes dont on connaît depuis longtems les circonstances générales, mais qui ne sauraient être déterminés rigoureusement ou soumis à un calcul exact, qu'autant que l'expérience et l'observation fournissent les données dans lesquelles la théorie peut puiser les corrections des divers élémens qu'elle emploie. Le but de ce Mémoire est de faciliter la réunion de ces données, d'offrir des résultats tirés d'un grand nombre d'observations inédites, et de les grouper d'après une méthode qui n'avait point encore été essayée, quoique l'avantage qu'elle présente ait été reconnue depuis un siècle, dans l'exposition des phénomènes de la déclinaison et de l'inclinaison magnétique. Comme le travail, qui renferme la discussion des observations

partielles , sera publié séparément , je me bornerai ici à un simple aperçu , propre à faire connaître la distribution de la chaleur sur le globe , d'après les données les plus récentes et les plus précises. Lorsqu'on ne peut ramener des phénomènes compliqués à une théorie générale , on gagne déjà si l'on parvient à fixer les rapports numériques par lesquels un grand nombre d'observations éparses se trouvent liées , et à assujettir l'influence des causes perturbatrices locales à des lois purement empiriques. L'étude de ces lois fait connaître aux voyageurs sur quels problèmes ils doivent porter leur attention principale , et l'on peut espérer , d'après le perfectionnement progressif des diverses parties du système du monde , que la théorie de la distribution de la chaleur gagnera également en étendue et en précision à mesure que les observations seront plus multipliées , et dirigées sur des points qu'il importe d'éclaircir.

Comme les phénomènes de la géographie , les végétaux et en général la distribution des êtres organisés , dépendent de la connaissance des trois coordonnées de latitude , de longitude et de hauteur , j'ai dû m'occuper , depuis plusieurs années , de l'évaluation exacte des températures atmosphériques. Je ne pouvais rédiger

mes propres observations sans recourir sans cesse aux ouvrages de Cotte et de Kirwan, les seuls qui renferment une grande masse d'observations météorologiques obtenues par des instrumens et d'après des méthodes d'une précision très-inégale. Ayant habité longtems les plateaux les plus élevés du Nouveau-Continent, j'avais profité des avantages qu'ils offrent pour examiner la température des couches d'air superposées, non d'après des données isolées, fruits de quelques excursions vers la cime d'un volcan, mais d'après la réunion d'un grand nombre d'observations, faites jour par jour et mois par mois, dans des lieux habités. En Europe et dans tout l'Ancien-Continent, les points les plus élevés dont on a déterminé les températures moyennes, sont le couvent de Peissenberg en Bavière, et l'hospice du Saint-Gothard (1). Le premier à 995 mètres (511 toises), le second à 2075 mètres (1065 toises) d'élévation au-dessus du niveau des mers. En Amérique, un grand nombre de bonnes observations ont été faites à

(1) On ne connaît point la température moyenne de l'air au couvent du Grand-St.-Bernard, dont la hauteur absolue est de 2426^m. Il y a en Europe plusieurs villages placés à plus de 1700^m. d'élévation, p. e., St.-Jacques d'Ayas à 1670^m. ; Trinita-Nuova, près Grasfoncy à 1620^m.

Santa-Fé de Begota et à Quito, à 2660 mètres (1365 toises), et 2909 mètres (1492 toises) de hauteur. Une ville de 10,000 habitans qui offre toutes les ressources de la civilisation moderne, **Huancavelica**, est située dans les Cordillières de l'hémisphère austral à 3752 mètres (1925 toises) d'élévation absolue, et la mine de **Santa-Barbara** entourée de beaux édifices, et placée à une lieue au sud de **Huancavelica**, offre un endroit propre à faire des observations régulières à la hauteur de 4422 mètres qui est double de celle de l'hospice du **Saint-Gothard**.

Ces exemples prouvent combien nos connaissances sur les hautes régions de l'atmosphère, et sur la physique du monde en général, s'accroîtront rapidement, lorsque la culture des sciences, si longtems concentrée dans la zone tempérée, s'étendra au-delà du tropique, dans ces vastes régions où les **Espagnols-Américains** se livrent déjà avec tant de zèle à l'étude de la physique et de l'astronomie. Pour comparer à la chaleur moyenne des climats tempérés les résultats que nous avons obtenus, **M. Bonpland** et moi, dans les régions équinoxiales, depuis les plaines jusqu'à 5880 mètres (3016 toises) de hauteur, je devais réunir un grand nombre de bonnes observations faites au-delà du parallèle de 30 à

35 degrés. Je m'aperçus bientôt combien cette comparaison était vague, si je choisis des lieux placés dans le méridien des Cordillères, ou par une longitude beaucoup plus orientale. J'entrepris dès lors de discuter les résultats consignés dans les ouvrages les plus récents. Je tâchai de trouver de dix en dix degrés de latitude, mais sur des méridiens différens, un petit nombre de lieux dont on connut avec précision la température moyenne. Ce sont autant de points fixes par lesquels je fais passer mes *lignes isothermes* ou *lignes d'égal chaleur*. Je remontai, autant que les matériaux ont été rendus publics, aux observations mêmes dont les résultats ont été publiés, et je trouvai dans le cours de ce travail facile, mais long et monotone, qu'il en est d'un grand nombre de températures moyennes indiquées dans les tableaux météorologiques, comme de ces positions astronomiques que l'on adopte sans les discuter. Tantôt les résultats sont en contradiction directe avec les observations les plus récentes; tantôt il est impossible de découvrir d'où ils sont tirés. Beaucoup d'observations, et même de très-bonnes, ont dû être rejetées, par la seule raison que la hauteur absolue du lieu dans lequel elles ont été faites, est restée inconnue. C'est

le cas de l'Asie mineure, de l'Arménie, de la Perse, et de presque toute l'Asie. Tandis que la seule partie équinoxiale du Nouveau-Monde offre déjà plus de 500 points, dont la plupart sont de simples villages et des hameaux, déterminés par un nivellement barométrique, nous ignorons encore la hauteur d'Erzeroum, de Bagdad, d'Aleppe, de Teheran, d'Ispahan, de Delhi et de Lassa, au-dessus du niveau des mers voisines. Malgré les rapports intimes dans lesquels on a été récemment avec la Perse et le Candahar, cette branche de nos connaissances n'a point gagné depuis une cinquantaine d'années. Cependant il n'est pas permis, à cause du décroissement de la température dans les hautes régions de l'atmosphère, de confondre les températures moyennes d'endroits qui ne sont pas placés sur un même niveau. Dans l'Ancien Continent, les bonnes observations, les seules dont on peut faire usage pour reconnaître des lois empiriques, se bornent à une étendue de la surface du globe qui est limitée par les parallèles de 30° et 70° , et par les méridiens de 30° de longitude orientale, et de 20° de longitude occidentale. Les points extrêmes de cette région, sont l'île de Madère, le Caire et le Cap-Nord. C'est une bande qui n'a pas mille

lieues nautiques ($\frac{1}{7}$ de la circonférence du globe) de l'est à l'ouest, et qui, renfermant le bassin de la Méditerranée, est le centre de la civilisation primitive de l'Europe. La configuration extraordinaire de cette partie du monde, les mers intérieures, et d'autres circonstances si propres à développer les germes de la culture parmi les peuples, ont donné à l'Europe un climat particulier, très-différent de celui des régions placées sous la même latitude. Or, comme les sciences physiques portent presque toujours l'empreinte des lieux où l'on a commencé à les cultiver, on s'est accoutumé à considérer la distribution de la chaleur observée dans la région que nous venons de désigner, comme le type des lois qui gouvernent le globe entier. C'est ainsi que dans la géologie, on a tâché longtems de ramener tous les phénomènes volcaniques à ceux qu'offrent les volcans de l'Italie. Au lieu d'évaluer méthodiquement la répartition de la chaleur, telle qu'elle existe sur la surface des continens et des mers, on a cru devoir ou regarder comme des exceptions locales tout ce qui s'écarte du type adopté, ou, en suivant une méthode plus dangereuse encore dans la recherche d'une loi naturelle, prendre des *moyennes de température* de 5 à 5 degrés de latitude, en

confondant les lieux placés sous des méridiens très-différens. Comme cette dernière méthode paraît exclure l'influence des causes réputées étrangères, je dois la discuter brièvement avant d'indiquer la marche essentiellement différente que j'ai suivie dans mes recherches.

Il n'en est point de la température de l'atmosphère et du magnétisme du globe, comme de ces phénomènes qui, déterminés par une cause unique ou par un seul centre d'action, peuvent être dégagés de l'influence des circonstances perturbatrices, en prenant les résultats moyens d'un grand nombre d'observations, dans lesquelles ces effets étrangers se détruisent mutuellement. La répartition de la chaleur, de même que les inclinaisons et les déclinaisons de l'aiguille aimantée, ou l'intensité du magnétisme terrestre, dépendent, par leur nature, de la localité, de la constitution du sol, de la disposition particulière de la surface rayonnante du globe. Or, on doit se garder d'éliminer ce que l'on veut trouver : il ne faut pas confondre sous le nom de circonstances étrangères et perturbatrices, celles dont les phénomènes les plus importans, par exemple, la distribution et le développement plus ou moins rapide de la vie organique dépendent essentiellement. De

quelle utilité serait une table d'inclinaisons magnétiques, qui, au lieu d'être mesurées sur des parallèles à l'équateur magnétique, seraient les moyennes d'observations faites par les mêmes degrés de latitudes terrestres, mais sur des méridiens différens? Nous voulons faire connaître la quantité de chaleur annuelle que reçoit chaque point du globe, et ce qui importe le plus à l'agriculture et au bien-être des habitans, la répartition de cette quantité de chaleur entre les différentes parties de l'année, et non ce qui est dû à l'action solaire seule, à la hauteur de l'astre sur l'horizon, à la durée de son influence, c'est-à-dire, à la grandeur des arcs semi-diurnes.

Il y a plus encore, nous prouverons que la méthode des moyennes est insuffisante pour reconnaître ce qui appartient exclusivement au soleil, autant que ses rayons éclairent un seul point de la surface du globe, et ce qui est dû à la fois et au soleil et à l'influence des causes étrangères. C'est parmi ces causes que nous comptons le mélange des températures de différentes latitudes produit par les vents; le voisinage des mers qui sont d'immenses réservoirs d'une chaleur peu variable; l'inclinaison, la nature chimique, la couleur, la force rayon-

nante et l'évaporation du sol; la direction des chaînes de montagnes qui agissent, soit en favorisant le jeu des courans descendans, soit en abritant contre certains vents; la forme des terres, leur masse et leur prolongement vers les pôles; la quantité de neige qui les couvre pendant l'hiver; leur élévation de température, et leur réverbération en été; enfin, ces glaces qui forment comme des continens circompolaires, variables dans leur étendue, et dont les parties détachées, entraînées par les courans, modifient sensiblement le climat de la zone tempérée.

En distinguant, comme on l'a fait depuis longtems, le climat *solaire* du climat *réel*, il ne faut pas oublier que les causes locales et multipliées qui modifient l'action du soleil sur un seul point du globe, ne sont elles-mêmes que des causes secondaires, des effets du mouvement que l'astre calorifiant produit dans l'atmosphère, et qui se propage à de grandes distances. Si l'on considère séparément (et il serait utile de le faire dans une discussion purement théorique) la chaleur produite par le soleil, la terre supposée en repos et sans atmosphère, et la chaleur due à d'autres causes regardées comme perturbatrices, on trouve que cette

dernière partie de l'effet total n'est pas entièrement étrangère au soleil. L'influence des petites causes ne disparaîtra guère en prenant le résultat moyen d'un grand nombre d'observations : car cette influence n'est pas restreinte à une seule région. Par la mobilité de l'océan aérien ; elle se propage d'un continent à l'autre. Partout, dans les régions voisines des cercles polaires, les rigueurs des hivers sont diminuées par le déversement des colonnes d'air chaud, qui, s'élevant au-dessus de la zone torride, se porte vers les pôles ; partout dans la zone tempérée, la fréquence des vents occidentaux, en transportant la température (1) d'une latitude à une autre parallèle, modifie les climats. Qu'on réfléchisse, de plus, à l'étendue des mers, à la configuration et au prolongement des continents, soit dans les deux hémisphères, soit à l'est et à l'ouest des méridiens de Canton et de la Californie ; et l'on verra que le nombre d'observations sur la température moyenne, fût-il infini, la compensation n'aurait pas lieu.

C'est donc à la théorie seule qu'il appartient

(1) Ramond, *Mémoire sur la Formule barométr.*, p. 108 et 113.

de déterminer la répartition de la chaleur sur le globe, autant qu'elle dépend de l'action immédiate et instantanée du soleil. Elle n'indique pas les degrés de température exprimée par la dilatation du mercure dans un thermomètre, mais les rapports entre la chaleur moyenne annuelle à l'équateur, au parallèle de 45° , et sous le cercle polaire; elle détermine les rapports entre les chaleurs solsticiales et équinoxiales dans les différentes zones. En comparant les résultats du calcul, non à la moyenne tirée d'observations faites par différentes longitudes, mais à la température moyenne d'un seul point de la surface de la terre, on ferait le départ de ce qui est dû à l'action immédiate du soleil et à l'ensemble des autres influences solaires et non solaires, locales ou propagées à de grandes distances. Cette comparaison de la théorie à l'expérience offrirait un grand nombre de rapports intéressans.

Longtems avant que l'on eût des thermomètres comparables, et une idée précise de la température moyenne d'un lieu, en 1693, Halley jeta les premiers fondemens d'une théorie de l'action calorifiante du soleil, à différens degrés de latitude (1). Il prouva que la durée de l'ac-

(1) *Phil. Tr.*, 1693, p. 878.

tion pouvait compenser l'effet de l'obliquité des rayons. Les rapports qu'il indique expriment, non la chaleur moyenne des saisons, mais la chaleur d'un jour d'été à l'équateur et sous le cercle polaire, rapport qui est comme 1.834 à 2.310. Déjà chez les Grecs, d'après le rapport de Geminus (1), Polybe avait entrevu la cause par laquelle il y a moins de chaleur à l'équateur que sous le tropique. Aussi, l'idée d'une zone tempérée, habitable et très-élevée, au milieu de la zone torride, fut admise par Eratosthène, Polybe et Strabon.

Dans deux mémoires (2) publiés à de longs intervalles, en 1719 et 1765, Mairan essaya de résoudre les problèmes de *l'action solaire*, en les traitant d'une manière beaucoup plus étendue et plus générale. Il compara, le premier, les résultats de la théorie à ceux de l'observation; et comme il trouvait la différence entre les chaleurs d'été et d'hiver beaucoup moins grande qu'elle ne devait l'être d'après le calcul, il reconnut la chaleur permanente du globe, et les

(1) *Isag. in Aratum, cap. 13; Strabo Geogr., lib. II, p. 97.*

(2) *Mém. de l'Acad. 1719, p. 133; et 1765, p. 145 et 210.*

effets du rayonnement. Sans se méfier des observations qu'il employait, il imagina la théorie bizarre des *émanations centrales* qui ajoutent depuis l'équateur jusqu'au pôle, à la chaleur de l'atmosphère. Il suppose que ces émanations décroissent jusqu'au parallèle de 74° , où les étés solaires atteignent leur maximum et qu'elles augmentent de 74° au pôle.

Lambert, avec la sagacité qui le distingue dans toutes ses recherches physico-mathématiques, a relevé dans sa Pyrométrie (1) les erreurs de la théorie de Mairan. Il aurait pu ajouter que ce géomètre confond les quantités de chaleur que reçoit un point du globe, sous le 60° de latitude, pendant les trois mois d'été, avec le *maximum* auquel les habitans de ces régions boréales voient de tems en tems monter les thermomètres par un jour serein. Les températures moyennes des étés, loin de décroître du pôle au tropique, sont sous l'équateur, sous le parallèle de 45° , et sous celui de Stockholm, d'Upsal ou de Pétersbourg, $27^{\circ}.7$, 21° et $16^{\circ}.2$. Réaumur avait envoyé ses nouveaux thermomètres à la zone torride, en Syrie et dans le

(1) *Pyrometrie oder vom Masse des Feuers*, 1779, p. 342.

Nord. Comme on se contenta alors de noter les jours les plus chauds , on s'était formé l'idée d'un *été universel*, qui est le même dans toutes les parties du globe. On avait remarqué , et avec raison , que les chaleurs extrêmes sont plus fréquentes , et même plus fortes dans la zone tempérée , par de hautes latitudes , que sous la zone torride. Sans avoir égard à la température moyenne des mois , on supposait vaguement que dans ces régions septentrionales , les étés suivaient le rapport des extrêmes thermométriques. Ce préjugé s'est encore propagé de notre tems , quoiqu'il soit bien prouvé que , malgré la longueur des jours dans le Nord , les températures moyennes des mois les plus chauds à Pétersbourg , à Paris et sous l'équateur , sont de $18^{\circ}.7$, $20^{\circ}.8$ et 28° du thermomètre centigrade. Au Caire , d'après les observations de Nouet , les trois mois d'été sont de 29.3 , par conséquent , de 14° plus chauds qu'à Pétersbourg , et de 10° plus chauds qu'à Paris. Les chaleurs d'été du Caire sont presque égales à celles que j'ai éprouvées à Cumanà et à la Guayra , entre les tropiques.

Quant à l'*émanation centrale* du système de Mairan , ou à la quantité de chaleur que la terre donne à l'air ambiant , il est aisé de concevoir

qu'elle ne peut agir dans toutes les saisons. La température du globe, aux profondeurs que nous atteignons, est en général peu différente de la chaleur moyenne annuelle de l'atmosphère. Son action est d'une grande importance pour la conservation des végétaux; mais elle ne devient sensible dans l'air que là où la surface du globe ne se couvre pas entièrement de neige, et pendant les seuls mois dont la température moyenne est au-dessous de celle de l'année entière. Dans la France méridionale, par exemple, le rayonnement de la terre peut agir sur l'atmosphère dans les cinq mois qui précèdent le mois d'avril. Nous parlons ici de la chaleur propre du globe, de celle qui est invariable à de grandes profondeurs, et non de ce rayonnement de la surface du globe qui a lieu, même au solstice d'été, et dont les effets nocturnes ont offert à M. Prevost une mesure approximative de l'action solaire directe (1).

Mairan avait trouvé que, dans la zone tempérée, la chaleur de *l'été solaire* est à celle de *l'hiver solaire*, comme 16 à 1. M. Prevost admet pour Genève, 7 à 1. De bonnes observations me donnent pour la température moyenne des étés

(1) *Du calorique rayonnant*, p. 271, 277, 292.

et des hivers, pour Genève, $1^{\circ}.5$ et $18^{\circ}.3$; pour Pétersbourg, $8^{\circ}.3$ et $16^{\circ}.7$ des thermomètres centigrades. Ces nombres n'expriment ni des rapports, ni des quantités absolues, mais des différences thermométriques, regardées comme effet total des influences calorifiantes : les rapports fournis par la théorie, dégagent la chaleur solaire de tout autre effet indirect. Euler ne fut pas plus heureux que Mairan dans ses *Essais théoriques sur la chaleur solaire*. Il suppose que les sinus négatifs de la hauteur du soleil pendant la nuit, donnent la mesure du refroidissement nocturne, et il obtient le résultat (1) extraordinaire que, sous l'équateur, à minuit, le froid doit être plus rigoureux que pendant l'hiver sous le pôle. Heureusement ce grand géomètre attache lui-même peu d'importance à ce résultat et à la théorie dont elle découle. Le second mémoire de Mairan, sans ajouter aux problèmes que l'on tâchait de résoudre depuis Halley, offre du moins l'avantage de renfermer quelques vues générales sur la véritable distribution de la chaleur dans les différens continens. Il est vrai que les températures extrêmes y sont confondues sans cesse avec les températures moyennes, mais avant

(1) *Coment. Petrop.*, t. II, p. 98.

les ouvrages de Cotte et de Kirwan, c'est la première fois qu'on ait essayé de grouper les faits, et de comparer les climats les plus éloignés.

Peu content de la marche suivie par ses prédécesseurs, Lambert, dans son *Traité de Pyrométrie*, a dirigé ses travaux vers deux buts très-différens : il a cherché des expressions analytiques pour les courbes qui expriment les variations de la température dans un lieu où il avait observé, et il a repris, dans la plus grande généralité, le théorème de l'action solaire. Il donne des formules d'après lesquelles on doit trouver la chaleur d'un jour sous une latitude donnée; mais embarrassé de déterminer la dispersion nocturne de la chaleur acquise, ou les sous-tangentes des refroidissemens nocturnes (1), il donne des tables sur la distribution de la chaleur sous différens parallèles et dans différentes saisons (2), qui s'éloignent à tel point des résultats de l'observation, qu'il serait bien difficile d'attribuer ces déviations à l'influence de la chaleur rayonnante du globe et aux causes

(1) *Pyrom.*, p. 141, 179.

(2) *L. c.*, p. 318, 330.

perturbatrices. On est frappé de la petite différence que la théorie indique entre les températures moyennes annuelles des lieux situés sous l'équateur et sous le cercle polaire , entre les étés de la zone torride et ceux de la zone glaciale. On ne demande pas à l'analyse de déterminer la répartition de la chaleur telle qu'elle existe à la surface du globe. Nous savons que , sans employer des lois empiriques , sans puiser des données dans les résultats de l'observation , la théorie ne peut soumettre au calcul qu'une partie de l'effet total , celle qui appartient à l'action immédiate des rayons solaires : mais depuis les heureuses et récentes applications de l'analyse , soit aux phénomènes du rayonnement des surfaces , soit au passage du calorique dans l'intérieur des corps solides , soit enfin au refroidissement de ces corps dans des milieux , dont la température n'est pas uniforme , on peut espérer que l'on parviendra enfin à perfectionner la théorie de l'action solaire , et à calculer la distribution de la chaleur acquise dans l'enveloppe extérieure de notre planète.

En discutant ce que l'on peut attendre des travaux purement théoriques des géomètres , je n'ai point parlé d'un mémoire célèbre , mais

très-concis, de Mayer, le réformateur des tables lunaires. Ce travail, rédigé en 1755, a été inséré, vingt ans plus tard, dans les *Opera inedita* (1). C'est une méthode et non une théorie; c'est un essai essentiellement différent de ceux que nous venons de citer, et, comme le dit son savant auteur lui-même, une détermination de la chaleur moyenne, trouvée empiriquement par l'application des coefficients que fournissent les observations. La marche de Mayer est analogue à celle que les astronomes suivent avec tant de succès, lorsqu'ils corrigent peu à peu le lieu moyen d'une planète de l'effet des inégalités de son mouvement : elle ne présente pas le résultat de l'action solaire dégagée de l'influence des circonstances étrangères; elle évalue, au contraire, les températures telles qu'elles sont distribuées sur le globe, quelle que

(1) *De variationibus therm. accuratius definiendis.* (*Opera inedita*, vol. I, p. 3—10.) M. D'Aubuisson, dans une note insérée dans le *Journal de Physique*, t. LXII, p. 449, a donné une formule qui satisfait aux observations mieux que celle de Mayer. Il admet que la température augmente du pôle à l'équateur, comme les cosinus de la latitude élevée à la puissance $2\frac{1}{2}$; mais il ajoute judicieusement que cette formule n'est applicable qu'à une bande de l'Ancien Continent, voisine de l'Océan atlantique boréal.

soit la cause de cette distribution. La chaleur moyenne de deux endroits placés sous différentes latitudes étant donnée, on trouve par une équation très-simple la température de tout autre parallèle. Les calculs de Mayer, d'après lesquels les températures décroissent de l'équateur au pôle, comme les carrés des sinus de la latitude, donnent des résultats assez précis, lorsqu'on ne s'éloigne pas beaucoup, en longitude, des régions qui ont fourni les coefficients empiriques. Mais sans sortir de l'hémisphère boréal, dès que l'on applique les formules à des lieux placés 70 ou 80 degrés à l'est ou à l'ouest du méridien de Paris, les calculs ne s'accordent plus avec les observations. La courbe qui passe par les points dont la température moyenne est zéro, ne coïncide pas avec un parallèle terrestre : si, dans la péninsule scandinave, nous ne rencontrons cette courbe que par les 65° ou 68° de latitude, elle descend, au contraire, dans le nord de l'Amérique et dans l'Asie orientale jusqu'au parallèle de 53°-58°. Or, la direction et les inflexions de cette courbe de température zéro, influent sur les lignes isothermes voisines, de la même manière que les inflexions de l'équateur magnétique modifient les lignes d'inclinaison. Demander quelle température moyenne ou

quelle inclinaison de l'aiguille aimantée appartient à tel ou tel degré de latitude, c'est proposer des problèmes également indéterminés. Quoique, même par de hautes latitudes, les lignes magnétiques et les lignes isothermes ne soient pas rigoureusement parallèles à l'équateur magnétique et à la courbe de température *zéro*, c'est pourtant la distance d'un lieu à cette courbe qui détermine la température moyenne, comme le degré d'inclinaison de l'aiguille dépend de la latitude magnétique.

Ces considérations suffisent pour prouver que les formules empiriques de Mayer exigent l'introduction d'un coefficient qui dépend de la longitude, et par conséquent de la direction des lignes isothermes et de leurs nœuds avec les parallèles terrestres. Mayer n'a point eu l'intention de dégager les résultats qu'il obtient, de l'influence de toutes les causes perturbatrices : il s'est borné à déterminer les effets de la hauteur au-dessus du niveau de la mer, ceux des saisons et de la longueur du jour. Il a voulu indiquer la route que les physiciens doivent suivre en imitant la méthode des astronomes. Son mémoire date d'une époque où l'on ne connaissait pas la température moyenne de trois points sur le globe; et les corrections que je propose, d'après

le tracé des lignes isothermes, loin d'être incompatibles avec la méthode de Mayer, sont au contraire du nombre de celles que ce géomètre semble avoir vaguement prévues.

Kirwan, dans son ouvrage sur les climats et dans un savant mémoire météorologique, inséré dans le huitième volume des *Mémoires d'Irlande*, essaye d'abord de suivre la marche proposée par Mayer ; mais, plus riche en observations que tous ceux qui l'ont précédé, il s'aperçoit bientôt qu'après de longs calculs les résultats obtenus s'accordent mal avec l'expérience (1). Pour tenter une méthode nouvelle il choisit dans la vaste étendue des mers, des lieux dont la température n'éprouve de changement que par des causes permanentes : ce sont la partie du grand Océan appelé vulgairement *Océan pacifique*, de 40° sud à 45° nord, et la partie de l'Océan atlantique entre les parallèles de 45° et 80°, depuis les côtes de l'Angleterre jusqu'au Gulf-Stream, dont sir Charles Blagden a fait connaître le premier la haute température. Kirwan essaie de déterminer, mois par mois, la température moyenne de ces mers à différens degrés de latitude, et ces résul-

(1) *Kirwan, Estim. of the temp., chap. III.*

tats lui offrent des termes de comparaison avec les températures moyennes observées sur la partie solide du globe terrestre. Il est aisé de concevoir que cette méthode n'a d'autre but que de distinguer dans les climats, c'est-à-dire dans l'effet total des *influences calorifiques*, ce qui est dû à l'action que le soleil exerce immédiatement sur un seul point du globe. Kirwan considère d'abord la terre comme uniformément couverte d'une couche d'eau très-épaisse ; et puis il compare les températures de cette eau, à différentes latitudes, avec ce que l'on observe à la surface des continens hérissés de montagnes, et inégalement prolongés vers les pôles.

Ce travail intéressant peut faire apprécier l'influence des causes locales, l'effet qui provient de la position des mers, à cause de l'inégale capacité de l'eau et de la terre pour absorber la chaleur ; il est même plus propre à conduire à ce but, que la *méthode des moyennes* tirées d'un grand nombre d'observations faites sur différens méridiens, mais dans l'état actuel de nos connaissances physiques, la route proposée par Kirwan ne peut être suivie. Un petit nombre d'observations, faites loin des côtes pendant le cours d'un mois, fixe sans doute la température moyenne annuelle de la mer à sa sur-

face, et, à cause de la lenteur avec laquelle une grande masse d'eau suit les changemens de température de l'air ambiant, l'étendue des variations, pendant l'espace d'un mois, est plus petite dans l'Océan, que dans l'atmosphère : mais il s'en faut de beaucoup (1) que nous puissions indiquer, par l'expérience directe, dans la zone tempérée, parallèle par parallèle et mois par mois, les températures moyennes de l'Océan. Le grand tableau que Kirwan a formé pour l'étendue des mers, qui doit servir de terme de comparaison, est fondé en petite partie sur les observations des voyageurs, en très-grande partie sur la théorie de Mayer. On y a confondu de même les expériences faites sur la chaleur de l'Océan à sa surface, avec les résultats des journaux météorologiques ou avec les indications de la température de l'air qui repose sur la mer. On a commis un cercle vicieux, en modifiant, soit d'après des suppositions théoriques, soit d'après des observations faites sur l'air qui baigne les côtes des continents, la table de la température de l'Océan pour comparer après, à ces mêmes résultats à moitié hypothétiques, ceux que l'observation

(1) Voyez ma *Relation historique*, t. I, p...

seule fournit dans l'intérieur des terres. Après les ouvrages de Kirwan, il me reste à nommer ceux de Cotte. Ce sont de simples compilations, laborieuses et souvent utiles, mais dont on ne peut se servir qu'avec beaucoup de circonspection. L'esprit de critique a rarement présidé à leur rédaction, et elles ne sont pas disposées de manière à pouvoir conduire à des résultats généraux.

En exposant l'état actuel de nos connaissances sur la répartition de la chaleur, j'ai fait voir combien il est dangereux de confondre les résultats tirés des observations, avec ceux que l'on déduit d'idées théoriques. La chaleur d'un point quelconque sur le globe dépend de l'obliquité des rayons solaires et de la durée de leur action, de la hauteur de la station, de la chaleur intérieure et du rayonnement de la terre dans un milieu de température variable; enfin de l'ensemble des causes qui elles-mêmes sont les effets de la rotation de la terre, et de la disposition inégale des continents et des mers. Avant de jeter les bases d'un système, il faut grouper les faits, fixer les rapports numériques, et, comme je l'ai indiqué dès le commencement de ce Mémoire, soumettre les phénomènes de la chaleur, comme Halley l'a fait avec ceux du magnétisme terrestre, à des lois empiriques. En

suivant cette marche , j'ai d'abord examiné la question de savoir , si la méthode employée par les physiciens pour déduire les températures moyennes de l'année, des mois et des jours, est sujette à des erreurs sensibles. Rassuré sur la précision des *moyennes* numériques, j'ai tracé sur une carte les lignes isothermes analogues aux lignes d'inclinaison et de déclinaison magnétique : je les ai considérées à la surface de la terre dans un plan horizontal, et sur la pente des montagnes dans un plan vertical. J'ai examiné l'accroissement de la température du pôle à l'équateur, inégal sous différens méridiens ; le partage d'une même quantité de chaleur entre les différentes saisons sur un même parallèle isotherme et à différentes latitudes ; la courbe des neiges perpétuelles, qui n'est point une ligne d'égale chaleur ; la température de l'intérieur de la terre, un peu plus grande vers le Nord et sur les hautes montagnes que la température moyenne de l'atmosphère sous le même parallèle ; enfin la répartition de la chaleur dans l'Océan et la position de ces bandes, que l'on peut désigner par le nom de bandes des eaux les plus chaudes. Les bornes de cet extrait ne me permettant pas d'entrer dans le détail de ces discussions diverses, je ne consignerai ici que les principaux résultats.

Anciennement on prenait le *maximum* et le *minimum* de température observés dans le courant d'une année, et l'on regardait la demi-somme comme la température moyenne de l'année entière. C'est ainsi que firent Maraldi, Lahire, Muschenbroer, Celsius et même Mairan, lorsqu'il voulurent comparer l'année très-chaude de 1718 avec les années excessivement froides de 1709 et 1740. Lahire fut frappé de l'identité de la température constante des caves de l'Observatoire de Paris, avec celles que lui donnaient les extrêmes annuels observés. Il paraît avoir eu le premier, en 1719, l'idée de la quantité moyenne de chaleur que reçoit un point du globe; et il ajoute « que l'on peut regarder l'air des caves comme l'état moyen du climat(1) ». Réaumur suivit également la méthode des *maximum*, quoiqu'il avouât qu'elle était inexacte(2). Il reconnut les heures auxquelles il fallait observer; et, depuis 1735, il publia, dans les Mémoires de l'Académie, les extrêmes de température de chaque jour; il compara même déjà le produit de deux récoltes à la somme des

(1) *Mém. de l'Acad.*, 1719, p. 4.

(2) *L. c.*, 1735, p. 559.

degrés de chaleur auxquels, pendant deux années consécutives, les céréales avaient été exposées; cependant lorsqu'il s'agissait de la température moyenne des mois, il se contenta, comme Duhamel le fit encore trente ans plus tard, d'indiquer, 3 ou 4 extrêmes thermométriques. Pour apprécier les erreurs auxquelles expose cette méthode incomplète, je rappellerai que jusqu'en 1777 la température moyenne de Toulon fut évaluée par Cotte (1) à 25° 6', tandis que plus tard, en employant la masse de toutes les observations, le même savant réduisit cette température à ce qu'elle est effectivement, à 15° 7'.

Pour diminuer les erreurs de la méthode des extrêmes annuels, on a conçu, bien tard il est vrai, qu'il fallait subdiviser la courbe qui exprime les variations de la température. Vingt-quatre extrêmes répartis parmi les douze mois de l'année, donnent déjà une moyenne annuelle plus exacte que deux extrêmes pris sur l'ensemble de toutes les observations. Les ordonnées n'augmentent pas uniformément et sans interruption jusqu'au *maximum* de l'année : il y a des inflexions partielles assez régulières. Plus on sub-

(1) *Mém. de la Soc. royale de Méd.*, 1777, p. 104.

divise et plus on connaîtra de termes dans la série ; plus ces termes seront rapprochés , et moins il y aura d'erreur dans la supposition d'une progression arithmétique, et dans celle de l'équidistance des différens *maximum* et *minimum* de température. Ces considérations font apprécier les trois méthodes auxquelles les observations sont assujetties de nos jours : 1°. On observe trois fois par jour, au lever et au coucher du soleil, et à deux heures après midi. C'est ainsi qu'on a fait à Genève pendant les trois années 1796, 1797 et 1798. Dans les Observatoires, on préfère l'heure de midi à celle du coucher du soleil. 2°. On observe à deux époques du jour, que l'on croit celles du *maximum* et du *minimum*, au lever du soleil et à deux heures après midi ; 3°. on observe une seule fois par jour, à une heure que, dans les différentes saisons, on a trouvé représenter la température moyenne du jour. C'est ainsi que M. Ramond, par une induction judicieuse, a prouvé que la hauteur du baromètre, à l'heure de midi, donne pour nos climats, la moyenne pression atmosphérique corrigée de la variation diurne (1).

J'ai trouvé, en calculant un grand nombre

(1) *De la Formule barom.*, p. 213.

d'observations faites entre les parallèles de 46° à 48°, que la seule époque du coucher du soleil donne une température moyenne qui ne diffère de celle qui a été conclue des observations du lever et de deux heures, que de quelques dixièmes de degrés. Les écarts des différens mois n'excèdent pas 1°, et ils sont très-régulièrement positifs ou négatifs, d'après l'ordre des saisons. M. Arago (1) a examiné pour sept ans les observations de midi. Elles donnent, pour Paris, 3° de plus que la température moyenne de l'année entière. Sur les hautes montagnes, de la zone tempérée la différence est à peine d'un degré (2). On peut conclure, en appliquant des coefficients variables selon les latitudes et les hauteurs, les températures moyennes vraies, d'observations faites à telle ou telle époque du jour, à peu près comme des hauteurs du soleil prises hors du méridien, on peut déduire la latitude d'un lieu.

Si l'on ne s'arrête pas à deux observations

(1) Moyennes des observations à midi, à Paris, 13°.8; à Clermont en Auvergne (411 m.), 13°.5; à Strasbourg (138 m.), 12°.9. *Bullet. de la Soc. phil.*, 1814, oct. p. 95.

(2) A l'hospice de Saint-Gothard. (*Ephém.*, *Soc. Pal.* 1785, p. 47.)

du *maximum* et du *minimum* et que l'on ajoute une troisième observation, on commet une erreur plus ou moins grave en divisant simplement par trois la somme des observations, sans avoir égard à la durée des températures partielles et à la place qu'occupe la troisième observation, entre les derniers termes de la série (1). L'expérience prouve que les températures moyennes de l'année, obtenues par deux ou trois observations, ne diffèrent pas sensiblement, si l'observation intermédiaire est assez éloigné (de quatre ou cinq heures) des observations du *maximum* et du *minimum*. Chaque fois donc que l'on ne calcule pas, en ayant égard à la durée des températures intermédiaires, on doit préférer comme plus sûre la méthode qui n'emploie

(1) *Exemple.* Le 13 juin, à 4^h du matin 8°, à 2^h après midi 13°, à 11^h du soir 8°. En calculant par la durée, on trouve :

| | | | |
|-------|----------------------|--------------------|-------|
| 10°.5 | pour 10 ^h | d'intervalle . . . | 105°; |
| 11°.5 | 9 | | 103°; |
| 9°.0 | 5 | | 45°. |

Vraie moyenne 10°.5. Les trois époques employées de la manière que l'on suit communément, donnent 10°.3. Si l'on s'arrête aux deux températures extrêmes, on aura par la demi-somme, 10°.5.

que deux observations de température extrême, et qui est aussi le plus généralement adoptée. Il suffira d'indiquer la source des erreurs qu'elle peut offrir. Les deux termes extrêmes, dans nos climats, ne partagent pas la série de vingt-quatre heures en deux parties égales. Le maximum est une époque à peu près fixe; le lever du soleil retarde ou avance de trois heures. Comme on devrait avoir égard à la durée de la température partielle pour trouver la quantité de chaleur partagée entre la nuit et le jour, il faudrait accoupler le maximum du jour précédent avec le minimum du jour suivant, et non se contenter de prendre la demi-somme de tous les maximum et minimum d'un mois. Dans le calcul ordinaire, on ne détermine que la température moyenne de la partie du jour qui est comprise entre le lever du soleil et deux heures de l'après-midi; on suppose tacitement que la température moyenne est la même (1), depuis deux heures jusqu'au lever du soleil, le jour suivant. Cette double erreur de manque d'équidistance et d'accouplement d'observations, ne produit généralement que des erreurs de quelques dixièmes de degrés,

(1) *Exemple.* Lever du soleil à 6^h, 10°; à 2^h après midi, 17° Lever du soleil, 11°; à 2^h, 19°. Lever du soleil, 10°.

tantôt en moins, tantôt en plus, puisque les jours chauds et froids sont mêlés (1).

Mais tous les calculs seront en défaut, si les trois cent soixante-cinq ordonnées, par lesquelles passe la courbe de l'année, n'expriment pas une progression arithmétique, et si les irrégularités partielles ne se compensent pas sensiblement les unes les autres. Ce n'est que dans cette supposition que l'on peut juger, par les termes extrêmes de la série, de la somme des termes, c'est-à-dire des températures partielles. On voit au premier coup d'œil que, près du maximum, l'accroissement doit être plus lent que dans d'autres points de la courbe, et que cet accroissement de la température de l'air doit

Les vraies moyennes seront pour les premières 24 heures, $13^{\circ}.8$, pour les secondes $14^{\circ}.6$; car on aura

$$\begin{array}{ll} \text{pour } 8^{\text{h}} \dots 108^{\circ}, & \text{pour } 8^{\text{h}} \dots 120^{\circ}, \\ 16^{\text{h}} \dots 224^{\circ}, & 16^{\text{h}} \dots 232^{\circ}. \end{array}$$

La méthode vulgairement employée donne $\frac{1}{2}(10 + 17) = 13^{\circ}.5$, et $\frac{1}{2}(11 + 19) = 15^{\circ}$. L'erreur de $0^{\circ}.3$ a été tantôt positive, tantôt négative.

(1) L'erreur disparaît lorsque des jours d'égale température se succèdent. Elle s'élève à 1° , si (ce qui arrive rarement) les températures moyennes de deux jours qui se suivent immédiatement diffèrent de 4 à 5 degrés.

dépendre et du sinus de la hauteur du soleil et de l'émission de la chaleur rayonnante du globe.

Il m'a paru très-important de constater par de bonnes observations faites heure par heure, à différentes époques de l'année, sous différentes latitudes, jusqu'à quel point on peut se fier à ces résultats, que l'on désigne par le nom de *températures moyennes*. On a choisi à Paris, dans les registres de l'Observatoire royal, des jours sereins et calmes qui offraient au moins dix à douze observations. Sous l'équateur, j'avais passé des journées entières à déterminer l'accroissement et le décroissement horaire de la température, en notant les thermomètres à l'ombre et au soleil, la marche de l'évaporation et de l'humidité. Pour éviter les calculs, j'avais mesuré au quart de cercle les hauteurs du soleil à chaque observation partielle. J'avais choisi des jours et des nuits entièrement calmes, et où le ciel était sans aucune trace de nuages, parce que les amas de vapeurs vésiculaires interrompent le jeu du rayonnement de la terre. Le résultat de ce travail a été très-rassurant : il a prouvé ce qu'annonçait déjà l'harmonie entre la température de la terre et la moyenne des observations journalières, comme aussi la marche si régulière des températures moyennes des mois dans différentes années, que

les effets des petites causes perturbatrices se compensent dans un grand nombre d'observations (1). J'ai obtenu des résultats analogues, en prenant pour plusieurs mois les moyennes de neuf heures du matin, du coucher du soleil, et de minuit. J'ai calculé les températures par la distance du *maximum*, exprimée en tems, et dans la supposition d'une progression arithmétique. J'ai trouvé que, sous la zone torride, la courbe du matin, depuis le lever du soleil jusqu'au *maximum*, différait très-régulièrement de la courbe du

(1) Du 3 au 8 septembre 1811. Lat. 48°. 50'.

| Sommes des températures pendant 24 heures. | Moyenne vraie ayant égard à la durée. | Demi- somme de deux températures extrêmes. |
|---|--|---|
| 347°.6 | 14°.4 | 14°.6 |
| 373.6 | 15.5 | 16.6 |
| 463.7 | 19.3 | 18.4 |
| 463.7 | 19.3 | 20.0 |
| 464.1 | 19.3 | 17.5 |
| | <hr/> 17°.5 | <hr/> 17°.4 |

Les derniers trois jours offrent une égalité de température bien surprenante et qui ne se manifeste que dans les moyennes vraies.

soir. Le matin la vraie chaleur moyenne, celle que l'on trouve ayant égard à la durée, est un peu plus grande que la demi-somme des extrêmes (1). Le soir l'erreur est en sens contraire, et la série des températures se rapproche plus d'une progression par quotiens. Les différences n'excèdent généralement pas un demi-degré, et le calcul prouve qu'il y a une compensation régulière. Il serait curieux d'examiner la part qu'a le rayonnement de la terre à ces effets horaires, les changemens de la température de la surface ne suivant la progression géométrique qu'autant

(1) *Exemple.* Latitude 10°.25'.

| | Calcul d'une vraie moyenne. par la durée. | Supposition d'une pro- gression arithmét. |
|--|---|--|
| Avant le <i>maximum</i> . 11 sept. 1799. | 21°.4 | 20°.8 |
| 14 | 20.7 | 20.0 |
| 18 | 21.8 | 21.3 |
| Après le <i>maximum</i> . 18 août. | 20.4 | 21.0 |
| 20 | 21.2 | 21.8. |
| 27 | 20.4 | 20.7 |
| Avant le <i>maximum</i> . 17 août. | 20.7 | 20.0 |
| Après le <i>maximum</i> . 17 août. | 18.6 | 18.9 |
| Effet total.....17 août. | 19°.6 | 19°.5. |

qu'ils se font dans un milieu de température constante.

Les astronomes , pour éviter l'emploi de toute mesure d'une dénomination arbitraire , expriment les diamètres des planètes en prenant pour unité celui de la terre. J'exprime de même les températures moyennes, non en parties de la chaleur équatoriale, mais par les rapports arithmétiques qu'il y a entre cette chaleur et celles des autres parallèles. Cette méthode fait disparaître le manque d'uniformité qui nait de l'emploi de différens thermomètres. Au lieu de dire qu'en Europe, sous le parallèle de 45° , la température moyenne est de $13^{\circ}.4$ du thermomètre centigrade, ou de 56° Fahrenheit, nous dirons qu'elle est $= 1.0^{\circ},48$; sous les 55° de latitude, elle est $= 1.0^{\circ},29$. Ces rapports arithmétiques nous rappellent ce qui intéresse la théorie de la distribution de la chaleur, que, d'après un thermomètre dont le zéro est le point de la glace fondante, les températures moyennes sous les 45° et les 55° de latitude, sont, dans nos régions, la moitié et le tiers de la température équatoriale que je suppose de $27^{\circ}.5$ centésimaux.

Après avoir discuté la manière de prendre des moyennes et de réduire les températures

à des expressions générales, nous allons donner un exemple du tracé des lignes isothermes à la surface du globe au niveau des mers. Une légère attention, portée sur les variations des climats, a fait remarquer depuis plus d'un siècle, que les températures ne sont pas les mêmes sur les mêmes parallèles, et qu'en avançant 70° vers l'est et vers l'ouest, on voit diminuer sensiblement la chaleur atmosphérique. Il s'agit, d'après la méthode que nous suivons, de réduire ces phénomènes à des rapports numériques, et de prouver que des lieux placés sous les mêmes latitudes ne diffèrent pas, en Amérique et en Europe, du même nombre de degrés de température, comme on l'a avancé vaguement. Cette assertion ferait supposer que, dans la zone tempérée, les lignes isothermes sont parallèles entr'elles.

| | Latit. | Tempér. moyenne. | |
|--|----------------|---------------------|-------|
| I. <i>Parallèles de la Géorgie, du Territoire du Mississipi, de la Basse-Egypte et de l'île de Madère.</i> | Natchez..... | 31°.28 | 18°.2 |
| | Funchal..... | 32.37 | 20.4 |
| | Orotava..... | 28.25 | 21.0 |
| | Rome..... | 41.53 | 15.8 |
| | Alger..... | 36.48 | 21.1 |
| | Différence.. | 7°.0' | 2°.3 |
| II. <i>Parallèles de la Virginie, du Kentucky, de l'Espagne et de la Grèce méridionale.</i> | Williambourg. | 38°.0' | 14°.5 |
| | Bordeaux..... | 44.50 | 13.6 |
| | Montpellier... | 43.36 | 15.2 |
| | Rome..... | 42.53 | 15.8 |
| | Alger..... | 36.48 | 21.1 |
| | Différence.. | 7°.0' | 4°.3 |

| | | | |
|---|----------------|---------|-------|
| <i>III. Parallèles de la Pensylvanie, du Jersey, du Conecticut, du Latium et de la Romélie.</i> | Philadelphie.. | 39°.56' | 12°.7 |
| | New-York... | 40.40 | 12.1 |
| | St.-Malo..... | 48.39 | 12.5 |
| | Nantes..... | 47.13 | 12.6 |
| | Naples..... | 40.50 | 17.4 |
| | Différence.. | 7°.0' | 5°.3 |
| | Ipswich..... | 42°.38' | 10°.0 |
| Cambridge.... | 42.25 | 10.2 | |
| Vienne..... | 48.12 | 10.3 | |
| Manheim..... | 49.29 | 10.7 | |
| Toulon..... | 43.7 | 16.7 | |
| Rome..... | 41.53 | 15.8 | |
| Différence.. | 6°.30' | 6°.1 | |
| <i>IV. Parallèles du Canada, de la Nouvelle-Ecosse, de la France et de l'Allemagne méridionale.</i> | Quebec..... | 46°.47' | 5°.5 |
| | Upsal..... | 59.51 | 5.5 |
| | Padoue..... | 45.24 | 13.7 |
| | Paris..... | 48.50 | 10.8 |
| | Différence.. | 13°.0' | 7°.0 |
| <i>V. Parallèles du Labrador, de la Suède méridionale et de la Courlande.</i> | Nain..... | 57°. 0' | -3°.1 |
| | Okak..... | 57.20 | -1.2 |
| | Umeo..... | 63.50 | +0.7 |
| | Enontikies... | 68.30 | -2.8 |
| | Edimbourg... | 55.57 | +8.8 |
| | Stokholm..... | 59.20 | +5.7 |
| Différence.. | 11°.0' | 9°.5 | |

Ce tableau (1) indique la différence des climats, exprimée par celle des températures moyennes et par le nombre de degrés en latitude, qu'il

(1) Voyez mes *Prolegomena de distributione geographica plantarum, secundum cæli temperiem et altitudinem montium*, p. 68.

faudrait remonter vers le nord, en Europe, pour trouver la même quantité de chaleur annuelle qu'en Amérique. Lorsqu'on n'a pu trouver, dans l'Ancien Continent, un lieu d'observation dont la température moyenne fut de $14^{\circ}.5$, comme celle de Williamsbourg, on a suppléé par une interpolation, entre les latitudes de deux points, dont les températures moyennes sont $13^{\circ}.6$ et $15^{\circ}.2$. Par une méthode analogue, et en n'employant que de bonnes observations, j'ai trouvé que :

La *ligne ou bande isotherme de 0°* passe entre Uleo et Enontekies en Laponie (latitude 66° - 68° , longitude 17° - 20° or.) et Table-Baie, dans le Labrador (latitude 54° 0', longitude 60° oc.);

La *ligne ou bande isotherme de 5°* passe près de Stockholm (latitude 60° , longitude 15° or.), et la baie Saint-George, en Terre-Neuve (latitude 48° 0', longitude 61° oc.);

La *ligne ou bande isotherme de 10°* passe par la Belgique (latitude 51° , longitude 0°) et près de Boston (latitude 42° 30', longitude 73° 30' oc.);

La *ligne ou bande isotherme de 15°* passe entre Rome et Florence (latitude 43° 0', longitude 9° 20'), et près de Raleigh, dans la

Caroline septentrionale (latitude $36^{\circ} 0'$, longitude $78^{\circ} 50'$ or.).

La direction de ces lignes d'égalité de chaleur donne, pour les deux systèmes de température que nous connaissons par des observations précisés, celui de l'Europe moyenne et occidentale, et celui de l'Amérique orientale, les différences suivantes :

| Latitude. | Temp. moy. | Temp. moy. | Différ. |
|-----------|-------------------------|----------------------|---------|
| | Ouest de l'Anc. Contin. | Est du Nouv. Contin. | |
| 30°. | 21°.4. | 19°.4. | 2°.0. |
| 40 | 17.3 | 12.5 | 4°.8. |
| 50 | 10.5 | 3.3 | 7°.0. |
| 60 | 4.8 | 4.6 | 9°.4. |

En prenant pour unité la température moyenne équatoriale, on trouve, d'après l'observation même, la moitié de cette température dans l'Ancien-Continent, à 45° , dans l'est du Nouveau-Continent, à 39° de latitude. Les températures moyennes décroissent :

| | | | |
|---|----------------|--------------------|----------------|
| de 0° — 20° dans l'Anc. Cont. | 2° | ; dans le Nouv. de | 2° |
| 20° — 30° | 4° | | 6° |
| 30° — 40° | 4° | | 7° |
| 40° — 50° | 7° | | 9° |
| 50° — 60° | $5^{\circ}.5$ | | $7^{\circ}.4$ |
| 0° — 60° | $22^{\circ}.5$ | | $31^{\circ}.4$ |

Dans les deux mondes , la zone dans laquelle le décroissement de la température moyenne est le plus rapide , se trouve comprise entre les parallèles de 40° et 45° . L'observation offre un résultat entièrement conforme à la théorie , car la variation du carré du cosinus , qui exprime la loi de la température , est , la plus grande possible , vers les 45° de latitude. Cette circonstance doit influencer favorablement sur la civilisation et l'industrie des peuples qui habitent les pays voisins du parallèle moyen. C'est le point où les régions des vignes touchent à celles des oliviers et des citronniers. Nulle part ailleurs sur le globe , en avançant du Nord au Sud , on ne voit accroître plus sensiblement les températures ; nulle part aussi , les productions végétales et les objets variés de l'agriculture ne se succèdent avec plus de rapidité. Or, une grande différence dans les productions des pays limitrophes , vivifie le commerce et augmente l'industrie des peuples agriculteurs.

Nous avons tracé la direction des bandes isothermes , depuis l'Europe jusqu'aux provinces atlantiques du Nouveau-Monde ; nous les voyons se rapprocher du parallélisme vers le Sud , converger vers le Nord ; sur-tout entre les courbes thermométriques des 5° et 10° . Tâchons , à

présent , de poursuivre ces courbes vers l'Ouest. L'Amérique septentrionale offre deux chaînes de montagnes , dirigées du N. E. au S. O. , et du N. O. au S. E. , faisant des angles presque égaux avec les méridiens , et à peu près parallèles aux côtes qui sont opposées à l'Europe et à l'Asie : la chaîne des *Alleghanys* et celle des *Montagnes-Rocheuses* , qui partagent les eaux du Missouri et du Colombia. Entre ces deux chaînes de montagnes s'étendent le vaste bassin du Mississipi , de même que les plaines de la Louisiane , du Tennesée et de l'état de l'Ohio , centre d'une nouvelle civilisation. L'idée est généralement répandue dans le Nouveau-Monde , qu'à l'ouest des *Alléghanys* le climat est plus doux sur les mêmes parallèles que dans les états atlantiques. M. Jefferson a évalué la différence à trois degrés de latitude : c'est de cette quantité que l'on voit avancer les mêmes productions végétales , le *Gleditsia Monosperma* , le *Catalpa* , l'*Aristolochia Sypho* , plus au Nord dans le bassin de l'Ohio , que sur les côtes de l'Atlantique (1). M. de Volney a tâché d'expliquer ces phénomènes par la fréquence des vents du S. O. ,

(1) Voyez mon *Essai sur la Géographie des plantes* , p. 154.

qui refoulent l'air chaud du golfe du Mexique vers ces régions. Une série de bonnes observations faites, pendant sept ans, par le colonel Mansfield, à Cincinnati, sur les bords de l'Ohio, et récemment publié par M. Drake, dans un excellent *Traité de Météorologie américaine* (1), a levé les doutes qui enveloppaient ce phénomène. Les moyennes thermométriques prouvent que les lignes isothermes ne se relèvent pas dans ces régions de l'Ouest. La quantité de chaleur que reçoit chaque point du globe sous les mêmes parallèles, est à peu près égal à l'est et à l'ouest des Alléghanys; la différence consiste seulement en ce que les hivers, dans l'Ouest, sont plus doux, et les étés un peu moins chauds (2). Les

(1) *Natur. and stat. view, or picture of Cincinnati and the Miami country*, 1815.

(2) Voici la comparaison des températures moyennes déduites avec le plus grand soin :

| <i>Cincinnati.</i> | <i>Philadelphia.</i> |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| (Lat. 36° 6', long. 86° 44' oc.) | (Lat. 39° 56', long. 77° 36' oc.) |
| Hiver. + 0°.5 cent. | + 0°.1 |
| Print. 12°.3 | 10°.8 |
| Eté... 22°.7 | 23°.3 |
| Aut.. 12°.7 | 13°.6 |
| 12°.1. | 11°.9. |

J'ai pris pour Philadelphia, le milieu entre les observa-

migrations des végétaux vers le Nord sont favorisées, dans le bassin du Mississipi, par la forme et la direction de la vallée qui s'ouvre du Nord au Sud. Dans les provinces atlantiques, au contraire, les vallées sont transversales, et opposent de grandes difficultés aux plantes, qui ont à passer d'une vallée à une autre.

Si les lignes isothermes restent parallèles ou presque parallèles à l'équateur terrestre, depuis les côtes atlantiques du Nouveau-Monde, jusqu'à l'est du Mississipi et du Missouri, il n'est pas douteux qu'elles se relèvent au delà des Montagnes-Rocheuses, sur les côtes opposées à l'Asie, entre les 35° et 55° de latitude. Aux considérations que j'ai indiquées dans mon ouvrage sur le Mexique (1), se joignent aujourd'hui les observations du capitaine Lewis et de quelques autres voyageurs anglo-américains qui ont passé l'hiver sur les bords du Colombia.

tions de MM. Coxe et Rush; j'ai aussi eu égard, pour les corrections, aux observations que M. Legaux a faites à Springmill, sur le Schuylkill, au nord de Philadelphie. Comme Cincinnati est élevé de 156 mètres au-dessus du niveau de l'Océan, sa température moyenne est de 0°,8 trop basse.

(1) *Essai polit. sur la Nouvelle-Espagne*, t. II, p. 440, 478, 509.

Dans la Nouvelle-Californie, on cultive, avec succès, l'olivier le long du canal de Santa-Barbara, et la vigne depuis Monterey jusqu'au nord du parallèle de 37° , qui est celui de la baie de Chesepeak. A Noutka, dans l'île de Quadra et de Vancouver, presque dans la latitude du Labrador, les plus petites rivières ne gèlent pas avant le mois de janvier. Le capitaine Lewis ne vit près de l'embouchure du Colombia, sous le parallèle de 46° , les premières gelées que le 7 janvier. Le reste de l'hiver fut pluvieux. Par les 125° de longitude occidentale, la ligne isotherme de 10° paraît passer, presque comme dans la partie atlantique de l'Ancien-Continent, à 50° de latitude. Les côtes occidentales des deux mondes se ressemblent jusqu'à un certain point (1). Mais ces relèvemens des lignes isothermes ne s'étendent pas au delà des 60° ; la courbe de 0° de température se trouve déjà au sud du lac des Esclaves, et elle est encore plus australe en s'approchant du lac Supérieur et de l'Ontario.

En avançant de l'Europe vers l'Est, les lignes

(1) A cause de l'influence des vents ouest et sud-ouest. (Dalton, *Meteor. Obs.* p. 125.)

isothermess'abaissent de nouveau (1) : le nombre de points fixes est rare. Nous ne pouvons employer que celles qui sont faites dans des lieux dont l'élévation du sol est assez connu pour réduire les moyennes au niveau des mers. Le peu de bons matériaux que nous avons, nous a rendu possible de tracer les courbes de 0° et de 13°. Nous connaissons même les nœuds de la dernière courbe autour du globe entier : elle passe au nord de Bordeaux (latitude 45°-46°, longitude 2° 57' O.), près de Pékin (latitude 39° 54', longitude 114° 7' E.), et le cap Fowlweather, au sud de l'embouchure du Colombia (latitude 44°40', longitude 106° 20' O.) : ses nœuds sont éloignés au moins de 162° en longitude.

(1) En comparant des lieux placés de l'ouest à l'est, à peu près sur un même parallèle, on trouve :

| Températ. moy. | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| St.-Malo, (lat. 48°.39') . 12°,5 | Vienne, (48°.11') . 10°,3 |
| Amsterdam, (lat. 52°.22') . 11°,9 | Varsovie, (52°.14') . 9°,2 |
| Naples, (lat. 40°.50') . 17°,4 | Pékin, (39°.54') . 12°,7 |
| Copenhague, (lat. 55°.41') . 7°,6 | Moskou, (55°.45') . 4°,5 |
| Upsala, (lat. 59°.51') . 5°,5 | Pétersbourg, (59°.56') . 3,8 |

L'élévation absolue de Pékin est peu considérable ; celle de Moskou, de 300 mètres. La température absolue de Madrid, placé à l'ouest de Naples, est de 15°.0 ; mais la ville est élevée de 603 mètres au-dessus du niveau des mers.

Nous n'indiquons ici que les lois empiriques sous lesquelles se rangent les phénomènes généraux et les variations de température qui embrassent à la fois une vaste étendue du globe. Il existe des *inflexions partielles* des lignes isothermes qui forment pour ainsi dire des systèmes particuliers, modifiés par de petites causes locales : telles sont les inflexions bizarres des courbes thermométriques sur les côtes de la Méditerranée, entre Marseille, Gènes, Lucques et Rome (1); telles sont celles qui déterminent la différence que l'on observe entre le climat des côtes occidentales et de l'intérieur de la France. Ces dernières tiennent encore beaucoup moins à la quantité de chaleur que reçoit un point du globe pendant l'année entière, qu'à la distribution inégale de la chaleur entre l'hiver et l'été. Il sera utile un jour de tracer sur des cartes spéciales, ces inflexions partielles des lignes isothermes qui sont analogues aux lignes de sonde ou d'égalité de pente. L'emploi des moyens graphiques jettera beaucoup de jour sur des phénomènes qui sont du plus haut intérêt pour l'agri-

(1) Bologne (lat. $44^{\circ}.29'$), temp. moy. $13^{\circ},5$; Gènes ($44^{\circ}.25'$), $15^{\circ},9$; Marseille ($43^{\circ}.17'$), $14^{\circ},9$; Rome ($41^{\circ}.53'$), $15^{\circ},8$.

culture et pour l'état social des habitans. Si , au lieu de cartes géographiques , nous ne possédions que des tables renfermant les coordonnées de latitude, de longitude et de hauteur, un grand nombre de rapports curieux, qu'offrent les continens dans leur configuration et leurs inégalités de surface, seraient restés à jamais inconnus.

Nous avons trouvé jusqu'ici que, vers le Nord, les lignes isothermes ne sont ni parallèles à l'équateur, ni parallèles entre elles, et c'est précisément à cause de ce manque de parallélisme, que, pour simplifier l'aperçu de phénomènes si compliqués, nous avons cherché autour du globe entier les traces des courbes d'égale chaleur. La position de la ligne 0° agit comme l'équateur magnétique, dont les inflexions dans la mer du Sud modifient les inclinaisons à de grandes distances. On pourrait même croire que, dans la distribution des climats, la ligne 0° détermine la position de la *courbe de la plus grande chaleur*, qui est, pour ainsi dire, l'équateur isotherme, et qu'en Amérique et en Asie, par les 80° O. et 100° E. de longitude, la zone torride commence, pour ainsi dire, plus au sud du tropique du Cancer, ou qu'elle y offre des chaleurs moins intenses. Un examen

attentif des phénomènes prouve qu'il n'en est point ainsi. Partout où l'on approche de la zone torride*, au-dessous du parallèle de 30°, les lignes isothermes deviennent peu à peu parallèles entre elles et à l'équateur terrestre. Les grands froids du Canada et de la Sibérie n'étendent pas leur action jusqu'aux plaines équatoriales. Si, pendant longtemps, on a regardé l'Ancien-Continent comme plus chaud entre les tropiques que le Nouveau, c'est 1°. parce que, jusqu'à l'année 1760, les voyageurs se sont fréquemment servi du thermomètre à esprit de vin coloré et photoscopique; 2°. parce qu'ils ont observé, soit dans le reflet d'un mur ou trop près du sol, et au moment où l'atmosphère était rempli de sable; 3°. parce qu'au lieu de calculer les vraies moyennes, on a jugé de la répartition de la chaleur d'après les *maximum* et les *minimum* thermométriques. Les bonnes observations donnent :

| | | | |
|---------------------|-------|--------------------|-------|
| Sanagambia. | 26°,5 | Cumana | 27°,7 |
| Madras | 26°,9 | Antilles | 27°,5 |
| Batavia. | 26°,9 | Véracruz. | 25°,6 |
| Manille. | 25°,6 | Havanne | 25°,6 |

La température moyenne de l'équateur ne doit pas être fixée au delà de 27°,5. Kirwan l'évalue un degré centésimal plus haut; mais on ne con-

naît que deux endroits de la terre, Chandernagor et Pondichéry, auxquels d'anciens voyageurs attribuent des températures annuelles au-dessus de $27^{\circ},5$. A Chandernagor (1), le jésuite Boudier ne marquait que les jours où le thermomètre s'élevait au-dessus de 37° et au dessous de 14° ; à Pondichéry (2), M. de Cossigny observa avec un thermomètre à esprit-de-vin.

La répartition de la chaleur entre les différentes parties de l'année diffère, non-seulement selon le décroissement des températures moyennes annuelles, mais aussi sur une même ligne isotherme. C'est ce partage inégal qui caractérise les deux systèmes de climats de l'Europe et de l'Amérique atlantique. Sous la zone torride, un petit nombre de mois sont plus chauds dans l'Ancien-Continent que dans le nouveau. A Madras, par exemple, selon Roxbourgh, la température moyenne du mois de juin est de $31^{\circ},9$; à Abushœr, de $34^{\circ},0$; à Cumana, je ne l'ai trouvée que de $29^{\circ},2$.

Quant à la zone tempérée, l'on sait depuis long-temps que, du parallèle des îles Cana-

(1) Latit. $21^{\circ},6'$. Tempér. moy., selon Cotte, $33^{\circ},3$.

(2) Latit. $11^{\circ},55'$. Tempér. moy., selon Cotte, $29^{\circ},6$; selon Kirwan, 31° .

ries au cercle polaire, la rigueur des hivers augmente dans une progression beaucoup plus rapide que les étés ne diminuent de chaleur. Il est également connu que le climat des îles et des côtes diffère du climat de l'intérieur des continents, en ce que le premier est caractérisé par des hivers plus doux et des étés moins chauds. Or, c'est la chaleur d'été surtout qui influe sur la formation de la matière amylacée et sucrée dans les fruits, et sur le choix des plantes soumises à la culture. Comme le but principal de ce Mémoire est de fixer, d'après de bonnes observations, les rapports numériques entre les quantités inégales de chaleur distribuées sur le globe, il nous reste à comparer les températures moyennes de trois mois d'hiver et d'été, à différentes latitudes, et à développer comment les inflexions des lignes isothermes modifient ces rapports. En suivant les courbes d'égale chaleur de l'O. à l'E., depuis le bassin du Mississipi jusques aux côtes orientales de l'Asie, sur une longueur de 4000 lieues, on est surpris de la grande régularité qui se manifeste dans les variations de la température hivernale.

I. *Différences des saisons, de l'équateur au cercle polaire.*

| | | A. BANDE CISATLANTIQUE. (Long. 3° Oc., et 15° Or.) | | | B. BANDE TRANSATLANTIQUE. (Long. 60° — 74° Oc.) | | |
|----------------|-----|---|--------------|-------------|--|--------------|-------------|
| | | TEMPÉRATURE moyenne | | Différence. | TEMPÉRATURE moyenne | | Différence. |
| | | de l'hiver. | de l'été. | | de l'hiver. | de l'été. | |
| Lig. isoth. de | 20° | 15° | 27° | 12° | 12° | 27° | 15° |
| | 15 | 7 | 23 | 16 | 4 | 26 | 22 |
| | 10 | 2 | 20 | 18 | — 1 | 22 | 23 |
| | 5 | — 4 | 16 | 20 | — 10 | 19 | 29 |
| | 0 | — 10 | 12 | 22 | — 17 | 13 | 30 |

Ce tableau offre l'accroissement de la différence entre les étés et les hivers, depuis les 28° et 30° jusqu'aux parallèles de 55° et 65°. L'accroissement est plus rapide dans la bande transatlantique, où les lignes isothermes de 0° à 20° se trouvent rapprochées dans un espace plus étroit; mais il est remarquable que dans les deux bandes qui forment deux systèmes de climats différents, le partage de la température annuelle entre l'hiver et l'été se fait de manière que, sur la ligne isotherme de 0°, la différence des deux saisons est presque double de celle que l'on observe sur la ligne isotherme de 20°.

| BANDE CISATLANTIQUE. (Long. 29° E., et 20° O.) | | BANDE TRANSATLANTIQUE. (Long. 67° E., et 97° O.) | | |
|---|-----------|---|-------------|-----------|
| LIEUX. | LATITUDE. | TEMPÉRATURE MOYENNE | | |
| | | de l'année. | de l'hiver. | de l'été. |
| (Pondichéry)..... | 11° 55' | 29° 6 | 25° | 32° 5 |
| Caire..... | 30. 2 | 22. 6 | 14. 3 | 29. 3 |
| Funchal (Madère)..... | 32. 37 | 20. 3 | 17. 7 | 22. 5 |
| Rome..... | 41. 53 | 15. 8 | 7. 7 | 24. 0 |
| Bordeaux..... | 44. 50 | 13. 6 | 5. 6 | 21. 5 |
| Paris..... | 48. 50 | 11. 0 | 3. 5 | 19. 0 |
| Copenhague..... | 55. 41 | 7. 6 | — 0. 7 | 17. 0 |
| Stockolm..... | 59. 20 | 5. 7 | — 3. 6 | 16. 6 |
| Drontheim..... | 63. 24 | 4. 4 | — 4. 6 | 16. 3 |
| Uméo..... | 63. 50 | 0. 7 | — 10. 6 | 12. 7 |
| LIEUX. | LATITUDE. | TEMPÉRATURE MOYENNE | | |
| Cumana..... | 10° 27' | 27° 7 | 27° 6 | 28° 7 |
| Havane..... | 23. 10 | 25. 6 | 21. 8 | 28. 5 |
| Natchez..... | 31. 28 | 18. 2 | 9. 2 | 26. 2 |
| Cincinnati..... | 39. 6 | 12. 0 | 0. 5 | 22. 7 |
| Philadelphie..... | 39. 56 | 11. 9 | 0. 1 | 23. 3 |
| New-York..... | 40. 40 | 12. 1 | — 1. 2 | 26. 2 |
| Cambridge..... | 42. 25 | 10. 2 | + 1. 1 | 21. 4 |
| Quebec..... | 46. 47 | 5. 4 | — 9. 9 | 20. 0 |
| Nain..... | 57. 10 | — 3. 1 | — 18 | 9. 1 |
| Fort Churchill..... | 59. 2 | — 3. 7 | — 14 | 11. 2 |

Si, au lieu des températures moyennes des saisons, l'on considère, je ne dis pas les jours des maximums et des minimums de l'année, qui sont les ordonnées des sommets concaves et convexes de la courbe entière, mais les températures moyennes du mois le plus chaud et du mois le plus froid, l'accroissement des différences devient beaucoup plus sensible encore. Nous engageons le lecteur à ne comparer, dans le tableau suivant, que les endroits qui appartiennent à des bandes limitées par les mêmes méridiens, et par conséquent à un même *système de climat*, comme à la bande de l'Amérique orientale, à celle de l'Europe occidentale et de l'Asie orientale. Il faut aussi avoir égard aux changemens de température produits par es moussous dans une partie de la région équinoxiale, et distinguer, sous la zone tempérée, entre le climat de l'intérieur ou climat continental, et celui des îles et des côtes.

| LIEUX. | TEMPÉRATURE MOYENNE du mois | | Différence. | OBSERVATIONS. |
|---------------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------|--|
| | le plus froid. | le plus chaud. | | |
| Cumana, lat. 10° 27'..... | 26°.7 | 29°.1 | 2°.4 | Vents alizés, non interrompus. |
| Pondichéry, lat. 11° 55'..... | 24.5 | 33.0 | 8.5 | Moussons. Rayonnement des sables. |
| Manille, lat. 14° 36'..... | 20.0 | 30.5 | 10.5 | Moussons. |
| Vera-Cruz, lat. 19° 11'..... | 21.1 | 27.6 | 6.5 | Vents du N. en hiver. |
| Cap-Français, lat. 19° 46'..... | 25.0 | 30.0 | 5.0 | Vents alizés, non interrompus. |
| Havane, lat. 23° 10'..... | 21.1 | 28.8 | 7.7 | Vents du N. en hiver. |
| Funchal, lat. 32° 37'..... | 17.8 | 24.2 | 6.4 | Climat des îles. |
| Natchez, lat. 31° 28'..... | 8.3 | 26.0 | 17.7 | Bande transatlantique. Intérieur. |
| Cincinnati, lat. 39° 6'..... | — 0.8 | 23.6 | 24.4 | Même système de climats. |
| Pékin, lat. 39° 54'..... | — 4.0 | 29.0 | 33.0 | Bande de l'Asie orientale. |
| Philadelphie, lat. 39° 56'..... | — 1.2 | 25.0 | 26.2 | Bande transatlantique, côtes orientales. |
| New-Yorck, lat. 40° 40'..... | — 3.7 | 27.1 | 30.8 | <i>Idem.</i> |
| Rome, lat. 41° 55'..... | + 5.6 | 25.0 | 19.4 | Bande cisatlantique. |
| Milan, lat. 45° 28'..... | + 1.0 | 24.0 | 23.0 | Intérieur des terres. |
| Bude, lat. 47° 29'..... | + 2.4 | 22.0 | 24.4 | <i>Idem.</i> |
| Paris, lat. 48° 56'..... | + 1.7 | 21.0 | 19.3 | Plus près des côtes occidentales. |
| Quebec, lat. 46° 47'..... | — 10.0 | 25.0 | 35.0 | Bande transatlantique. Côtes orientales. |
| Dublin, lat. 53° 21'..... | + 3.1 | 15.7 | 12.6 | Bande de l'Europe occident. Climat des îles. |
| Edimbourg, lat. 55° 57'..... | + 3.5 | 15.2 | 11.7 | <i>Idem.</i> |
| Varsovie, lat. 52° 14'..... | — 2.7 | 21.3 | 24.0 | Intérieur des terres. |
| Pétersbourg, lat. 59° 56'..... | — 13.0 | 18.7 | 31.7 | Europe orientale. |
| Cap-Nord, lat. 71°..... | — 5.5 | 8.1 | 13.6 | Climat des côtes et des îles. |

En général , pour un lieu donné sur les courbes qui expriment les températures annuelles , les ordonnées des sommets concaves et convexes diffèrent d'autant plus entre elles , que les températures sont plus petites. Dans le Nouveau-Continent , sous les 40° de latit. , on trouve déjà plus de différence entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid de l'année , que dans l'Ancien-Continent (à Copenhague et à Stockholm) , par les 56° — 59° de lat. A Philadelphie , le thermomètre descend tous les ans à 10° ou 15° cent. au-dessous du point de la congélation , quand , sous le même parallèle en Europe , on observe à peine —2°. J'ai tâché de prouver dans un autre ouvrage combien cette circonstance , qui caractérise les régions que Buffon désigne par le nom de *climats excessifs* , influe sur la constitution physique des habitans. Aux Etats-Unis , les Européens , et l'on dirait presque les natifs mêmes du pays , éprouvent une grande difficulté à s'acclimater. Après des hivers très-rigoureux , non sous le rapport de la température générale , mais sous celui des abaissemens extrêmes , l'irritabilité du système nerveux se trouve éminemment exaltée par les fortes chaleurs de l'été C'est à cette cause sans doute que l'on doit attribuer , en grande partie , la différence que l'on observe dans

la propagation de la fièvre jaune, et dans les formes particulières que présentent les typhus miasmatiques sous l'équateur, et dans la zone tempérée du Nouveau-Monde (1) : Sur les hautes montagnes, dans les îles de peu d'étendue, et le long des côtes, les lignes de température annuelle prennent à peu près la même forme que dans les climats chauds : elles sont moins courbées. La différence entre les saisons devient plus petite. Au Cap-Nord, sous les 71° de latitude, sur la ligne isotherme de 0°, elle est presque de 6° moins grande qu'à Paris, par les 49° de latitude, sur la ligne isotherme de 10°. Les vents de mer, et les brouillards qui rendent les hivers si tempérés, diminuent en même tems les ardeurs de l'été (2). Ce qui caractérise un climat, n'est pas la différence entre les hivers et les étés exprimée en degrés thermométriques; c'est cette différence comparée aux quantités absolues que présentent les températures moyennes des saisons.

(1) *Essai polit. sur la Nouv.-Espagne*, T. IV, p. 528.

(2) Léop. de Buch, *Voyage en Laponie*, T. II, p.

II. Différence des hivers et des étés, en suivant de l'Ouest à l'Est une même ligne isotherme.

Les différences entre les saisons de l'année sont moins grandes près les sommets convexes des courbes isothermes, là où ces courbes se relèvent vers le pôle nord, que près des sommets concaves. Les mêmes causes qui influent sur le relèvement ou la plus grande courbure des lignes isothermes, tendent aussi à égaliser les températures des saisons. L'Europe entière, comparée aux parties orientales de l'Amérique et de l'Asie, a un climat des îles, et sur une même ligne isotherme, les étés deviennent plus chauds et les hivers plus froids, à mesure que, du méridien du Mont-Blanc, on avance vers l'E. ou vers l'O. L'Europe peut être regardée comme le prolongement occidental de l'Ancien-Continent, et les parties occidentales de tous les continents ne sont pas seulement plus chaudes à égales latitudes géographiques, que les parties orientales, mais même dans les zones d'égale température annuelle les hivers sont plus rigoureux, et les étés plus chauds sur les côtes orientales, que sur les côtes occidentales des deux continents. La partie septentrionale de

la Chine, comme la bande atlantique des États-Unis, offre des climats *excessifs*, des saisons fortement contrastées ; tandis que les côtes de la Nouvelle-Californie, et l'embouchure du Colombia ont des hivers et des étés presque également tempérés. La constitution météorologique de ces contrées du N. O. ressemble, jusqu'au parallèle de 50° à 52°, à celle de l'Europe ; et sans vouloir attribuer les grandes révolutions de notre espèce uniquement à l'influence des climats, on peut affirmer cependant que la différence que l'on observe entre les côtes orientales et occidentales des continents, a favorisé l'antique civilisation des Américains de l'ouest, facilité leurs migrations vers le sud et multiplié ces rapports avec l'Asie orientale, qui se manifestent dans les monumens, les traditions religieuses et la division de l'année. En comparant deux systèmes de climats, les sommets concaves et les sommets convexes des mêmes lignes isothermes, on trouve à New-Yorck l'été de Rome et l'hiver de Copenhague ; à Quebec, l'été de Paris et l'hiver de Pétersbourg. En Chine, par exemple à Pékin, où la température moyenne de l'année est celle des côtes de Bretagne, les ardeurs de l'été sont plus fortes qu'au Caire, et les hivers aussi rigoureux qu'à Upsal.

La température moyenne de l'année étant
 • égale au quart de la somme thermométrique
 des températures hivernales, vernaies, esti-
 vales et automnales, nous aurons sur une même
 ligne isotherme de 12° :

$$\begin{aligned} \text{Au sommet conc., en Amérique (77° de long. Oc. de Paris) } 12^{\circ} &= \frac{0^{\circ} + 11^{\circ}.5 + 24^{\circ}.2 + 12^{\circ}.5}{4} \\ \text{Près du somm. conv., en Europe (dans le mérid. de Paris) } 12^{\circ} &= \frac{4^{\circ}.5 + 11^{\circ} + 20^{\circ}.2 + 12^{\circ}.5}{4} \\ \text{Au sommet conc., en Asie (114° de long. Or. de Paris) } 12^{\circ} &= \frac{-4^{\circ} + 12^{\circ}.6 + 27^{\circ} + 12^{\circ}.4}{4} \end{aligned}$$

Cette analogie entre les côtes orientales de l'Asie et de l'Amérique, prouve suffisamment que les inégalités des saisons, dont nous tâchons de fixer les rapports numériques, dépendent du prolongement et de l'élargissement des continents vers le pôle, du gisement des mers par rapport aux côtes, et de la fréquence des vents N. O. qui sont les *vents de remous* de la zone tempérée, et non de la proximité de quelque plateau, ou de l'élévation des terres voisines. Les grands plateaux de l'Asie ne dépassent pas les 52° de latitude; et, dans l'intérieur du Nouveau-Continent, tout l'immense bassin limité par les Alleghanys et par les montagnes Rocheuses, et couvert de formations secondaires, n'a (d'après les nivellemens faits dans le Ken-

tucki, sur les rives du Monongahela et au lac Erié) pas 200 à 250 mètres de hauteur au-dessus du niveau de l'Océan (1).

Le tableau suivant indique, pour toute la zone tempérée habitable, le partage d'une même quantité de chaleur annuelle entre les deux saisons de l'été et de l'hiver. Les rapports qu'il renferme sont, ou le résultat d'observations directes, ou le résultat d'interpolations entre un grand nombre d'observations faites dans des lieux très-voisins et situés sur un même méridien. On a suivi chaque courbe isotherme de l'ouest à l'est, en donnant la préférence aux endroits placés près des sommets de la courbe, comme présentant en même temps les plus grandes différences dans la distribution de la chaleur annuelle. Les longitudes sont comptées dans ce tableau, non d'après le méridien du Mont-Blanc, mais, selon l'usage commun, d'après le méridien de l'Observatoire de Paris.

(1) Drake, *Nat. and. stat. view of Cincinnati*, 1815, pag. 63.

LIGNES ISOTHERMES DE 0° — 20°.

| | | TEMPÉRATURE | |
|---|---|-------------|--------|
| | | moyenne de | |
| | | l'hiver. | l'été. |
| Ligne isoth. de 20°..... | Longitude 84°.30' Ouest ; Latitude 29°.30' (Floride)..... | 12° | 27° |
| | Long. 19°.16' O. ; Lat. 32°.37' (Mader).... | 17.5 | 22.2 |
| | Long. 0°.40' E. ; Lat. 56°.48' (Afrique septentrionale)..... | 15 | 27 |
| Ligne isoth. de 17°.½..... | Long. 92° O. ; Lat. 32°.30' (Mississipi)..... | 8 | 25 |
| | Long. 11°.51' E. ; Lat. 40°.50' (Italie)..... | 10 | 25 |
| Ligne isoth. de 15°..... | Long. 86°.30' O. ; Lat. 35°.30' (Bassin de l'Ohio)..... | 4 | 25.5 |
| | Long. 1° — 2° E. ; Lat. 43°.30' (Midi de la France)..... | 7 | 24 |
| Ligne isoth. de 12°.½..... | Long. 87° O. ; Lat. 58°.30' (Amérique à l'O. des Alleghanys)..... | + 1.5 | 24 |
| | Long. 76°.30' O. ; Lat. 40° (Amérique à l'E. des Alleghanys)..... | + 0.3 | 25 |
| | Long. 3°.52' O. ; Lat. 47°.10' (France occidentale)..... | + 5 | 20 |
| | Long. 7° E. ; Lat. 45°.30' (Lombardie)..... | + 1.5 | 25 |
| | Long. 114° E. ; Lat. 40° (Asie orientale).... | - 3.0 | 28 |
| Ligne isoth. de 10°..... | Long. 86°.40' O. ; Lat. 41°.20' (Amérique à l'O. des Alleghanys)..... | - 0.5 | 22 |
| | Long. 73°.30' O. ; Lat. 42°.30' (Amérique à l'E. des Alleghanys)..... | - 1.0 | 25 |
| | Long. 0° O. ; Lat. 52°.30' (Irlande)..... | + 4.0 | 15.3 |
| | Long. 3° O. ; Lat. 53°.30' (Angleterre)..... | + 3.0 | 17 |
| | Long. 0° ; Lat. 51° (Belgique)..... | + 2.5 | 17.5 |
| | Long. 16°.40' ; Lat. 47°.30' (Hongrie)..... | - 0.5 | 21 |
| Long. 114° E. ; Lat. 40° (Asie orientale).... | - 5.0 | 26 | |
| Ligne isoth. de 7°.½..... | Long. 73°.20' O. ; Lat. 44°.42' (Amérique à l'E. des Alleghanys)..... | - 4.5 | 22 |
| | Long. 4°.30' O. ; Lat. 57° (Ecosse)..... | + 2.3 | 13.6 |
| | Long. 10°.15' E. ; Lat. 55°.40' (Danemarck).... | - 0.7 | 17 |
| | Long. 19° E. ; Lat. 53°.5' (Pologne)..... | - 2.2 | 19 |
| Ligne isoth. de 5°..... | Long. 73°.30' O. ; Lat. 47° (Canada)..... | - 10 | 20 |
| | Long. 7° E. ; Lat. 62°.45' (Norwège occid.).... | - 4 | 17 |
| | Long. 15° E. ; Lat. 60°.30' (Suède)..... | - 4 | 16 |
| | Long. 22° E. ; Lat. 60° (Finlande)..... | - 5 | 17.5 |
| | Long. 34° E. ; Lat. 58°.30' (Russie centrale).... | - 10.5 | 20 |
| Ligne isoth. de 2°.½..... | Long. 74° O. ; Lat. 50° (Canada)..... | - 14 | 16 |
| | Long. 15°.45' E. ; Lat. 62°.30' (Côtes occident. du golfe de Botnie)..... | - 8 | 14 |
| | Long. 20° E. ; Lat. 62°.50' (Côtes orient. du golfe de Botnie)..... | - 8.5 | 15 |
| Ligne isoth. de 0°..... | Long. 60° O. ; Lat. 53° (Labrador)..... | - 16 | 11 |
| | Long. 17°.30' E. ; Lat. 65° (Suède)..... | - 11.5 | 12 |
| | Long. 23° E. ; Lat. 71° (Extrémité septentrion. de la Norwège)..... | - 4.5 | 6.5 |

En se rappelant que la température annuelle d'un lieu n'est autre chose que l'expression numérique de la moyenne des ordonnées, on peut imaginer une infinité de courbes entièrement dissemblables, dont les douze ordonnées des mois offrent exactement la même moyenne. Cette considération ne doit pas nous porter à croire qu'un endroit qui a l'hiver du midi de la France, c'est-à-dire, dont la température moyenne de l'hiver est de 7° , puisse, par la compensation d'un été et d'un automne beaucoup moins chauds, avoir la température moyenne de Paris. Il est vrai que le rapport constant et uniforme qu'on observe, sur un même parallèle, entre les hauteurs solstiales du soleil et la grandeur des arcs semi-diurnes, est diversement modifié par la position d'un lieu au centre d'un continent, ou sur les côtes, par la fréquence de certains vents, et par la constitution d'une atmosphère plus ou moins favorable à la transmission de la lumière et du calorique rayonnant de la terre : mais ces variations, dont l'imagination des voyageurs a souvent augmenté l'étendue réelle, ont un maximum que la nature ne dépasse point. Il est impossible de jeter les yeux sur le tableau précédent, sans reconnaître que le partage de la chaleur annuelle entre l'hiver et l'été suit, sur chaque ligne

isotherme, un *type* déterminé ; que les déviations de ce type sont renfermées entre de certaines limites , et qu'elles sont soumises à une même loi sur les bandes qui passent par les sommets concaves ou convexes des lignes isothermes ; par exemple , par les 60° — 70° de longitude occidentale ; par les 3° — 6°, et par les 114° de longitude orientale.

Voici les oscillations, ou les maximums et les minimums observés dans le partage de la chaleur entre les saisons. J'ai ajouté les hivers et les étés moyens que l'on trouve à différens degrés de longitude, sur une même ligne isotherme.

| | DEGRÉS de longitude examinés. | OSCILLATIONS observées dans les moyennes | | MOYENNES. calculées. | | |
|---------------------------------|--|---|--------------|-------------------------|--------------|------|
| | | des hivers. | des étés. | des hivers. | des étés. | |
| | | | | | | |
| Lignes isothermes de..... | 0° | 83° | —16° à —4° | 11° à 12° | — 10° | 11.5 |
| | 5 | 107 | —10 à —4 | 17 à 20 | — 7 | 18.5 |
| | 10 | 200 | — 5 à + 3 | 17 à 26 | — 1 | 21.5 |
| | 15 | 87 | + 4 à + 7 | 24 à 25 | + 5.5 | 24.0 |
| | 20 | 84 | +12 à +15 | 22 à 27 | + 13.5 | 25.5 |

Les écarts autour de la moyenne, c'est-à-dire, l'inégalité des hivers sur une même ligne isotherme, augmentent à mesure que la chaleur annuelle diminue, depuis Alger jusqu'en Hollande, et depuis la Floride jusqu'en Pensylvanie. Les hivers de la courbe de 20° ne se trouvent pas sur celle de 15° ; les hivers de la courbe de 15° ne se rencontrent pas sur celle de 10° . En considérant isolément ce que l'on peut appeler un même *système de climat*, par exemple, la bande européenne, la bande transatlantique, ou celle de l'Asie orientale, les limites des variations deviennent plus étroites encore. Partout où en Europe, sur 40° de longitude, la température moyenne s'élève :

| | | |
|---|-----------------|---------|
| à 15° les hivers sont de + 7° à + 8° ; les étés de 23° à 24° | | |
| 12. $\frac{1}{2}$ | + 2,5 à + 5 ; | 20 à 25 |
| 10 | — 0,5 à + 3 ; | 17 à 21 |
| 7. $\frac{1}{2}$ | — 2,0 à + 2,3 ; | 14 , 20 |
| 5 | — 6,5 à — 4 ; | 13 à 19 |

En traçant 5 lignes isothermes, entre les parallèles de Rome et de Pétersbourg, l'hiver le plus froid, qu'offre une de ces lignes, ne se retrouve pas sur la ligne précédente. Dans cette partie du globe, les lieux dont la température annuelle est de $12^{\circ},5$, n'ont pas un hiver au-dessous de 0° , qui déjà se fait sentir sur la ligne isother. de 10° .

Si, au lieu de s'arrêter à l'hiver le plus rigoureux qu'offre chaque courbe, on trace les lignes d'égale température hyémale (lignes isochimènes); ces lignes, loin de coïncider avec les lignes d'égale chaleur annuelle (lignes isoth.), font des oscillations autour d'elles. Comme les lignes isochimènes réunissent des points placés sur différentes lignes isoth., on peut examiner jusqu'où s'étendent leurs sommets. En ne considérant toujours qu'un même système de climats, par exemple, la bande européenne, on reconnaît que les lignes d'égal hiver, dans le maximum de leurs oscillations, coupent des lignes isot. qui diffèrent de 5°. En Belgique (1) (lat. géogr. 52°; lat. isoth. 11°),

(1) Dans toute la Hollande, 90 jours d'hiver ont la température moyenne de 2°,6 à 3°,7. A Milan, à Padoue et à Vérone, cette même saison n'est que de 1°,5 à 2°,6. Les observations thermométriques, faites en Belgique et en Hollande, offrent d'ailleurs un exemple bien remarquable de l'égale quantité de chaleur répandue, dans l'espace d'une année, sur une vaste étendue de terrain. Les températures moyennes varient peu sensiblement depuis le parallèle de Paris à celui de Franeker, sur 3° 1/2 de latitude, qui, dans l'intérieur des terres, produiraient déjà une différence de chaleur annuelle de 1°,8. Le canal de la Manche s'ouvre à mesure qu'il se prolonge vers le N. Les vents d'O. y soufflent

et même en Ecosse (lat. géogr. 57° ; lat. isoth. $7^{\circ}.5$), les hivers sont plus doux qu'à Milan (lat. géogr. $45^{\circ}.28'$; lat. isoth. $13^{\circ}.2$), et dans une grande partie de la Lombardie. Plus au N., dans la péninsule Scandinave, on rencontre

sur une plus grande partie de l'Océan, et pendant la longue durée d'un hiver éminemment pluvieux, par un ciel presque toujours couvert, la surface de la terre se refroidit moins par rayonnement que plus à l'E. dans l'intérieur des terres, où l'atmosphère est pure et sèche.

| | Moy. ann. | Moy. hiv. | Moy. estiv. |
|---|--------------|--------------|----------------|
| Franecker, lat. $52^{\circ}.36'$ | 11.0 | 2.6 | 19.6 |
| Amsterdam, lat. $52^{\circ}.22'$ | 11.9 | 2.7 | 18.8 |
| La Haye, lat. $52^{\circ}.3'$ | 11.0 | 3.5 | 18.6 |
| Rotterdam, lat. $51^{\circ}.54'$ | 10.6 | 2.7 | 18.3 |
| Middelbourg, lat. $51^{\circ}.30'$ | 9.7 | 2.3 | 17.8 |
| Dunkerque, lat. $51^{\circ}.2'$ | 10.3 | 3.6 | 17.8 |
| Bruxelles, lat. $50^{\circ}.50'$ | 11.1 | 2.6 | 19.0 |
| Arras, lat. $50^{\circ}.17'$ | 10.2 | 2.1 | 17.4 |
| Cambrai, lat. $50^{\circ}.10'$ | 11.1 | 3.9 | 19.2 |

La moyenne de la durée des observations pour chaque endroit a été de 8 — 9 ans, et 52,000 observations partielles ont été employées pour obtenir 9 températures moyennes. Une harmonie semblable dans les résultats se retrouve encore dans la Lombardie : Milan, températ. moyenne $13^{\circ},2$; Padoue, $13^{\circ},5$; Vérone, $13^{\circ},2$; Bologne, $13^{\circ},5$; Venise, $15^{\circ},6$.

trois systèmes de climats très-différens , savoir :

- 1°. la bande des côtes occidentales de la Norvège à l'ouest des montagnes ;
- 2°. la bande des côtes orientales de la Suède , à l'est des montagnes ;
- 3°. la bande des côtes occidentales de la Finlande , le long du golfe de Bothnie.

M. de Buch nous a fait connaître la constitution atmosphérique de ces trois bandes, dans lesquelles l'accroissement le plus lent du froid hivernal se fait sentir , de Drontheim au Cap-Nord , sur les côtes de l'O. et du N.-O. A l'île de Mageroe (latitude isotherme 0°), à l'extrémité boréale de l'Europe , sous-parallèle de 71°, les hivers sont encore de 4° plus doux qu'à Pétersbourg (latit. isoth. 3°.8) ; mais la chaleur moyenne des étés n'y atteint pas celle des hivers de Montpellier (lat. isoth. 15°.2). Aux îles Ferroe , sous les 62° de lat. géographique , les lacs se couvrent très-rarement de glaces ; et à un hiver si tempéré succède un été , pendant lequel il tombe souvent de la neige dans les plaines. Nulle part , hors des tropiques , le partage de la chaleur annuelle entre les saisons n'est plus égal. Dans la zone tempérée , sous des parallèles plus rapprochés des nôtres , l'Irlande offre un exemple plus frappant encore de la réunion d'hivers éminemment doux , et d'étés froids et humides.

Malgré la différence de 4° de latitude, les hivers y sont aussi doux qu'en Bretagne, tandis que la température moyenne des étés y est de 3° moins élevée; c'est là un véritable climat maritime. Le mois d'août qui, sur la même ligne isotherme, dans l'E. de l'Europe (1), (en Hongrie), est de 22° , n'atteint à Dublin que 16° ; le mois de janvier, dont la température moyenne à Milan, et dans une grande partie de la Lombardie, n'est que de 2° , s'élève, en Irlande, à 3° ou 4° . Aussi, sur les côtes de Glenarm, (latit. $54^{\circ}.56'$), sous le parallèle de Koenigsberg, en Prusse, le myrte végète avec la même force qu'en Portugal (2): il y gèle à peine en hiver; mais les chaleurs d'été ne suffisent pas pour faire mûrir la vigne.

Ces exemples suffisent pour prouver que les lignes isochimènes s'écartent bien plus des parallèles terrestres, que les lignes isothermes. Dans le système des climats européens, les latitudes géographiques de deux endroits qui ont la même température annuelle, ne peuvent différer que de 4° à 5° : tandis que deux lieux, dont la température moyenne de l'hiver est la

(1) *Wahlenberg, Flora Carpath.*, p. 90.

(2) *Irish. Trans.*, T. VIII. p. 116. 205. 269.

même , peuvent , en latitude géographique , différer de 9° à 10° . Plus on avance vers l'Est , et plus ces différences s'accroissent rapidement.

Les lignes d'égal été (courbes isothermes) suivent une direction exactement contraire à celles des courbes isochimènes. Nous trouvons une même température d'été à Moskou , au centre de la Russie , et vers l'embouchure de la Loire , malgré la différence de 11° en latitude. Tel est l'effet du rayonnement de la terre dans un vaste continent dépourvu de montagnes. Il est assez remarquable que les inflexions des lignes isothermes , et la répartition des terres et des mers sont telles sur le globe , que partout , dans l'Amérique septentrionale , en Europe et dans l'Asie orientale , la température moyenne des étés ne s'écarte pas de 20° sur les parallèles de 45° à 47° . Les mêmes causes qui , en Canada et dans le N. de la Chine , rabaisent les courbes d'égal chaleur annuelle , ou lignes isothermes (celles de 11° — 12° correspondant aux parallèles de 45° et 47°) , tendent à relever les lignes d'égal été ou courbes isothermes.

Quelque grande que soit l'influence du partage inégal de la chaleur entre les saisons sur l'état physique des peuples , le développement de leur industrie agricole et le choix des plantes

soumises à la culture, je ne conseillerais pas de tracer sur la même carte des lignes isothermes, la courbe des hivers et celle des étés. Cette réunion ne serait pas plus heureuse que la réunion des lignes de déclinaison, d'inclinaison et d'égalité d'intensité de forces magnétiques, qui cependant toutes dépendent les unes des autres. Au lieu de multiplier l'entrelacement de ces courbes, on se contentera d'ajouter aux lignes isothermes près de leurs sommets, l'indication des températures moyennes d'été et d'hiver. C'est ainsi qu'en suivant la ligne de 10° , on trouvera marqué en Amérique, à l'ouest de

Boston $\left(\begin{array}{c} -1^{\circ} \\ +23^{\circ} \end{array} \right)$, en Angleterre $\left(\begin{array}{c} +3^{\circ} \\ +17^{\circ} \end{array} \right)$, en

Hongrie $\left(\begin{array}{c} -0^{\circ}5 \\ +21^{\circ} \end{array} \right)$, et en Chine $\left(\begin{array}{c} -5^{\circ} \\ +26^{\circ} \end{array} \right)$.

D'après ce que nous venons d'exposer sur les proportions fixes ou les limites plus ou moins étroites, entre lesquelles se fait le partage de la chaleur annuelle sur une même courbe isotherme, on peut juger jusqu'à quel point il est permis de dire que le caféier, l'olivier et la vigne, pour être bien productifs, exigent des températures moyennes de 18° , 16° et 12° . Ces expressions ne sont précises qu'autant qu'il est question d'un même système

de climats ; par exemple , de la partie de l'Ancien-Continent qui se prolonge à l'O. du méridien du Mont-Blanc ; parce que , dans une bande peu étendue en longitude , tout en fixant les températures annuelles , on détermine aussi la nature des étés et des hivers. On sait d'ailleurs que l'olivier , la vigne , les céréales et les arbres fruitiers exigent des constitutions atmosphériques entièrement différentes. Parmi nos plantes cultivées , les unes , peu sensibles aux rigueurs de l'hiver , demandent des étés très-chauds , mais peu longs ; d'autres , exigent des étés plus longs que chauds : encore d'autres , assez indifférentes à la température de l'été , ne peuvent résister aux grands froids de l'hiver. Il résulte de là que , sous le rapport de la culture des végétaux utiles à l'homme , il faut discuter trois choses pour chaque climat , la température moyenne de l'été entier , celle du mois le plus chaud , et celle du mois le plus froid.

J'ai publié les résultats numériques de cette discussion dans mes *Prolegomena de distributione geographica plantarum secundum coeli temperiem* ; et je me bornerai ici à offrir comme exemples , les limites de la culture de l'olivier et de la vigne. Le premier est cultivé sur notre continent , entre les parallèles de 36° et 44° ,

partout où la température annuelle est de 17° à $14^{\circ},5$; où la température moyenne du mois le plus froid n'est pas au-dessous de 5° à 6° , celle de l'été entier de 22° à 23° . Dans le Nouveau-Monde, la répartition de la chaleur entre les saisons est telle que, sur la ligne isotherme de $14^{\circ},5$, le mois le plus froid est de 2° , et que le thermomètre y baisse même pendant plusieurs jours à -10° et -12° . La région des vins potables s'étend en Europe entre les lignes isothermes de 17° et 10° , qui correspondent aux latitudes de 36° et 48° . La culture de la vigne s'étend même, quoique avec moins d'avantage, jusqu'aux contrées dont la température annuelle descend à 9° et à $8^{\circ},6$; celle d'hiver à $+1^{\circ}$; celle d'été à 19° et 20° . Ces conditions météorologiques se trouvent remplies en Europe jusqu'au parallèle de 50° , et un peu au-delà ; en Amérique, elles ne le sont plus au N. du parallèle de 40° . On a commencé, en effet, depuis quelques années, à faire du très-bon vin rouge à l'O. de Washington, au-delà de la première chaîne de montagnes, dans des vallées qui ne dépassent pas les $38^{\circ}.54'$. Sur le continent de l'Europe occidentale, les hivers dont la température moyenne est zéro, ne commencent que sur des lignes isother. de 9° à 10° , par les 51° — 52°

de latitude ; en Amérique , on les trouve déjà sur des lignes isothermes de 11° à 12° , par les 40° — 41° de latitude.

Si , au lieu de considérer les inflexions générales des lignes isothermes , c'est-à-dire , celles qui se propagent progressivement à de grandes distances en longitude , nous fixons nos regards sur les inflexions partielles , ou sur les *systèmes particuliers de climats* répandus sur une étendue de terrain peu considérable , nous retrouvons encore les mêmes variations dans le partage de la chaleur annuelle entre les différentes saisons. Ces inflexions partielles sont les plus remarquables : 1^o. en Crimée , où le climat d'Odessa contraste avec celui des côtes S.-O. du Chersonnèse abritées par les montagnes , et propres à la culture de l'olivier et de l'oranger ; 2^o. le long du golfe de Gènes , depuis Toulon et les îles d'Hières vers Nice et Bordighera (1) , où le petit palmier maritime , *Chumærops* , est sauvage , et où le dattier est cultivé en grand , non pour en obtenir des fruits , mais des palmes ou feuilles étiolées ; 3^o. en Angleterre , sur les côtes du Devonshire , où le port de Salcombe a été appelé , à cause de son climat tempéré , le Mont-

(1) *Annales du Muséum.*, T. XI, p. 219.

pellier du nord, et où (dans les South-Hams) des myrtes , le *Camellia japonica* , le *Fuchsia coccinea* , et le *Buddleja globosa* (1) passent l'hiver, sans abri, en pleine terre; 4°. en France, sur les côtes occidentales de la Normandie et de la Bretagne. Dans le département du Finistère , l'arbousier , le grenadier , les *Jucca gloriosa* et *aloïfolia* ; l'*Erica mediterranea* , l'*Hortensia* , le *Fuchsia* , le *Dahlea* , résistent en pleine terre à l'intempérie d'un hiver qui dure à peine quinze ou vingt jours , et qui succède à un été peu chaud. Pendant cet hiver si court , le thermomètre baisse quelquefois jusqu'à — 8° : la sève monte dans les arbres dès le mois de février ; mais il gèle souvent encore au milieu de mai. Le *Lavatera arborea* se trouve sauvage à l'île des Glenans , comme vis-à-vis de cette île , sur le continent , l'*Astragalus bajonensis* et le laurier-franc (*Laurus nobilis*) (2).

(1) *Knight, Tr. of the Hort. Soc.*, T. I, p. 32. En 1774, un Agave a fleuri à Salcombe, après avoir passé 28 ans sans être couvert en hiver. Sur cette côte de l'Angleterre, les hivers sont si doux qu'on y voit des orangers en espalier, que l'on n'abrite, comme à Rome, que par le moyen des estès ;.

(2) Bonnemaïson , *Géogr. botan. du dép. du Finistère.* (*Journal de Botan.*, Vol. III, p. 118.)

D'après les observations faites en Bretagne , pendant 12 années , à Saint-Malo , à Nantes et à Brest , la température moyenne de cette péninsule est au-dessus de 13°,5. Dans l'intérieur de la France , en ne considérant toujours que des régions peu élevées au-dessus du niveau de l'Océan , il faut descendre 3° de latitude pour retrouver cette même température annuelle.

L'on sait par les recherches d'Arthur Young , que malgré le relèvement considérable des deux lignes isothermes de 12° et 13° sur les côtes occidentales de la France (1) , les lignes de culture (celles de l'olivier , du maïs et de la vigne) se dirigent (2) dans un sens tout opposé du S.-O. au N.-E. Ce phénomène a été attribué (3) avec raison au peu de chaleur qu'atteignent les étés le long du littoral , mais sans

(1) Young, *Voyage en France*, T. II, p. 91.

(2) La ligne qui limite la culture de la vigne se dirige de l'embouchure de la Loire et de la Vilaine par Pontoise, au confluent du Rhin et de la Moselle. La ligne des oliviers commence à l'O. de Narbonne, passe entre Orange et Montelimart, et se porte au N.-E. dans la direction du Grand-Saint-Bernard.

(3) DeCandolle, *Flor. Franç.* (3^e édit.), T. II, Pl. VIII, XI. — Lequinio, *Voy. dans le Jura*, T. II, p. 84-91.

que l'on ait tenté jusqu'ici de réduire à des expressions numériques les rapports entre les saisons dans l'intérieur et sur les côtes. Pour préparer ce travail, j'ai choisi huit lieux, dont les uns sont placés sur les mêmes parallèles géographiques ; les autres, sur le prolongement d'une même ligne isotherme. J'ai comparé les températures de l'hiver, de l'été et du mois le plus chaud : car, un été d'une chaleur égale excite moins la force de la végétation, qu'une grande chaleur précédée par une saison froide. Les termes de comparaison ont été le long de l'Atlantique ; les côtes de Bretagne (depuis Saint-Malo et St.-Brieux jusqu'à Vannes et Nantes) ; les Sables-d'Olonne, l'île d'Oléron, l'embouchure de la Garonne, et Dax dans le département des Landes ; dans l'intérieur, correspondant aux mêmes parallèles, Châlons-sur-Marne, Paris, Chartres, Troyes, Poitiers et Montauban. Plus au S. des $44^{\circ} \frac{1}{2}$ de latitude, les comparaisons deviennent inexactes, parce que la France, rétrécie entre l'Océan et la Méditerranée, offre le long de ce dernier bassin, dans la belle région des oliviers, un système de climat particulier et très-différent de celui des côtes occidentales.

| LIEUX de L'INTÉRIEUR. | TEMPÉRATURE MOYENNE. | | | | LATITUDE | LIEUX des CÔTES. | TEMPÉRATURE MOYENNE. | | | | |
|-----------------------------|----------------------|----------------|--------------|---------------------------------|----------|------------------------|----------------------|----------------|--------------|---------------------------------|-------|
| | de l'année. | de l'hiver. | de l'été. | du mois le plus chaud. | | | de l'année. | de l'hiver. | de l'été. | du mois le plus chaud. | |
| Châlons-sur-Marn. | 10.3 | 2.5 | 19.2 | 19.7 | 48.57 | Saint-Malo.. | 12.5 | 5.8 | 19.4 | 19.7 | 48.39 |
| Paris..... | 10.6 | 3.7 | 18.5 | 19.7 | 48.50 | Saint-Brieux.. | 11.3 | 5.4 | 18.0 | 19.5 | 48.31 |
| Chartres..... | 10.4 | 2.8 | 18.1 | 18.7 | 48.26 | Vannes..... | 11.0 | 4.3 | 18. | 18.8 | 47.39 |
| Troyes..... | 11.2 | 3.5 | 19.6 | 20.2 | 48.18 | Nantes..... | 12.6 | 4.7 | 20.3 | 21.4 | 47.13 |
| Chinon..... | 11.9 | 3.7 | 20.6 | 21.2 | 47.26 | La Rochelle.. | 11.7 | 4.6 | 19.2 | 19.5 | 46.14 |
| Poitiers..... | 12.4 | 4.3 | 19.5 | 20.7 | 46.39 | Oleron..... | 14.5 | 7.0 | 20.3 | 22.3 | 45.56 |
| Vienne..... | 12.8 | 3.7 | 22. | 23. | 45.31 | Bordeaux.... | 13.6 | 5.6 | 21.6 | 21.9 | 44.50 |
| Montauban..... | 13.1 | 5.9 | 20.7 | 21.9 | 44.1 | Dax..... | 12.3 | 6.9 | 19.6 | 20.5 | 43.42 |

Ces résultats sont tirés de cent vingt-sept mille observations thermométriques, faites avec seize thermomètres d'une précision sans doute très-inégale. En supposant, comme on peut le faire d'après la théorie des probabilités, que dans des observations si multipliées les erreurs de la construction des instrumens, de leur exposition et des heures de l'observation, se détruisent en grande partie les unes des autres, on peut déterminer par interpolation, soit pour un même parallèle, soit par une même ligne isotherme, l'hiver et l'été moyen de la côte et de l'intérieur. Cette comparaison donne :

| | | | | |
|--------------------|-------------------------|------------------------------|-------|-------------------|
| I. Ligne isot. de. | 11°.5 | côtes; hiv. 4°.8; été 18°.4. | | |
| | | intér.; 3.6; | 20.0. | |
| | 12.6 | côtes; 5.2; | 19.6. | |
| | | intér.; 4.0; | 20.2. | |
| I. Paral. de.... | 47° à 49° | côtes; 5.0; | 19.3. | Temp. ann. 11°.8. |
| | | intér.; 3.2; | 19.2. | 10.9. |
| | 45° à 46° $\frac{1}{2}$ | côtes; 5.7; | 19.9. | 13.2. |
| | | intér.; 4.0; | 20.7. | 12.6. |

Comme les lignes isothermes se relèvent vers les côtes occidentales de la France, c'est-à-dire, comme la température moyenne de l'année y est plus grande que sous la même latitude dans l'intérieur des terres, on devait s'attendre qu'en avançant de l'E. à l'O., sur un même parallèle,

on ne verrait point diminuer la chaleur des étés. Mais le relèvement des lignes isothermes et la proximité de la mer tendent également à augmenter la douceur des hivers ; et chacune de ces deux causes agit en sens contraire sur les étés. Si le partage de la chaleur entre ces saisons était égal, en Bretagne et dans l'Orléanais, dans le *climat des côtes*, et le *climat continental*, on devrait trouver à la fois plus chauds, à même latitude, le long du littoral, et les hivers et les étés. En suivant les mêmes lignes isothermes, on reconnaît facilement dans le tableau précédent, les hivers plus froids dans l'intérieur des terres, et les étés plus tempérés sur les côtes. Ces observations thermométriques, confirment en général, l'opinion populaire sur le climat du littoral ; mais en se rappelant les cultures et le développement de la végétation sur les côtes et dans l'intérieur de la France, on s'attendrait à des différences de températures beaucoup plus grandes. On est frappé de ne trouver ces différences, pour les hivers et les étés, que de 1°, c'est-à-dire, d'un quart de celle qui existe entre les températures moyennes des hivers, ou des étés de Montpellier et de Paris. J'exposerai plus bas, en parlant des limites qu'atteint la culture des plantes sur les montagnes, la véritable cause de cette

contradiction apparente. Il suffit de rappeler ici , que nos instrumens météorologiques n'évaluent aucunement la quantité de chaleur que , par un air sec et pur , la lumière directe produit dans le parenchyme plus ou moins coloré des feuilles et des fruits. Par une même température moyenne de l'atmosphère , le développement de la végétation est retardé ou accéléré , selon que le ciel est brumeux ou serein ; selon que , pendant des semaines entières , la surface de la terre ne reçoit que la lumière diffuse ou qu'elle est frappée par les rayons directs du soleil. C'est de la tempérence de l'atmosphère et du degré d'extinction de la lumière , que dépendent en grande partie ces phénomènes de la vie végétale , dont les contrastes nous surprennent dans les îles , et dans l'intérieur des continents , dans des plaines , et sur le sommet des montagnes. En négligeant les considérations photométriques , en n'appréciant pas , et la production de la chaleur dans l'intérieur des corps , et l'effet du rayonnement nocturne par un ciel serein ou couvert , on aurait de la peine à reconnaître , dans les seuls rapports numériques des températures observées en hiver et en été , à Londres et à Paris , les causes de la différence frappante qui se manifeste en France et en Angleterre ,

dans la culture de la vigne , dans celle du pêcher et de plusieurs autres arbres fruitiers (1). Lorsqu'il s'agit de la vie organique des plantes et des animaux , il faut examiner tous les stimulus ou agens extérieurs qui modifient leurs actions vitales. Les rapports entre les températures moyennes des mois ne suffisent pas pour caractériser le climat. Son influence se compose de l'action simultanée de toutes les forces physiques, et elle dépend à la fois de la chaleur , de l'humidité , de la lumière , de la tension électrique des vapeurs et de la pression variable de l'atmosphère. C'est cette dernière qui , sur le sommet des montagnes , modifie la transpiration des plantes, et jusqu'à l'accroissement des organes exhalans. En faisant connaître les lois empiriques de la répartition de la chaleur sur le globe , telles qu'on peut les déduire des variations thermométriques de l'air, nous sommes loin de considérer ces lois comme les seules propres à résoudre l'ensemble des problèmes climatériques. La plupart des phénomènes de la nature , offrent deux parties distinctes : l'une qu'on peut soumettre à un calcul exact ; l'autre qu'on ne peut atteindre que par la voie de l'induction et de l'analogie.

(1) Arthur Young, *Voyage en France*, T. II, p. 195.

Nous venons de discuter le partage de la chaleur entre l'hiver et l'été sur une même ligne isotherme ; il nous reste à indiquer les rapports numériques entre les températures moyennes du printemps et de l'hiver , entre celles de l'année entière et du mois le plus chaud. Depuis le parallèle de Rome jusqu'à celui de Stockholm, par conséquent entre les lignes isothermes de 16° et 5° , la différence des mois d'avril et de mai est partout de 6° ou 7° ; et de tous les mois qui se succèdent immédiatement, ce sont ceux qui offrent l'accroissement de température le plus rapide. Or, comme dans les régions boréales, par exemple en Suède, le mois d'avril n'est que de 3° , les 6 ou 7 degrés qu'ajoute le mois de mai (1), y produisent nécessairement un effet bien plus grand sur le développement de la végétation que dans le midi de l'Europe, où la température moyenne d'avril est de 12° à 13° . C'est par une cause analogue qu'en passant de

(1) En calculant en Europe, par les 46° — 48° de latitude, pour dix ans, les températures moyennes de dix à dix jours, on trouve que les décades qui se succèdent différent, près des sommets de la courbe annuelle, seulement de $0^{\circ},8$; tandis que les différences s'élèvent, en automne, de 2° à 3° ; au printemps, de 3° à 4° .

l'ombre au soleil, soit dans nos climats en hiver, soit entre les tropiques sur le dos des Cordilières, nous sommes plus affectés de la différence de température qu'en été et dans les plaines, quoique dans les deux cas la différence thermométrique soit la même, par exemple, de 3° à 4°. Près du cercle polaire, l'accroissement de la chaleur vernale est non-seulement plus sensible encore, mais il se prolonge également jusqu'au mois de juin. A Drontheim, en Norwège, les températures d'avril et de mai, comme celles de mai et de juin, diffèrent, non de 6° ou 7°, mais de 8° à 9°.

En distinguant sur une même ligne isotherme les endroits qui s'approchent des sommets concaves ou convexes de cette ligne, et dans un même système de climats les régions boréales et australes, on trouve 1°. que l'accroissement de la température vernale est grand (de 7° à 8° dans l'espace d'un mois), et également prolongé, partout où le partage de la chaleur annuelle entre les saisons est très-inégal, comme dans le nord de l'Europe, et dans la partie tempérée des Etats-Unis ; 2°. que l'accroissement vernal

(1) Bouguer. *Figure de la Terre.* pl. LIII.

est grand (au moins au-dessus de 5° à 6°), mais peu prolongé dans l'Europe tempérée ;

3°. que l'accroissement de la température vernale est petit (à peine de 4°), et également prolongé partout où règne le climat des îles ;

4°. que dans chaque système de climats , dans des bandes renfermées entre les mêmes méridiens , l'accroissement vernal est plus petit et moins également prolongé dans les basses que dans les hautes latitudes. La seule bande isotherme de 12° à 15° peut servir d'exemple pour constater ces diverses modifications du printemps. Dans l'Asie orientale , près du sommet concave , les différences de température entre les quatre mois de mars , d'avril , de mai et de juin sont très-grandes et très-égales (de $8^{\circ},7$; $7^{\circ},4$; $7^{\circ},7$). En avançant à l'O. , vers l'Europe , la ligne isotherme se relève ; et dans l'intérieur des terres , près du sommet convexe , l'accroissement est encore très-grand , mais peu prolongé , c'est-à-dire , que des quatre mois qui se succèdent , il n'y en a que deux dont la différence s'élève à 7° : on trouve $5^{\circ},2$; $7^{\circ},4$; $2^{\circ},3$. Plus loin à l'Ouest , vers les côtes , les différences deviennent petites et égales : $2^{\circ},0$; $3^{\circ},6$; $3^{\circ},1$. En traversant l'Atlantique on s'approche du sommet concave occidental de la ligne iso-

therme de 12°. L'accroissement de la température vernale se montre de nouveau presque aussi grand et aussi prolongé que près du sommet concave asiatique; on trouve pour la différence des quatre mois : 5°,8; 7°,7; 6°,0. Dans la courbe de la température annuelle, le printemps et l'automne désignent les passages du *minimum* et du *maximum*. Les accroissemens sont naturellement plus lents près des sommets, que dans la partie intermédiaire de la courbe. Dans celle-ci, ils sont d'autant plus grands et ont d'autant plus de durée, que les ordonnées extrêmes de la courbe diffèrent davantage. Le décroissement automnal de la température est moins rapide que l'accroissement vernal, parce que la surface de la terre acquiert le *maximum* de chaleur plus tard que l'atmosphère, et que, malgré la sérénité de l'air qui règne en automne, la terre ne perd que lentement, par l'effet du rayonnement, la chaleur qu'elle a acquise. Le tableau suivant prouvera combien les lois que je viens d'établir sont uniformes :

| LIEUX. | MARS. | AVRIL. | MAI. | JUIN. | DIFFÉRENCES DE TEMPÉRATURE des quatre mois. | TEMPÉRATURE MOYENNE de l'année. |
|--|-------|--------|-------|-------|---|---------------------------------------|
| 1^{er}. GROUPE. Sommets conques | | | | | | |
| <i>en Amérique.</i> | | | | | | |
| Natchez, lat. 31° 28' | 14°.4 | 19°.0 | 23°.6 | 26°.4 | 4°.6 3°.4 4°.0 | 18°.2 |
| Williamsburg, lat. 37° 18' | 8.0 | 16.2 | 19.2 | 25.4 | 8.2 3.0 6.2 | 14.5 |
| Cincinnati, lat. 39°.0' | 6.5 | 14.1 | 16.2 | 21.6 | 7.5 2.0 5.4 | 12.1 |
| Philadelphie, lat. 39°.56' | 6.7 | 12.0 | 16.7 | 22.4 | 7.5 4.7 5.7 | 12.0 |
| New-York, lat. 40°.40' | 3.7 | 9.5 | 18.8 | 26.8 | 5.8 9.3 8.0 | 12.1 |
| Cambridge, lat. 42°.25' | 1.4 | 7.5 | 13.8 | 21.4 | 6.1 6.3 7.4 | 10.2 |
| Québec, lat. 46°.47' | -5.0 | 4.2 | 12.6 | 17.7 | 9.2 8.4 5.1 | 5.4 |
| Nain, lat. 57°.0' | -14.0 | -2.5 | 2.8 | 6.3 | 11.5 5.3 4.5 | -3.1 |
| 2^e. GROUPE. Sommets conques | | | | | | |
| <i>en Europe.</i> | | | | | | |
| (A) Climat continental. | | | | | | |
| Rome, lat. 41°.53' | 10.2 | 13.0 | 19.4 | 22.4 | 2.8 6.4 3.0 | 15.8 |
| Milan, lat. 45°.28' | 8.8 | 10.6 | 18.4 | 21.4 | 4.3 5.3 3.0 | 13.2 |
| Genève, lat. 46°.12' | 4.2 | 7.6 | 14.5 | 16.8 | 3.4 6.9 2.3 | 9.6 |
| Bude, lat. 47°.29' | 3.5 | 9.5 | 18.2 | 20.2 | 6.0 8.7 2.0 | 10.6 |
| Paris, 48°.50' | 5.7 | 9.0 | 15.6 | 18.0 | 4.7 6.6 2.4 | 10.6 |
| Göttingue, lat. 51°.32' | 1.2 | 6.8 | 14.3 | 16.8 | 5.6 7.5 2.5 | 8.3 |
| Upsal, lat. 59°.51' | -1.4 | 4.3 | 9.3 | 14.4 | 5.7 5.0 5.1 | 5.5 |
| Petersbourg, lat. 59°.56' | -2.5 | 2.8 | 10.1 | 15.2 | 5.3 7.3 5.1 | 3.8 |
| Uméo, lat. 63°.50' | -5.0 | 1.2 | 6.5 | 12.8 | 6.2 5.3 6.3 | 0.7 |
| Uléo, lat. 65°.0' | -10.0 | -3.2 | 5.0 | 12.8 | 6.8 8.2 7.8 | 0.6 |
| Enontekies, lat. 68°.30' | -11.4 | -3.0 | 2.5 | 9.7 | 8.4 5.5 7.2 | -2.8 |
| (B) Climat des côtes. | | | | | | |
| Nantes, lat. 47°.13' | 10.0 | 12.0 | 15.6 | 18.7 | 2.0 3.6 3.1 | 12.6 |
| Londres, lat. 51°.30' | 6.8 | 9.9 | 13.6 | 17.3 | 3.1 3.7 3.7 | 10.9 |
| Dublin, lat. 53°.21' | 5.5 | 7.4 | 11.0 | 13.2 | 1.9 3.6 2.2 | 9.1 |
| Edimbourg, lat. 55°.57' | 5.2 | 8.5 | 10.3 | 14.0 | 3.2 1.8 3.7 | 8.8 |
| Cap Nord, lat. 71°. | -4.0 | -1.1 | + 1.1 | 4.5 | 2.9 2.2 3.4 | 0.0 |
| 3^e. GROUPE. Sommet conque | | | | | | |
| <i>d'Asie.</i> | | | | | | |
| Pékin, lat. 39°.54' | 5.2 | 13.9 | 21.3 | 29.0 | 8.7 7.4 7.7 | 12.7 |

Dans tous les lieux dont la température moyenne est au-dessous de 17° , le réveil de la nature a lieu au printemps, dans le mois dont la température moyenne atteint 6° à 8° .

Lorsqu'un mois atteint

$5^{\circ},5$, on voit fleurir le pêcher (*Amygdalus persica*);

$8^{\circ},2$, le prunier (*Prunus domestica*);

$11^{\circ},0$, on voit pousser les feuilles du bouleau (1) (*Betula alba*).

A Rome c'est le mois de mars, à Paris le commencement de mai, à Upsal le milieu de juin qui atteignent la température moyenne de 11° . Près de l'hospice du Saint-Gothard, le bouleau ne peut végéter, parce que le mois le plus chaud de l'année y atteint à peine 8° . L'orge, pour être cultivée avec quelque avantage, demande (2) pendant quatre-vingt-dix jours une température moyenne de $8^{\circ},5$ à 9° . En additionnant les températures moyennes des mois au-dessus de 11° , c'est-à-dire, les températures de ceux dans lesquels végètent les arbres qui se dépouillent de leurs feuilles, on a une mesure assez exacte de la force et de la durée de la

(1) Cotte, *Meteor.*, p. 448. — Wahlenberg, *Flor. Lap.* pl. LI.

(2) Playfair, dans *les Edimb. Trans.*, Vol. V, p. 202. — Wahlenberg, dans *Gilbert, Annales*, T. XLI, p. 282.

végétation. A mesure qu'on avance vers le Nord la vie végétale est restreinte à un plus court espace de temps. Dans le midi de la France il y a deux cent soixante-dix jours de l'année dont la température moyenne dépasse 11° , c'est-à-dire, celle qu'exige le bouleau pour développer ses premières feuilles. A Saint-Pétersbourg le nombre de ces jours n'est que de cent-vingt. Ces deux *cycles de végétation* si inégaux ont une température moyenne qui ne diffère que de 3° , et même ce manque de chaleur est compensé par les effets de la lumière directe, qui agit sur le parenchyme des plantes dans le rapport de la longueur des jours. En comparant dans le tableau suivant l'Asie orientale, l'Europe et l'Amérique, on reconnaîtra, par l'accroissement de la chaleur pendant le cycle de végétation, les points où les lignes isothermes ont leurs sommets concaves. La connaissance exacte de ces cycles répand plus de jour sur les problèmes de la *Géographie agricole*, que l'examen des seules températures d'été.

| BANDES d'égalité CHALEUR. | LIEUX. | TEMPÉRATURE moyenne de l'année. | SOMME des TEMPÉRATURES moyennes des mois qui atteignent 10°. | NOMBRE de ces mois. | TEMPÉRATURE moyenne des jours qui atteignent 10°. | TEMPÉRATURE du mois le plus chaud. | OBSERVATIONS. |
|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|--|---------------------|---|------------------------------------|-------------------------------|
| Ligne isot. de 15°.... | Rome, lat. 41° 53'..... | 15°.8 | 164° | 9 | 18°.2 | 25°.0 | Bassin de la Méditerranée. |
| | Nîmes, lat. 43° 50'..... | 15°.7 | 170° | 9 | 18°.8 | 25°.7 | <i>Idem.</i> |
| Ligne isot. de 12°.... | Pekin, lat. 39° 54'..... | 12°.7 | 153° | 7 | 21°.8 | 20°.0 | Sommet concave oriental. |
| | Poitiers, lat. 46° 34'..... | 12°.4 | 113° | 7 | 16°.0 | 20°.7 | Sommet convexe. |
| | Nantes, lat. 47° 13'..... | 12°.6 | 119° | 7 | 17°.0 | 21°.0 | <i>Idem</i> côtes. |
| | Saint-Malo, lat 48° 39'..... | 12°.1 | 115° | 7 | 16°.4 | 20°.2 | <i>Idem.</i> |
| | Philadelphie, lat. 39° 56'. | 11°.9 | 133° | 7 | 19°.0 | 25°.0 | Sommet conc. occidental. |
| Cincinnati, lat. 39° 6'.... | 12°.1 | 130° | 7 | 18°.6 | 23°.5 | <i>Idem.</i> | |
| Ligne isot. de 10°.... | Londres, lat. 51° 30'..... | 11°.0 | 95° | 6 | 15°.9 | 19°.2 | Climat des îles. |
| | Paris, lat. 48° 50'..... | 10°.6 | 105° | 6 | 17°.5 | 21°.0 | Assez près des côtes. |
| Ligne isot. de 9°.... | Bude, lat. 47° 29'..... | 10°.6 | 110° | 5 | 18°.1 | 22°.2 | Intérieur. |
| | Genève, lat. 46° 12'..... | 9°.6 | 84° | 5 | 16°.8 | 19°.2 | Intérieur. |
| | Dublin, lat. 53° 24'..... | 9°.5 | 68° | 5 | 13°.6 | 16°.0 | Climat des côtes. |
| Ligne isot. de 5°.... | Edimbourg, lat. 55° 57'..... | 8°.8 | 66° | 5 | 13°.3 | 15°.2 | <i>Idem.</i> |
| | Upsala, lat. 59° 51'..... | 5°.5 | 56° | 4 | 14°.0 | 16°.6 | Sommet convexe. |
| Ligne isot. de 0°.... | Québec, lat. 46° 47'..... | 5°.4 | 88° | 5 | 17°.6 | 23°.0 | Sommet concave occid. |
| | Pétersbourg, lat. 59° 56'. | 3°.8 | 60° | 4 | 15°.0 | 18°.7 | Europe orientale. |
| | Uméo, lat. 53° 50'..... | 0°.7 | 50° | 2 | 15°.0 | 17°.0 | Côtes or. du golfe de Botnie. |
| | Cap Nord, lat. 71°..... | 0°.0 | 0° | 0 | 0 | 8°.1 | Climat des îles. |
| | Enontekies, lat. 68° 30'.. | -2.8 | 29° | 2 | 14°.5 | 15°.5 | Climat continental. |

Dans le système des climats européens, depuis Rome jusqu'à Upsal, entre les lignes isothermes des 15° et 5° , le mois le plus chaud ajoute 9° à 10° à la température moyenne de l'année. Plus au Nord, de même que dans l'Asie orientale et en Amérique où les lignes isothermes se replient vers l'équateur, les accroissemens sont plus considérables encore.

De même que deux heures du jour indiquent la température de la journée entière, il y a nécessairement aussi deux jours de l'année ou deux décades dont la température moyenne égale celle de l'année entière. D'après les moyennes de 10 années d'observations, cette température de l'année se trouve à Bude en Hongrie, du 15 au 20 avril et du 15 au 25 oct. ; à Milan, du 10 au 15 avril et du 18 au 23 octob. Les ordonnées des autres décades peuvent être regardées comme fonctions des ordonnées moyennes. En considérant les températures des mois entiers, on trouve que jusqu'à la bande isotherme de 2° , la température du mois d'octobre coïncide (généralement à moins d'un degré) avec celle de l'année. Le tableau suivant prouve que ce n'est pas comme l'affirme Kirwan (1), le mois d'avril qui approche le plus souvent de la chaleur annuelle.

(1) *Estim.*, p. 166.

| LIEUX. | TEMPÉRATURE MOYENNE. | | | LIEUX. | TEMPÉRATURE MOYENNE. | | |
|-------------------|----------------------|------------|----------|------------------|----------------------|------------|----------|
| | de l'année. | d'Octobre. | d'Avril. | | de l'année. | d'Octobre. | d'Avril. |
| Caire..... | 22°,4 | 23°,4 | 25,5 | Gottingue..... | 8°,3 | 8°,4 | 6°,9 |
| Alger..... | 21,0 | 22,3 | 17,0 | Franecker..... | 11,3 | 12,7 | 10,0 |
| Natchez..... | 18,9 | 20,2 | 19,1 | Coppenhague..... | 7,6 | 9,3 | 5,0 |
| Rome..... | 15,8 | 16,7 | 13,0 | Stockholm..... | 5,7 | 5,8 | 3,6 |
| Milan..... | 13,2 | 14,5 | 13,1 | Christiania..... | 5,9 | 4,0 | 5,9 |
| Cincinnati..... | 12,0 | 12,7 | 13,8 | Upsala..... | 5,4 | 6,3 | 4,3 |
| Philadelphie..... | 11,9 | 12,2 | 12,0 | Quebec..... | 5,5 | 6,0 | 4,2 |
| New-Yorck..... | 12,1 | 12,5 | 9,5 | Pétersbourg..... | 3,8 | 3,9 | 2,8 |
| Pékin..... | 12,6 | 13,0 | 13,9 | Abo..... | 5,2 | 5,0 | 4,9 |
| Bude..... | 10,6 | 11,3 | 9,5 | Drontheim..... | 4,4 | 4,0 | 1,3 |
| Londres..... | 11,0 | 11,3 | 9,9 | Uléo..... | 0,6 | 3,3 | 1,2 |
| Paris..... | 10,6 | 10,7 | 9,0 | Uméo..... | 0,7 | 3,2 | 1,1 |
| Genève..... | 9,6 | 9,6 | 7,6 | Cap-Nord..... | 0,0 | 0,0 | -1,0 |
| Dublin..... | 9,2 | 9,3 | 7,4 | Enontekies..... | -2,8 | -2,5 | -3,0 |
| Edimbourg..... | 8,8 | 9,0 | 8,3 | Nain..... | -3,1 | +0,6 | -2,5 |

Comme il est rare que les voyageurs puissent fournir des observations propres à donner immédiatement la température de l'année entière, il est utile de faire connaître les rapports constans qu'il y a, dans chaque système de climats, entre les températures vernales ou automnales et la température annuelle.

Quant à la quantité de chaleur que reçoit un même point du globe, elle est beaucoup plus égale pendant une longue suite d'années, qu'on ne serait tenté de le croire d'après le témoignage de nos sensations et le produit variable des récoltes. Dans un lieu donné, le nombre de jours pendant lesquels soufflent les vents nord-est ou sud-ouest, conserve un rapport assez constant, parce que la direction et la force de ces vents qui amènent de l'air plus froid ou plus chaud, dépendent de causes générales, de la déclinaison du soleil, de la configuration des côtes, et du gisement des continens voisins. C'est moins souvent une diminution dans la température moyenne de l'année entière, qu'un changement extraordinaire dans la répartition de la chaleur entre les différens mois qui cause les mauvaises récoltes. En examinant, par les parallèles des 47° et 49°, des séries de bonnes observations météorologiques, faites pendant dix ou douze années,

on trouve que les températures annuelles ne varient généralement que de 1° — $1^{\circ},5$; celles des hivers et des étés de 2° à 3° ; celles des mois d'été et d'automne de 3° à 4° ; celles des mois d'hiver, de 5° à 6° . A Genève, les températures moyennes de vingt années (1796-1815) ont été de $9^{\circ},6$; $10^{\circ},3$; $10^{\circ},0$; $9^{\circ},3$; $10^{\circ},3$; $10^{\circ},6$; $10^{\circ},5$; $10^{\circ},2$; $10^{\circ},6$; $8^{\circ},8$; $10^{\circ},8$; $9^{\circ},6$; $8^{\circ},3$; $9^{\circ},4$; $10^{\circ},6$; $10^{\circ},9$; $8^{\circ},8$; $9^{\circ},2$; $9^{\circ},0$; $10^{\circ},0$: moyenne de ces vingt années, $9^{\circ},8$. Si, dans nos climats, les oscillations thermométriques sont un sixième de la température annuelle, sous les tropiques elles ne sont pas d'un vingt-cinquième. J'ai calculé pour Paris, pendant 11 années, les variations thermométriques de l'année, de l'hiver, de l'été, du mois le plus froid, du mois le plus chaud, et du mois qui représente à-peu-près la température moyenne annuelle. Voici les résultats que j'ai obtenus :

Années 1800-1810

| | | | | | |
|-------|------------------------------|--------------------|--------------------|-------|------|
| Année | Température moyenne annuelle | Mois le plus froid | Mois le plus chaud | Hiver | Été |
| 1800 | 10,0 | 3,0 | 17,0 | 3,0 | 17,0 |
| 1801 | 10,0 | 3,0 | 17,0 | 3,0 | 17,0 |
| 1802 | 10,0 | 3,0 | 17,0 | 3,0 | 17,0 |
| 1803 | 10,0 | 3,0 | 17,0 | 3,0 | 17,0 |
| 1804 | 10,0 | 3,0 | 17,0 | 3,0 | 17,0 |
| 1805 | 10,0 | 3,0 | 17,0 | 3,0 | 17,0 |
| 1806 | 10,0 | 3,0 | 17,0 | 3,0 | 17,0 |
| 1807 | 10,0 | 3,0 | 17,0 | 3,0 | 17,0 |
| 1808 | 10,0 | 3,0 | 17,0 | 3,0 | 17,0 |
| 1809 | 10,0 | 3,0 | 17,0 | 3,0 | 17,0 |
| 1810 | 10,0 | 3,0 | 17,0 | 3,0 | 17,0 |

| OBSERVATIONS de MM. Bouvard, Arago et Mathieu. | TEMPÉRATURES MOYENNES | | | | | |
|--|-----------------------|----------------|--------------|----------------|---------|----------------------|
| | de l'année. | de l'hiver. | de l'été. | de janvier. | d'août. | de déc- tobre. |
| Paris. 1803 | 10°,6 | 2°,6 | 19°,8 | 1°,3 | 19°,8 | 10°,3 |
| — 1804 | 11,1 | 5,0 | 18,6 | 6,6 | 18,1 | 11,5 |
| — 1805 | 9,7 | 2,2 | 17,3 | 1,6 | 18,2 | 9,6 |
| — 1806 | 11,9 | 4,8 | 18,5 | 6,1 | 18,1 | 11,0 |
| — 1807 | 10,8 | 5,7 | 19,9 | 2,3 | 21,4 | 12,4 |
| — 1808 | 10,5 | 2,6 | 19,0 | 2,4 | 19,2 | 9,0 |
| — 1809 | 20°,5 | 4,7 | 16,9 | 4,9 | 17,9 | 9,8 |
| — 1810 | 10,5 | 2,5 | 17,4 | —0,8 | 17,6 | 11,6 |
| — 1811 | 11,8 | 4,2 | 18,4 | —0,3 | 17,6 | 14,2 |
| — 1812 | 9,9 | 4,2 | 17,3 | 1,5 | 17,9 | 10,6 |
| — 1813 | 9,9 | 2,3 | 16,5 | 0,3 | 17,0 | 11,7 |
| Moyenne de ces 11 années. | 10,6 | 3,6 | 18,1 | 2,2 | 18,4 | 10,4 |

A Genève, les températures moyennes des étés ont été, de 1803 à 1809, de 19°,6; 18°,9; 16°,8; 18°,7; 20°,1; 17°,1; 17°,2 : moyenne, 18°,3. M. Arago (1) a trouvé que, dans les deux années 1815 et 1816, dont la dernière a été si funeste aux récoltes dans une grande partie de

(1) *Annales de Chimie et de Phys.*, Tom. III, p. 441.

la France , la différence de la température moyenne annuelle n'a été que $1^{\circ},1$; celle des étés de $1^{\circ},8$. L'été de 1816 a été , à Paris , de $15^{\circ},5$, donc, de $2^{\circ},8$ au-dessous de la moyenne des étés. De 1803 à 1813 , les oscillations autour de la moyenne n'avaient pas dépassé — $1^{\circ},6$ et + $1^{\circ},9$.

En comparant les endroits qui appartiennent à un même système de climats , quoique éloignés entr'eux de plus de 80 lieues , on reconnaît que les variations se font sentir assez uniformément en plus et en moins (sans offrir cependant les mêmes quantités thermométriques) , tant dans la température de l'année entière que dans celle des saisons.

| ANNÉES. | PARIS. | | GENÈVE. | | PARIS. | | GENÈVE. | | PARIS. | | GENÈVE. | |
|---------|-------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| | Température moyenne annuelle. | Diffé. avec la moy. de 12 ans (10,6). | Température moyenne annuelle. | Diffé. avec la moy. de 12 ans (9,8). | Température moyenne de l'hiver. | Diffé. avec l'hiver moyen (3,7). | Température moyenne de l'hiver. | Diffé. avec l'hiver moyen (1,6). | Température moyenne de l'été. | Diffé. avec l'été moyen (18,1). | Température moyenne de l'été. | Diffé. avec l'été moyen (18,3). |
| 1803 | 10,6 | 0. | 10,2 | +0,4 | 0,1 | -0,9 | 0,1 | -1,5 | 19,8 | +1,7 | 19,8 | +1,5 |
| 1804 | 11,1 | +0,5 | 10,6 | +0,8 | 3,5 | +1,5 | 3,5 | +1,9 | 18,6 | +0,5 | 19,0 | +0,7 |
| 1805 | 9,7 | -0,9 | 8,8 | -1,0 | 1,0 | -1,5 | 1,0 | -0,6 | 17,3 | -0,8 | 17,2 | -1,1 |
| 1806 | 11,9 | +1,3 | 10,8 | +1,0 | 4,8 | +1,1 | 3,6 | +2,0 | 18,5 | +0,4 | 18,1 | -0,2 |
| 1807 | 10,8 | +0,2 | 9,6 | -0,2 | 5,7 | +2,0 | 2,1 | +0,5 | 19,9 | +1,8 | 20,1 | +1,7 |
| 1808 | 10,5 | -0,5 | 8,2 | -1,6 | 2,6 | -1,1 | 1,0 | -0,6 | 19,0 | +0,9 | 17,6 | -0,7 |
| 1809 | 10,5 | -0,1 | 9,3 | -0,5 | 4,7 | +1,0 | 1,7 | +0,1 | 16,9 | -1,2 | 17,5 | -0,7 |
| 1810 | 10,5 | -0,1 | 10,6 | +0,8 | 2,5 | -1,2 | 2,5 | -1,2 | 17,4 | -0,7 | 17,4 | -0,7 |
| 1811 | 11,5 | +0,9 | 11,0 | +1,2 | 4,0 | +0,3 | 4,0 | +0,3 | 18,4 | +0,3 | 18,4 | +0,3 |
| 1812 | 9,9 | -0,7 | 8,8 | -1,0 | 4,2 | +0,5 | 4,2 | +0,5 | 17,5 | -0,8 | 17,5 | -0,8 |
| 1813 | 9,9 | -0,7 | 9,2 | -0,6 | 2,5 | -1,4 | 2,5 | -1,4 | 16,5 | -1,6 | 16,5 | -1,6 |

Tous les rapports de température que nous

avons fixés jusqu'ici , appartiennent à cette partie des basses couches de l'atmosphère qui reposent sur la surface solide du Globe dans l'hémisphère boréal. Il me resterait à discuter ici la température de *l'hémisphère austral* ; mais, ayant récemment traité cet objet dans un autre ouvrage , je me bornerai à la simple indication de quelques résultats numériques. Peu de parties de la philosophie naturelle , offrent l'exemple d'une variation aussi grande dans les opinions des physiciens. Dès le commencement du 16^e. siècle , et dès les premières navigations autour du Cap-Horn , l'idée se répandit en Europe que l'hémisphère austral était considérablement plus froid que l'hémisphère boréal. Mairan et Buffon (1) combattirent cette idée par des raisonnemens théoriques peu exacts. Æpinus (2) l'établit de nouveau. Les découvertes de Cook firent connaître la vaste étendue des glaces circompolaires australes ; mais on exagéra dès lors l'inégalité de la température des deux hémisphères. Le Gentil , et surtout Kirwan (3) ,

(1) *Théorie de la terre*, T. I, p. 312. — *Mémoire de l'Acad.*, 1765, p. 174.

(2) *De distributione caloris*, 1761.

(3) Kirwan , *Estimation de la Température*, p. 60. —

ont eu le mérite d'avoir démontré les premiers, que l'influence des glaces circompolaires sur les climats s'étend moins loin dans la zone tempérée australe, qu'on ne l'avait admis généralement. La moindre distance du soleil au solstice hiémal, et le plus long séjour de cet astre dans les signes septentrionaux, agissent dans un sens opposé (1) sur la chaleur dans les deux hémisphères; et comme (d'après le théorème de Lambert) la quantité de lumière qu'une planète reçoit du soleil, croît proportionnellement à l'anomalie vraie, l'inégalité de température entre les deux hémisphères n'est pas l'effet d'une irradiation inégale. L'hémisphère austral reçoit la même quantité de lumière; mais l'accumulation de la chaleur y est moindre (2), à cause de l'émission de la chaleur rayonnante qui a eu lieu pendant un hiver plus long. Cet hémisphère étant de plus, en grande partie, aquatique, les extrémités pyramidales des continens y ont le climat des îles. Des étés d'une température

Irish. Trans., Vol. VIII, p. 423. — Le Gentil, *Voyage dans l'Inde*, Vol. I, p. 73.

(1) Mairan, dans les *Mém. de l'Acad.*, 1765, p. 166.
— Lambert, *Pyrométrie*, p. 310.

(2) Ptevest; *de la Chaleur rayonnante*, 1809, p. 329 et 367, §. 280-306.

très-basse sont suivis jusqu'au 50° de latitude australe par des hivers peu rigoureux : aussi, les formes végétales de la zone torride, les fougères en arbres et les orchidées parasites, avancent au Sud jusque vers les 38° et 42° de latitude. Le peu d'étendue des terres dans l'hémisphère austral (1), ne contribue pas seulement à égaliser les saisons, il contribue aussi à diminuer, d'une manière absolue, la température annuelle de cette partie du globe. Je pense que cette cause est beaucoup plus active que celle de la petite excentricité du mouvement planétaire. Les continents, pendant l'été, rayonnent plus de chaleur que les mers, et le courant ascendant qui porte l'air des zones équinoxiales et tempérées vers les régions circompolaires, agit moins dans l'hémisphère austral que dans l'hémisphère boréal. Aussi, voyons-nous cette calotte de glace qui entoure le pôle jusque vers les 71^e et 68^e degrés de latitude sud, avancer davantage vers l'équateur, partout où elle trouve une mer libre, c'est-à-dire, là où les extrémités pyramidales des grands continents ne leur sont pas opposées. On a lieu de croire que ce manque de

(1) Les terres dans les deux hémisphères sont dans le rapport de 3 : 1.

terres fermes , produirait un effet beaucoup plus sensible encore si la répartition des continens était aussi inégale dans les régions équinoxiales que dans les zones tempérées (1).

La théorie et l'expérience prouvent que la différence de température entre les deux hémisphères, ne peut pas être grande près de la limite qui les sépare (2). Le Gentil a déjà observé que le climat de Pondichéry n'est pas plus chaud que celui de Madagascar à la baie d'Antongil , par les 12° de latitude australe. Sous les parallèles de 20° , l'île de France a la même température annuelle (26°,7) que la Jamaïque et Saint-Domingue. La mer de l'Inde, entre les côtes orientales de l'Afrique, les îles de la Sonde et la Nouvelle-Hollande, forme une espèce de golfe qui est fermé au Nord par l'Arabie et par l'Indostan. Les lignes isothermes paraissent s'y relever vers le pôle sud : car, plus à l'Ouest dans la mer libre, entre l'Afrique et le Nouveau-Continent, le froid de l'hémisphère austral se fait déjà sentir, quoique faiblement, dès les 22°. Je ne citerai pas, à cause

(1) Les terres placées entre les tropiques sont, dans les deux hémisphères, = 5 : 4 ; celles placées hors des tropiques, = 13 : 1.

(2) *Prevost*, p. 343.

de ses montagnes isolées et ses localités particulières, l'île Sainte-Hélène (lat. $15^{\circ}.55'$), dont la température moyenne ne s'élève, d'après M. Beatson, au bord de la mer, qu'à 22° ou 23° . Ce sont les côtes orientales de l'Amérique, qui, grâce au zèle infatigable d'un astronome portugais, M. Benito Sanchez Dorta, nous offrent, par les $22^{\circ}.54'$ de latitude australe, presque sur la limite de la région équinoxiale, un endroit dont on connaît le climat par plus de 3500 observations thermométriques et barométriques, faites dans le cours de chaque année pour constater les variations horaires dans la chaleur et la pression de l'air. La température moyenne de Rio-Janeiro n'est que de $23^{\circ},5$, tandis que, malgré les vents nord qui amènent l'air froid du Canada pendant l'hiver dans le golfe du Mexique, les températures moyennes de La Veracruz (latitude $19^{\circ}.11'$) et de la Havane (lat. $23^{\circ}.10'$), sont de $25^{\circ},5$. Les différences des deux hémisphères deviennent plus sensibles dans les mois les plus chauds.

| <i>Rio-Janeiro.</i> | <i>Havane.</i> |
|---|--------------------------------------|
| Juin, temp. moyen. $20^{\circ},0$. | Décemb., temp. moy. $22^{\circ},1$. |
| Juillet. $21,2$. | Janvier. $21,2$. |
| Janvier. $26,2$. | Juillet. $28,5$. |
| Février. $27,0$. | Août. $28,8$. |

(1) *Mém. de l'Acad. de Lisbonne*, T. II, p. 348, 369.

On doit être surpris de la grande égalité qui règne dans la répartition de la chaleur annuelle, par les 34° de latitude nord et sud. En fixant les yeux sur les trois continens de la Nouvelle-Hollande, de l'Afrique et de l'Amérique, nous trouvons que la température moyenne du port Jackson (lat. 33°.51') est, d'après les observations de MM. Hunter, Peron et Freycinet, de 19°,3 ; celle du Cap de Bonne-Espérance (lat. 33°.55'), 19°,4 ; celle de la ville de Buenos-Ayres (lat. 34°.36'), de 19°,7 : dans l'hémisphère boréal, 16° ou 21° de température annuelle correspondent à cette même latitude, selon qu'on compare le système de climats américains (1) ou méditerranéens, les parties concaves ou convexes des lignes isothermes. Au Port-Jackson, où le thermomètre descend quelquefois au-dessous du point de la congélation, le mois le plus chaud est de 25°,2 ; le mois le plus froid de 13°,8 : on y trouve l'été de Marseille, et l'hiver du Caire (2). Dans la Louisiane, 2° et

(1) Natchez (latit. 31°.28'), températ. moy. 18°,2 ; Cincinnati (latitude 39°.6'), tempér. moy. 12°,1.

(2) Caire (latitude 30°.2'), temp. moy. 22°,4 ; Funchal (lat. 32°.37'), temp. moy. 20°,3 ; Alger (lat. 36°.48'), températ. moy. 21°,1.

de mi de latitude plus près de l'équateur , le mois le plus chaud est de $26^{\circ},5$; le mois le plus froid de $8^{\circ},3$. La terre Van-Diëmen correspond à peu près à la latitude de Rome : les hivers y sont plus doux qu'à Naples ; mais la fraîcheur des étés (1) est telle que la température moyenne du mois de février y paraît être à peine de 18° à 19° , lorsqu'à Paris, sous une latitude plus éloignée de l'équateur de 7° , la température moyenne du mois d'août est aussi 18° à 19° , et à Rome, au-dessus de 25° .

Sous le parallèle de $51^{\circ}.25'$ sud, nous connaissons assez bien la température moyenne des îles Malouines : elle est de $8^{\circ},5$. A cette même latitude, dans l'hémisphère boréal, on trouve en Europe 10° — 11° , en Amérique à peine 2° — 3° ; les mois les plus chauds et les plus froids sont, à Loudrès, de 19° et 2° ; aux îles Malouines, de $13^{\circ},2$ et 5° . A Québec, la températ. moyenne de l'hiver est de -10° ; aux îles Malouines,

(1) A la terre Van-Diëmen, le thermomètre descend, en février, le matin, jusqu'à $7^{\circ},5$. La moyenne, à midi, est de 16° . A Paris, elle est en août de 23° . A la terre Van-Diëmen, en février, moyenne des maximums 26° , des minimums $12^{\circ},5$. A Rome, ces moyennes sont 26° et 18° . (D'Entrecasteaux, *Voyage*, T. 1, p. 265, et 542.)

de $+ 4^{\circ}, 2$, quoique ces îles soient de 4° de latitude plus éloignées de l'équateur que Québec. Ces rapports numériques prouvent que, jusqu'aux parallèles de 40° et 50° , les lignes isothermes correspondantes sont à peu près également distantes du pôle dans les deux hémisphères; et qu'en ne considérant (1) que le système de climats transatlantiques entre les 70° — 80° de longitude occident., les températures moyennes de l'année sur les parallèles géographiques correspondans, sont même plus grandes dans l'hémisphère austral que dans l'hémisphère boréal.

Ce qui donne aux climats méridionaux un caractère particulier, c'est la répartition de la chaleur entre les différentes parties de l'année. Dans l'hémisphère austral, sur les lignes isothermes de 8° et de 10° , on trouve des étés qui, dans notre hémisphère, n'appartiennent qu'à des lignes isothermes de 2° et 5° . On ne connaît, avec précision, aucune température moyenne de l'année au-dessus du 51° de latitude sud; les navigateurs ne fréquentent pas ces parages, lorsque le soleil est dans les signes septentrionaux, et l'on aurait tort de juger de la rigueur des hi-

(1) Humboldt, *De distributione geogr. plant.*, p. 79-86.

vers par la basse température des étés. Les neiges éternelles qui , par 71° nord , se soutiennent encore à 700 mètres de hauteur au-dessus du niveau de l'Océan , descendent jusque dans les plaines , tant à la Géorgie australe (1) qu'à la terre Sandwich ; par les 54° et 58° de latit. sud : mais ces phénomènes , quelques frappans qu'ils paraissent , ne prouvent aucunement que la ligne isotherme 0° est de 5° plus près du pôle sud que du pôle nord. Dans le système de climat transatlantique , la limite des neiges éternelles n'est pas à la même hauteur qu'en Europe ; et pour comparer les deux hémisphères , il faut avoir égard à la différence des longitudes. De plus , une égale hauteur des neiges n'annonce pas du

(1) On est d'autant plus surpris de trouver à l'île de la Géorgie la neige au rivage de l'Océan , que, $2^{\circ}.39'$ plus près de l'équateur , aux Malouines , la température moyenne des étés est encore $11^{\circ}.7$ ou de 5° plus grande qu'au point où dans notre hémisphère , par les 71° , la limite des neiges perpétuelles se maintient à 700 mètr. d'élévation absolue. Mais il faut se rappeler ; 1°. que les îles Malouines sont rapprochées d'un continent qui s'échauffe en été ; 2°. que la Géorgie est hérissée de montagnes , et qu'elle est placée à la fois dans une mer libre au Nord , et sous l'influence des glaces éternelles de la terre Sandwich ; 3°. qu'en Laponie , 2° de latitude produisent , dans de certaines circonstances locales , 6° de différence dans les températures des étés.

tout une égale température moyenne de l'année. Cette limite dépend surtout (1) du peu de chaleur d'été, et celle-ci de ces condensations brusques de la vapeur causées par le passage des glaces flottantes. Près des pôles, l'état brumeux de l'air diminue en été l'effet de l'irradiation solaire, en hiver celui du rayonnement du globe. Au détroit de Magellan, MM. de Churruca et Galeano ont vu tomber de la neige par les 53° et 54° de latitude sud au milieu de l'été ; et, quoique le jour fut de 18 heures, le thermomètre s'éleva rarement au-dessus de 6° ou 7°, jamais au-dessus de 11°.

La température inégale des deux hémisphères, qui, comme nous l'avons prouvé plus haut, est moins l'effet de l'excentricité des orbites planétaires, que de l'inégale répartition des continents, détermine (2) la limite entre les vents alisés nord-est et sud-est. Or, cette limite se trouvant dans l'Océan atlantique beaucoup plus au nord de l'équateur que dans la mer du sud, on peut en conclure que sur une bande comprise entre les 130° et 150° de longitude occidentale, la différence de température entre les deux hémisphères

(1) Léop. de Buch, *Voyage en Laponie*, Vol. II, p. 393-420.

(2) Prevost, *Journ. de Phys.*, T. XXXVIII, p. 369. — *Irisl. Trans.*, Vol. VIII, p. 374.

est moins grande que plus à l'est par les 20° et 50° de longitude. C'est en effet sur cette bande, dans le grand Océan, que, jusqu'au parallèle de 60°, les deux hémisphères sont également couverts d'eau, également dépourvus de terres fermes, qui rayonnant de la chaleur pendant l'été, envoient de l'air chaud vers les pôles. La ligne qui sert de limite entre les vents alisés nord-est et sud-est, s'approche de l'équateur partout où la température des hémisphères est moins différente, et si, sans diminuer le froid de l'hémisphère austral, on pouvait augmenter l'inflexion des bandes isothermes dans le système des climats transatlantiques, on rencontrerait les vents sud-est par les 20° et 50° de longit. occidentale au nord, par les 130° et 150° au sud de l'équateur (1).

Les basses couches de l'atmosphère qui reposent sur la surface pelagique du globe, reçoivent l'influence de la température des eaux. La mer rayonne moins de chaleur absorbée que les continents; elle refroidit l'air sur-marin par l'effet de l'évaporation; elle renvoie les molécules d'eau refroidies et devenues plus pesantes vers le fond; elle se réchauffe ou se refroidit par les courans dirigés de l'équateur vers les pôles,

(1) Humboldt, *Relat. histor.*, T. I, p. 225 et 237.

ou par le mélange des couches supérieures et des couches inférieures sur les accores des bancs. C'est par la réunion de ces causes diverses qu'entre les tropiques, et peut-être jusqu'au 30° de latitude, les températures moyennes de l'air sur-marin sont de 2° à 3° plus basses que celles de l'air continental. Par de hautes latitudes, dans des climats où l'atmosphère se refroidit en hiver beaucoup au-dessous du point de la congélation, les lignes isothermes se relèvent vers les pôles ou deviennent convexes lorsque des continens elles passent au-dessus des mers (1). Quant à la température de l'Océan même, il faut distinguer entre quatre phénomènes très-différens : 1°. la température de l'eau à sa surface correspondante à différentes latitudes, l'Océan étant considéré en repos, dépourvu de bas-fonds et de courans ; 2°. le décroissement du calorique dans les couches d'eau superposées les unes aux autres ; 3°. l'effet des bas-fonds sur la chaleur des eaux de la surface ; 4°. la température des courans qui font passer avec une vitesse acquise, les eaux d'une zone à travers les eaux immobiles d'une autre zone. La bande des eaux les plus chaudes coïncide aussi peu avec

(1) *L. c.*, p. 67, 230 et 242.

l'équateur, que la bande sur laquelle les eaux atteignent le *maximum* de salure. En passant d'un hémisphère dans l'autre, on trouve les eaux les plus chaudes entre $5^{\circ}.45'$ de latitude boréale, et $6^{\circ}.15'$ de latitude australe. Perrins les a trouvées de $28^{\circ},2$; Quevedo de $28^{\circ},6$; Churruca de $28^{\circ},7$; Rodman de $28^{\circ},8$: je les ai trouvées dans la mer du sud, à l'est des îles Galapagos, de $20^{\circ},3$. Les variations autour de la moyenne ne s'élèvent par conséquent pas au-delà de $0^{\circ},7$. Il est assez remarquable que, sur ce parallèle des eaux les plus chaudes, la température de l'Océan à la surface est indubitablement de 2° à 3° plus élevée que la température de l'air qui repose sur l'Océan. Cette différence provient-elle du mouvement des molécules refroidies qui se portent vers le fond, ou de l'absorption de la lumière qui n'est pas suffisamment compensée par une émission libre du calorique rayonnant? A mesure que l'on avance de l'équateur vers la zone tempérée, l'influence des saisons sur la température de la mer à sa surface, devient très-sensible; mais comme une grande masse d'eau ne suit qu'avec une lenteur extrême les changemens de la température de l'air, les moyennes des mois ne correspondent pas, à la même époque, dans

l'Océan et dans l'air. De même, l'étendue des variations est moindre dans l'eau que dans l'atmosphère, parce que les accroissemens ou les diminutions de la chaleur de la mer ont lieu dans un milieu de température variable, de sorte que les *minimum* et les *maximum* de la chaleur qu'atteint l'eau, sont modifiés par la température atmosphérique des mois qui suivent le mois le plus froid, et le mois le plus chaud de l'année. C'est par une cause analogue que, dans les sources qui ont une température variable, par exemple, près d'Upsal (1), l'étendue des variations de chaleur n'est que 11° lorsque cette même étendue des variations dans l'air, depuis le mois de janvier jusqu'au mois d'août, est de 22°. Sur le parallèle des îles Canaries, M. de Buch a trouvé le *minimum* de la température de l'eau de 20°, le *maximum* de 23°,8. Les températures de l'air, dans les mois les plus chauds et les plus froids, sont, dans ces parages, de 18° et 24°. En avançant vers le nord, on trouve plus grandes les différences de température hyémale entre la surface de la mer et l'air sur-marin. Les molécules d'eau refroidie vont au fond aussi longtems que leur

(1) Gilbert, *Annalen der Physik.*, 1812, p. 129.

refroidissement n'a pas atteint 4° . C'est ainsi que, par les 46° et 50° de latitude dans la partie de l'Océan atlantique qui avoisine l'Europe, les *maximum* et les *minimum* de la chaleur sont, dans l'eau de la mer à sa surface, 20° et $5^{\circ},5$; dans l'air (en prenant les moyennes des mois les plus chauds et les plus froids), 19° et 2° . L'excès de la température moyenne des eaux sur celle de l'air atteint son *maximum* au-delà du cercle polaire, là où la mer ne gèle point au large. L'atmosphère se refroidit à tel point dans ces parages (de 63° à 70° de latitude par le 0° de longitude), que la température moyenne de plusieurs mois d'hiver descend sur les continents à 10° ou 12° , sur les côtes à 5° et 6° au-dessous du point de la congélation, tandis que la température de la mer à sa surface ne se trouve abaissée que jusqu'à 0° ou -1° . S'il est vrai que, même par ces hautes latitudes, le fond de la mer renferme des couches d'eau qui, au *maximum* de leur pesanteur spécifique, ont 4° à 5° de chaleur, l'on doit supposer que les eaux du fond contribuent à diminuer le refroidissement de la surface. Ces circonstances ont une grande influence sur l'adoucissement des hivers, dans des continents séparés du pôle par une vaste mer.

Nous avons considéré jusqu'ici la distribution de la chaleur à la surface du globe, au niveau de l'Océan ; il nous reste à discuter, pour compléter ce Mémoire, les rapports numériques qu'offrent les variations de la température dans les *régions élevées de l'atmosphère*, et dans *l'intérieur de la terre*.

Le décroissement du calorique dans l'atmosphère dépend de plusieurs causes, dont la principale (d'après l'observation de MM. Leslie (1) et de Laplace) est la propriété de l'air d'augmenter de capacité pour la chaleur en se raréfiant. Si le globe n'était pas enveloppé d'un mélange de fluides élastiques et aériformes, il ne ferait pas sensiblement plus froid à 8000 mètres de hauteur qu'à la surface de l'Océan. Chaque point du globe rayonnant en tout sens, l'intérieur d'une enveloppe sphérique qui reposerait sur la cime des plus hautes montagnes du globe, recevrait la même quantité de calorique rayonnant que les couches inférieures de l'atmosphère. Le calorique, il est vrai, serait réparti sur une surface un peu plus grande; mais la différence de température serait insensible, puisque le rayon de

(1) *On Heat and Moisture*, 1813, p. 11; et *Elements of Geometry*, 1811, p. 495.

l'enveloppe sphérique serait à celui de la terre, comme 1,001 à 1. Dès que nous considérons la terre entourée d'un fluide atmosphérique, le décroissement de la température s'établit. L'air, chauffé à la surface du globe, s'élève, se dilate et se refroidit, soit par sa dilatation, soit par un rayonnement plus libre à travers d'autres couches également raréfiées. Ce sont les courans ascendants et descendans de l'air qui conservent la température décroissante de l'atmosphère (1).

Le froid des montagnes est l'effet simultané, 1°. de la distance verticale plus ou moins grande des couches d'air à la surface des plaines et de l'Océan; 2°. de l'extinction de la lumière qui diminue avec la densité des couches d'air superposées (2); 3°. de l'émission du calorique rayonnant, qui est favorisée par un air très-sec (3), très-froid et très-serein. La température moyenne de nos plaines actuelles serait abaissée si les mers éprouvaient une diminution d'eau considérable; les plaines des continens devien-

(1) *Leslie on Moisture and Heat*, p. 11; et *Elem. of Geometry*, ed. sec., p. 495-496.

(2) Humb., sur les réfractons. au-dessous de 10°. (*Observations astronomiques*, T. I, p. 126.)

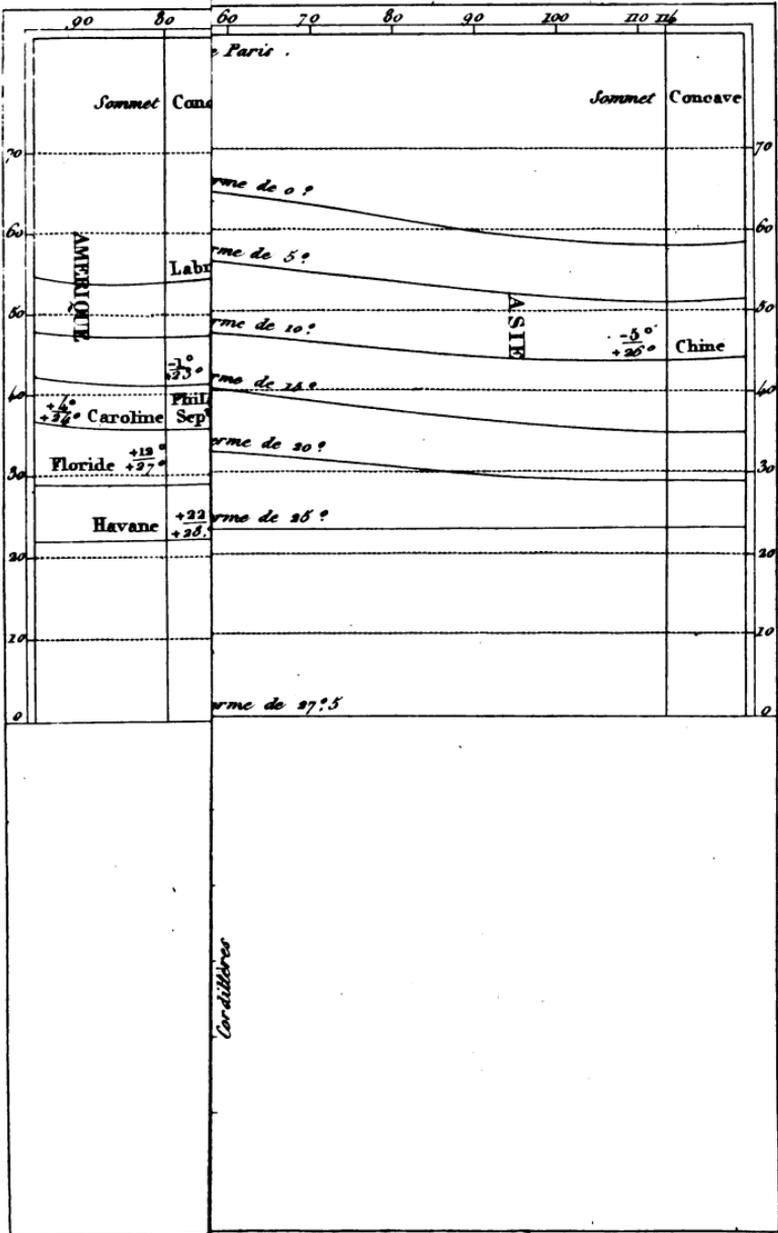
(3) *Wells on Dew*, p. 50.

draient alors des plateaux, et l'air qui repose sur ces plateaux, serait refroidi par les couches d'air circonvoisines qui, au même niveau, ne recevraient qu'une moindre portion de la chaleur, émise par le fond desséché des mers.

Le tableau suivant renferme les résultats des observations que j'ai faites, près de l'équateur, dans les Andes de Quito et vers l'extrémité boréale de la zone torride, dans les Cordilières du Mexique. Ces résultats sont les vraies moyennes, telles que les donnent, soit les observations stationnaires faites pendant plusieurs années, soit les observations isolées. On a eu égard dans ces dernières à l'heure du jour, à la distance des solstices, à la direction du vent et aux effets de la réverbération des plaines.

| HAUTEURS au-dessus du niveau de L'Océan. | CORDILIÈRES DES ANDES, de 10° de latitude boréale à 10° de latitude australe. | | MONTAGNES DU MÉXIQUE de 17° à 21° de lat. boréale. | |
|---|--|--|--|---|
| | TEMPÉRATURE moyenne de l'année. | EXEMPLES qui peuvent servir de type. | TEMPÉRATURE moyenne de l'année. | EXEMPLES qui peuvent servir de type. |
| 0. (On a ajouté de mille à mille m. une hauteur comparative.) | 27° 5 | Cumana (10 mètr.), de jour 26°—30°, de nuit 22°—25°,5; max. 32°,7; min. 21°,2. Températ. moyenne 27°,7. | 26° 0 | Vera-Cruz (0 mètr.), de jour 27°—30°, de nuit 25°,7—28° en été; 19°—24°, et 18°—22° en hiv. Temp. m. 25°,4. |
| 500 t. (974 mètr.) Vésuve 1180 m. | 21° 8 | Caracas (886 mètr.), de jour 18°—23°, de nuit 16°—17°; max. 25°,7; min. 12°,5. Tem- pérature moy. 20°,8. Guaduas (1149 mètr.); tempér moy. 19°,7. | 19° 8 | Xalapa (1320 mètr.), temp. moy. 18°,2 en hiver, de jour 14°—15°; Chilpantzingo (1379 mètr.), sur un plateau qui rayonne, tempér. moyenne 20°,6. |
| 1000 t. (1949 mètr.) Hospice du St. Gothard, 2075 mètres. | 18° | Popayan (1773 mètr.), de jour 19°—24°, de nuit 17°—18°; température moy. 18°,7. Santa-fé de Bogota (2659 mètr.); températ. moy. 14°,3, de jour 15°—18°, de nuit 10°—12°; min. + 2°,5. | 18°, 0 | Valladolid de Mé- choacan (1950 mètr.), tempér. moy. 19°—20°; Mexico (2277 mètr.), de jour 16°—21°, de nuit 13°—15°; dans les mois les plus chauds : 11°,5 —15°, et 0° à + 7° dans les mois les plus froids. Tempér. moy. 17°. |
| 1500 t. (2923 mètr.) Canigou, 2780 m. | 14° 3 | Quito (2908 mètr.), de jour 15°,6—19°,3, de nuit 9°—11°; max. 22°; min. 6°. Tempér. moy. 14°,4 | 14° 0 | Toluca (2690 mètr.); tempér. moy. 15°; au Nevado de Toluca (3408 mètr.); source 9°. |
| 2000 t. (3898 mètr.) Pic de Téné- riff, 3710 m | 7° 0 | Micupampa (3618 mètr.), de jour 5°—9°, de nuit + 2 à — 6°,4; les Paramos (3500 m.), en général t. m. 8°,4. | 7° 5 | Au Nivado de Toluca (3713 mètr.), en sept., midi, 11°,5; au Coffre de Perote (3700 mètr.), en fév., à 9 h., 10°,2. |
| 2500 t. (4872 mètr.) Mont-Blanc, 4775 mètr. | 1° 5 | A la limite infér. des neiges perpét. (4800 mètr.), de jour 4°—8°, de nuit — 2° à — 6°; au Chimborazo (5880 m.), en juin, à 1 heure, j'ai vu le therm. à — 1°,6. | 1° 0 | Au Pic del Fraile (4621 mètr.), j'ai vu le therm. en septembre, à midi, à + 4°,3. |

Humboldt



Les moyennes que donnent les observations mexicaines, sont peu différentes de celles qu'offrent les observations des Cordilières. Lorsque les différences et les concordances atteignent un demi-degré, elles peuvent être regardées comme purement accidentelles. La longueur des jours est plus inégale, par les 20° de latit., mais les neiges perpétuelles ne descendent pas 200 mètr. plus bas que sous l'équateur. Comme les Cordilières de la Nouvelle-Grenade, de Quito et du Pérou, offrent un plus grand nombre de points où l'on a fait des observations stationnaires, je réunirai ici les températures moyennes que nous avons fait connaître avec quelque certitude, M. Caldas (1) et moi, et qui appartiennent toutes à une zone comprise entre les parallèles de 10° nord et 10° sud.

Côtes de Cumana, 27°—28° ; Tomependa (riv. des Amazones, haut. 390 mètres) 25°,8 ; Antioquia (508 mètres) 25° ; Neiva (519 mètr.) 25° ; Tocayma (482 mètres) 27°,5 ; Caripe (902 mètres) 18°,5 ; Caracas (886 mètres) 20°,8 ; La Plata (1048 mètres) 23°,7 ; Carthago (960 mètres) 23°,8 ; Guaduas (1150 mètres)

(1) Je me suis servi des températures moyennes et des mesures barométriques, publiées à Santa-Fé de Bogota, par MM. Caldas et Restrepo, dans le *Semanario del N. R. de Granada*, T. I, p. 273 ; T. II, p. 93-341.

19°,7 ; La Meza (1288 mètres) 22°,5 ; Medellin (1481 mètres) 20°,5 ; Estrella (1721 mètres) 18°,8 ; Popayan (1773 mètres) 18°,7 ; Loxa (2090 mètres) 18° ; Almáguer (2260 mètres) 17° ; Pamplona (2444 mètres) 16°,2 ; Alausi (2430 mètres) 15° ; Pasto (2533 mètres) 14°,6 ; Santa-Rosa (2579 mètres) 14°,3 ; Santa-Fé de Bogota (2659 mètres) 14°,3 ; Hambato (2698 mètres) 15°,8 ; Cuenca (2632 mètres) 15°,6 ; Caxamarca (2860 mètres) 16° ; Quito (2908 mètres) 14°,4 ; Tunja (2903 mètres) 13°,7 ; Llactacunga (2888 mètres) 15° ; Riobamba Nuevo (2891 mètres) 16°,2 ; Plateau de los Pastos (3079 mètres) 12°,5 ; Malbasa (3040 mètres) 12°,5 ; les Paramos (3500 mètres de hauteur) 8°,5 ; et la limite inférieure des neiges perpétuelles (4800 mètres) + 1°,6.

Ces trente-deux points ne sont pas des points isolés, comme le seraient des ballons fixés dans l'Océan aérien sur une hauteur perpendiculaire de 5000 mètres ; ce sont des stations prises sur la pente des montagnes, sur cette partie de la masse solide du globe, qui, en forme de mur ou d'arête, s'élève dans les hautes régions de l'atmosphère. Or ces montagnes ont à chaque hauteur, outre le climat général, des climats particuliers modifiés par le rayonnement des plateaux ; l'es-

carpement du terrain, la nudité du sol, l'humidité des forêts, les courans qui descendent des cimes voisines.

Sans connaître les localités, on remarquerait l'effet de ces causes perturbatrices, en comparant, dans le tableau précédent, les températures moyennes qui correspondent aux mêmes hauteurs : mais la discussion de ces observations prouverait aussi que l'étendue des variations est beaucoup moindre qu'on ne le croit communément. Lorsqu'on examine trente-deux températures, d'après l'hypothèse qu'un degré de refroidissement correspond à 200 mètres, on retrouve, par la température des lieux élevés, vingt-six fois celle des plaines, qui est de 27° à 28° . Six fois seulement les températures diffèrent de plus de 2° , et les erreurs d'évaluations se combinent avec les effets des localités. L'air qui repose sur les plateaux des Andes se mêle à la grande masse de l'atmosphère libre, dans laquelle règne, sous la zone torride, une stabilité de température surprenante. Quelque énorme que soit le massif des Cordilières, il ne peut agir que faiblement sur des couches d'air qui se renouvellent sans cesse. D'un autre côté, si les plateaux s'échauffent pendant le jour, ils rayonnent d'autant plus pendant la nuit ; car

c'est justement sur ces plaines, élevées de 2700 mètres au-dessus du niveau de la mer, que le ciel est le plus pur et le plus constamment serein. Au Pérou, par exemple, le magnifique plateau de Caxamarca dans lequel le froment donne le 18^e, l'orge le 60^e grain, a plus de 12 lieues carrées d'étendue; il est uni comme le fond d'un lac, et abrité par un mur circulaire de montagnes dépourvues de neiges. Sa température moyenne est de 16° : cependant, le froment y gèle souvent de nuit; et dans une saison où le thermomètre descendait avant le lever du soleil à 8°, je l'ai vu monter de jour à l'ombre à 25°. Dans les vastes plaines de Bogota, qui sont de 200 mètres moins élevées que celle de Caxamarca, la température moyenne, constatée par les belles observations de M. Mutis, s'élève à peine à 14°,3.

En comparant les villes situées sur des plateaux à celles qui sont placées sur l'escarpement des montagnes, je trouve pour les premières une augmentation de température qui, à cause du rayonnement nocturne, n'excède pas 1°,5 à 2°,3. Cette augmentation est un peu plus grande dans les basses régions des Andes, dans ces larges vallées dont le fond uni atteint quatre à cinq cent mètres d'élévation absolue, principalement dans la vallée de la Madeleine entre Neiva et Honda.

On est frappé de trouver au milieu des montagnes des chaleurs qui égalent celles des plaines, et qui sont d'autant plus insupportables, que l'air de ces vallées n'est presque jamais agité par le vent. Cependant, si l'on compare les températures moyennes de ces mêmes lieux à celles des couches de l'atmosphère libre, ou de la pente des montagnes, on les trouve seulement de 2°—3° plus élevées. D'après ces considérations, on peut ajouter quelque confiance aux quatre résultats que nous avons tirés d'un si grand nombre d'observations pour les hauteurs normales de 1000, 2000, 3000 et 4000 mètres. Je m'en suis tenu à une simple moyenne arithmétique, et à la compensation fortuite des irrégularités; car je n'aurais pu éviter l'emploi d'une hypothèse sur le décroissement du calorique si j'avais voulu réduire à la hauteur normale les hauteurs qui en approchent le plus. J'ai ajouté les observations que m'a fournies la connaissance intime des localités.

Pour 1000 mt. de hauteur :

| | | |
|---|---------|--------|
| Couvent de Caripe (forêts épaisses et humides) | 902 mt. | 18°.5. |
| Caracas (ciel brumeux, vallée peu étendue) | 886 | 20.8. |
| La Plata (vallée très-chaude, communiquant à celle de l'Alto-Magdalena) | 1048 | 23.7. |
| Carthago (vallée très-chaude du Cauca) | 960 | 23.8. |
| | <hr/> | <hr/> |
| | 949 mt. | 21°.7. |

Pour 2000 mt. de hauteur :

| | | |
|--|----------|-------|
| Loxa (plateau de peu d'étendue). | 2090 mt. | 18°.0 |
| Almaguer (escarpemens couverts d'une épaisse végétation). | 2260 | 17.0 |
| Popayan (petit plateau peu élevé au-dessus de la vallée du Cauca). | 1775 | 18.7 |
| | <hr/> | |
| | 2041 mt. | 17.9 |

Pour 3000 mt. de hauteur :

| | | |
|--|----------|--------|
| Caxamarca (plateau très-étendu, ciel serein). | 2860 mt. | 16°.0 |
| Quito (au pied de Pichincha, vallée étroite). | 2908 | 14.4 |
| Tunja (montagnes de la Nouvelle-Grenade). | 2903 | 13.7 |
| Malvasa (plaines élevées, refroidies par les neiges du volcan de Puracé). | 3040 | 12.5 |
| Los Pastos (plateau très-froid, sur lequel s'élèvent des cimes couvertes de neiges). | 3079 | 12.5 |
| Llactacunga (vallée tempérée). | 2888 | 15.0 |
| Riobamba Nuevo (plaine aride de Tapia, couverte de pierres ponce). | 2891 | 16.2 |
| | <hr/> | |
| | 2958 mt. | 14°.5. |

Entre les tropiques, les Cordilières sont le centre de la civilisation et de l'industrie des Espagnols-Américains : elles sont peuplées jusqu'à plus de 4000 mètres de hauteur ; et un petit nombre d'observations faites sur le dos des Andes, donne une idée suffisamment exacte de la température moyenne de l'année. En Europe, au contraire, dans la zone tempérée, les hautes montagnes sont en général peu habitées. L'abaissement de la ligne isotherme 0°

y fait cesser la culture des céréales au point où elle commence dans les Cordilières. Les habitations stationnaires sont rares au-delà de 2000 mètres de hauteur ; et , pour juger avec quelque précision de la température moyenne des couches d'air superposées , il faut pouvoir réunir au moins 730 observations thermométriques faites dans le cours d'une année (1).

| LIEUX situés entre 46°—47° de latitude boréale. | ÉLÉVATIONS. | | TEMPÉRATURE MOYENNE | | |
|---|-------------|---------|---------------------|------------------------------|------------------------------|
| | Mètres. | Toises. | de l'année. | du mois le plus froid. | du mois le plus chaud. |
| Niveau de la mer. | 0 | 0 | 12°,0. | + 2°,4. | 21°,0. |
| Genève. | 359 | 180 | 9,8 | + 1,2 | 19,2 |
| Tégernsée. | 744 | 382 | 5,8 | — 5,5 | 15,2 |
| Peissenberg. | 995 | 511 | 5,0 | — 6,2 | 13,9 |
| Chamouni. | 1028 | 528 | 4,0 | | 13,0 |
| Hospice du Saint- Gothard. | 2076 | 1065 | — 0,9 | — 9,4 | 7,9 |
| Col-de-Géant . . . | 3436 | 1763 | — 6,0 | | 2,5 |

(1) Des hauteurs de 400 mètres paraissent influencer d'une manière sensible sur la température moyenne, lors même

En comparant la température moyenne des couches d'air superposées, je trouve que la ligne isotherme de 5°, qui, sous le parallèle de 45°, se trouve à 1000 mètres de hauteur, atteint les montagnes équatoriales à l'élévation absolue de 4250 mètres. On a cru pendant longtemps, d'après Bouguer, que la limite inférieure des neiges perpétuelles désignait partout une couche d'air dont la température moyenne était le point de la congélation, ou (pour nous servir d'une expression plus directe) que la

que de grandes portions de pays s'élèvent progressivement. Pour constater cette influence, j'ai examiné la température des lieux placés presque au niveau de l'Océan, sous les mêmes parallèles. *Bude* : latit. 47°.29' ; haut. 156 mt. ; tempér. annuelle 10°,6. *Paris* : lat. 48°.50' ; haut. 34 mt. ; temp. 10°,6. *Vienne* : lat. 48°.12' ; haut. 171 mt. ; température 10°,3. *Manheim* : latit. 49°.20' ; haut. 117 mètres ; temp. 10°,1. Donc, presque au niveau de la mer, par les longitudes de Paris et de Bude, entre 47° et 48° de latit. ; temp. 10°,5 — 10°,8. Par ces mêmes longitudes : *Genève*, (359 mètres), 9°,6. *Berne* (535 mètres), 9°,6. *Zurich* (438 mètres), 8°,8. *Coire* (607 mt.), malgré les vents d'Italie, 9°,4. *Marschlinz* (559 mt.) chauffé par ces mêmes vents, 11°,1. *Munich* (522 mt.), 10°,4. On ne saurait méconnaître, en prenant les moyennes de ces résultats, l'influence des *petites hauteurs* ou des *plateaux très-étendus* sur l'abaissement de la température moyenne.

limite des neiges marquait la ligne isotherme zéro ; mais j'ai fait voir dans un mémoire (1) , lu à l'Institut en 1808 , que cette supposition est contraire à l'expérience. On trouve par la réunion de bonnes observations , qu'à la limite des neiges perpétuelles la température moyenne de l'air est sous l'équateur (4800 mt.) , $+ 1^{\circ},5$; dans la zone tempérée (2700 mt.) , $- 3^{\circ},7$; dans la zone glaciale , par les $68^{\circ} - 69^{\circ}$ de latitude (1050 mt.) , $- 6^{\circ}$. Comme la chaleur des hautes régions de l'atmosphère dépend du rayonnement des plaines , on conçoit que sous les mêmes parallèles géographiques on ne peut trouver , dans le système de climats transatlantiques (sur les pentes des Montagnes Rocheuses) , les lignes isothermes à la même hauteur au-dessus du niveau de l'Océan , que dans le système de climats européens. Les inflexions qu'éprouvent ces lignes tracées à la surface du globe , influent nécessairement sur leur position dans un plan vertical , soit qu'on réunisse dans l'Océan aérien les points placés sur les mêmes méridiens , soit qu'on ne considère que ceux qui ont une même latitude.

Nous avons essayé jusqu'ici de déterminer

(1) *Observations astronomiques*, T. I, p. 136.

les températures moyennes qui correspondent, sous l'équateur et par les 45° ou 47°, à des couches de l'atmosphère également élevées. Cette détermination se fonde sur des observations stationnaires ; elle indique l'état moyen de l'atmosphère. La physique générale a ses *éléments numériques*, comme le système du monde ; et ces éléments, si importants pour la théorie des mesures barométriques et pour celle des réfractions, seront perfectionnés à mesure que les physiciens dirigeront leurs travaux vers l'étude des lois générales.

| HAUTEUR en | | ZONE ÉQUATORIALE de 0°. — 10°. | | ZONE TEMPÉRÉE de 45°. — 47°. | |
|---------------|---------|-----------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| Toises. | Mètres. | Température moyenne. | Différences. | Température moyenne. | Différences. |
| 0 | 0 | 27°.5. | | 12°. | |
| | | | ... 5°.7. | | ... 7°.0. |
| 500 | 974 | 21.8 | | 5 | |
| | | | ... 3.4 | | ... 5.2 |
| 1000 | 1949 | 18.4 | | -0.2 | |
| | | | ... 4.1 | | ... 4.6 |
| 1500 | 2923 | 14.3 | | -4.8 | |
| | | | ... 7.3 | | |
| 2000 | 3900 | 7.0 | | | |
| | | | ... 5.5 | | |
| 2500 | 4872 | 1.5 | | | |

Ce tableau prouve , comme la théorie seule paraît déjà l'indiquer , que , dans l'état moyen de l'atmosphère , la chaleur ne décroît pas uniformément dans une progression arithmétique. Dans les Cordilières , et ce fait est extrêmement curieux , on voit le décroissement se ralentir entre 1000 et 3000 mètres , surtout entre 1000 et 2500 mètres de hauteur , et puis s'accélérer de nouveau de 3000 à 4000 mètres. Les couches où le décroissement atteint son maximum et son minimum, offrent des rapports comme 1 à 2. Depuis la hauteur de Caracas à celle de Popayan et de Loxa , 1000 mètres produisent une différence de 3°,5 ; depuis Quito jusqu'à la hauteur de Paramos , les mêmes 1000 mètres font changer la température moyenne de plus de 7°. Ces phénomènes tiennent-ils uniquement à la configuration des Andes , ou sont-ils l'effet de l'accumulation des nuages dans l'Océan aérien ? En se rappelant que les Andes forment un énorme massif de 3600 mètres de hauteur , sur lequel s'élèvent des pics ou des dômes isolés et couverts de neiges éternelles , on conçoit comment , depuis le point où la masse de la chaîne diminue si brusquement , la chaleur décroît aussi avec rapidité. Il n'est pas facile d'expliquer par une cause analogue pourquoi

le refroidissement progressif se ralentit entre 1000 et 2000 mètres. Les grands plateaux des Cordilières ne commencent qu'à 2600 ou 2900 mètres de hauteur ; et je pense que la lenteur avec laquelle décroît la chaleur dans la couche d'air , entre 1000 et 2000 mètres , est le triple effet de l'extinction de la lumière ou de l'absorption des rayons dans les nuages , de la formation de la pluie , et de l'obstacle que les nuages opposent au libre passage du calorique rayonnant. La couche d'air dont nous parlons, est la région dans laquelle sont suspendus les gros nuages , ceux que les habitans des plaines voient au-dessus de leur tête. Le décroissement de la chaleur, très-rapide depuis ces plaines jusqu'à la région des nuages , se ralentit dans cette dernière région ; et si ce ralentissement se manifeste beaucoup moins dans la zone tempérée , c'est sans doute parce qu'à égale hauteur , l'effet du rayonnement y est moins sensible qu'au-dessus des plaines brûlantes de la zone équinoxiale. D'ailleurs , dans les deux zones , le refroidissement paraît suivre la même loi dans des couches d'air d'égale température : mais la force du rayonnement varie avec la température des couches rayonnantes.

Les résultats que nous venons de discuter

méritent la préférence sur ceux que l'on déduit d'observations faites pendant des excursions à la cime de quelques hautes montagnes. Les premiers donnent pour la zone équinoxiale (de 0 à 4900 mètres), un degré de refroidissement par 187 mètres (1) ; pour la zone tempérée (de 0 à 2900 mètres), un degré par 174 mt. ; les derniers donnent pour la zone équinoxiale ,

(1) C'est le résultat moyen ou la mesure de la distribution de la chaleur dans toute la colonne d'air. Les résultats partiels sont pour le dos des Andes 1° de refroidissement, correspondant à 170 mètres, entre 0 — 1000 mètr. de hauteur ; à 294 mètres, entre 1000 et 2000 mètres ; à 232 mètres, entre 2000 et 3000 mt. ; à 131 mt., entre 3000 — 4000 m. de hauteur ; à 180 mètres, entre 4000 — 5000 mètres. On reconnaît dans ces nombres, comme dans le tableau donné ci-dessus, l'influence de la région des nuages sur le décroissement du calorique. Pour prouver l'utilité de ces rapports numériques, je donnerai ici le calcul approximatif de la hauteur du plateau Thibétain, déduit de la température moyenne du seul mois d'octobre, qui est, d'après M. Turner, de 5°,7. Comme, par la latitude de Tissoolumbo (latit. 29°), la température moyenne des plaines est de 21°, et qu'au Mont Saint-Gothard, la température moyenne du mois d'octobre est même un peu au-dessus de celle de l'année entière, il est probable que le plateau du grand Thibet excède 2900 à 3000 mètres. Voyez mon *Mémoire sur les montagnes de l'Inde*, dans les *Annales de Chimie et de Physique*, 1817.

un degré par 190 mètres ; pour les parallèles de 45° à 47° , un degré de refroidissement par 160 — 172 mètres (1). Cette harmonie est sans doute bien remarquable : elle l'est d'autant plus, qu'en comparant aux observations stationnaires les observations isolées, on confond l'état moyen de l'atmosphère pendant le courant d'une année, avec le décroissement qui correspond à telle ou telle saison, ou à telle ou telle heure du jour. M. Gay-Lussac a trouvé dans son mémorable voyage aérostatique de 0 à 7000 m., un degré par 187 mètres, près de Paris, à une époque où la chaleur des plaines était à peu près égale à celle de la région équinoxiale. C'est à cause de cette égalité observée dans le décroissement du calorique *en partant d'une même chaleur normale des plaines*, que les réfractions astronomiques correspondant à des angles au-dessous de 10° , ont été trouvées les mêmes sous l'équateur et dans les climats tempérés. Ce résultat, contraire à la théorie de Bouguer, est confirmé par les observations que j'ai faites dans l'Amérique

(1) Saussure, pour l'été 160 mt., pour l'hiver 230 mt., pour l'année entière 195 mètres. M. Ramond, 164 mètres. M. D'Aubuisson, 173 mètres. (*Jour. de Phys.*, T. LXXI, p. 37 ; *De la Form. barométr.*, p. 189 ; et mon *Recueil d'Obs. astron.*, T. I, p. 129.)

méridionale , et par celle de Maskelyne à l'île de la Barbade , calculées par M. Oltmanns.

Nous venons de voir qu'entre les tropiques , sur le dos des Cordilières , on trouve à 2000 m. d'élévation , je ne dirai pas le climat , mais la température moyenne de la Calabre et de la Sicile : dans notre zone tempérée , par les 46° de latitude , on rencontre à la même élévation la température moyenne de la Laponie (1). Cette comparaison nous conduit à la connaissance exacte des rapports numériques entre les hauteurs et les latitudes , rapports que l'on trouve indiqués avec peu de précision dans les ouvrages de géographie-physique. Voici les résultats que je trouve d'après les données les plus exactes : dans la zone tempérée , depuis les plaines jusqu'à 1000 mètres de hauteur , chaque centaine de mètres d'élévation perpendiculaire diminue la température moyenne de l'année , de la même

(1) La température variant très-peu pendant l'année entière sous la zone équinoxiale , on peut se former une idée assez précise des climats des Cordilières , en les comparant à la température de certains mois en France ou en Italie. On trouve dans les plaines de l'Orénoque , le mois d'août de Rome ; à Popayan (911 toises) , le mois d'août de Paris ; à Quito (1492 toises) , le mois de mai ; dans les Paramos (1800 toises) , le mois de mars de Paris.

quantité qu'un changement d'un degré de latitude en avançant vers les pôles. Si l'on ne compare que les températures moyennes de l'été, les premiers 1000 mètres équivalent à $0^{\circ},45$. De 40° à 50° de latitude, la chaleur moyenne des plaines décroît en Europe de 7° du thermomètre centigrade, et ce même décroissement de température à lieu, sur la pente des Alpes de la Suisse, de 0 à 1000 mètres de hauteur.

| DIFFÉRENCES DE LATITUDE, comparées aux différences de hauteur. | CHALEUR MOYENNE de l'année. | CHALEUR MOYENNE de l'été. | CHALEUR MOYENNE de l'automne. |
|---|-----------------------------------|---------------------------------|--|
| I. Au niveau de la mer : | | | |
| a) Latitude, 40° . . . | $17^{\circ},5$. | 25° | 17° |
| b) Latitude, 50° . . . | $10,5$ | 18 | |
| II. A la pente des mon- tagnes : | | | |
| a) Au pied, par 46° de latitude. | 12 | 20 | 11 |
| b) A 1000 mètres de hauteur. | 5 | 14,7 | 6 |

Ces rapports numériques sont déduits d'observations faites sur la température de l'air. Nous ne pouvons mesurer la quantité de cha-

leur produite par les rayons solaires dans le parenchyme des plantes , ou dans l'intérieur des fruits qui se colorent en mûrissant. La belle expérience de MM. Gay-Lussac et Thénard , la combustion du chlore et de l'hydrogène , prouve combien est puissante l'action qu'exerce la lumière directe sur les molécules des corps. Or comme l'extinction de la lumière est moindre sur les montagnes , dans un air sec et raréfié , le maïs , les arbres fruitiers et la vigne prospèrent encore à des hauteurs , que , d'après nos observations thermométriques faites dans l'air et loin du sol , on devrait croire trop froides pour la culture de ces plantes utiles à l'homme. En effet , M. De Candolle , auquel la géographie des végétaux doit tant d'observations précieuses , a vu cultiver dans la France méridionale la vigne à 800 mètres de hauteur absolue , quand , sous le même méridien , cette culture avançait à peine 4° de latitude vers le Nord ; de manière qu'en ne considérant que les rapports de la physique agricole en France , une élévation de 100 mètres paraîtrait répondre non à 1°, mais à 1/2 degré en latitude (1).

(1) Voyez mes *Prolegomena de distrib. plant.* , p. 151-163. Les petites différences entre les nombres rapportés

Je terminerai ce Mémoire par l'énumération des résultats les plus importants que nous avons obtenus, MM. de Buch, Wahlenberg et moi, sur la distribution de la chaleur dans l'intérieur de la terre, depuis l'équateur jusqu'à 70° de latitude nord, et depuis les plaines jusqu'à 3600 mètres d'élévation. Je me bornerai à énoncer des faits. La théorie qui lie ces phénomènes se trouve exposée dans le bel ouvrage analytique dont M. Fourier va bientôt enrichir la philosophie naturelle. On mesure la température intérieure du globe, soit par la température des souterrains, soit par celle des sources. Ce genre d'observations est très-susceptible d'erreurs, si le voyageur ne donne pas l'attention la plus minutieuse aux circonstances locales qui peuvent altérer les résultats (1). L'air refroidi s'accumule dans les cavernes qui com-

dans les *Prolegomena*, et dans ce Mémoire rédigé postérieurement, doivent être attribués au désir constant que j'ai de perfectionner les *résultats moyens*.

(1) Léop. de Buch, dans la *Bibliot. brit.*, T. XIX, p. 263. — Saussure, *Voyages*, §. 1418. — Wahlenberg, *De Veget. Helvet.*, Pl. LXXVII-LXXXIV. — Gilbert, *Annales*, 1812, p. 150, 160, 277. — Lambert, *Pyromét.*, p. 296. Le D. Roebuck paraît avoir eu, en 1775, les pre-

muniquent avec l'atmosphère par des ouvertures perpendiculaires. L'humidité des rochers abaisse la température par l'effet de l'évaporation. Des cavernes peu profondes s'échauffent plus ou moins d'après la couleur, la densité et le mélange des couches pierreuses dans lesquelles la nature les a creusées. Les sources indiquent un trop grand abaissement de température, si elles descendent avec rapidité d'une hauteur considérable sur des couches inclinées. Il y en a sous la zone torride et dans nos climats, qui ne changent pas de température dans toute l'année de deux ou trois dixièmes de degrés : il y en a d'autres qui n'indiquent la température moyenne de la terre que lorsqu'on les examine de mois en mois, et qu'on prend la moyenne de toutes les observations.

On remarque que, du cercle polaire à l'équateur, et du dos des montagnes vers les plaines, l'accroissement progressif de la chaleur des sources diminue avec la température moyenne de l'air ambiant. L'intérieur de la terre est à Vadso en Laponie (latit. 70°), 2°, 2 ; à Berlin

mières notions exactes sur la température des sources, et sur ses rapports avec la température moyenne de l'air. *Phil. Trans.*, Vol. LXV, p. 461.)

(lat. $52^{\circ}.31'$), $9^{\circ},6$; à Paris (lat. $48^{\circ}.50'$), 12° ; au Caire (lat. $30^{\circ}.2'$), $22^{\circ},5$. Dans l'Amérique équinoxiale, je l'ai trouvé, dans les plaines, de 25° à 26° . Voici des exemples de décroissement du calorique dans l'intérieur de la terre, depuis les plaines jusqu'à la cime des montagnes. En Suisse, près de Zurich, source d'Ulberg (467 mètres), $9^{\circ},4$. Source du Roffboden au Saint-Gothard (2136 mt.), $3^{\circ},5$. Entre les tropiques, j'ai trouvé les sources près de Cumanacoa (350 mètres), $22^{\circ},5$; à Montferrate, au-dessus de Santa-Fé de Bogota (3256 mètres), $15^{\circ},5$; dans la mine de Hualgayoc, au Pérou (3585 mètres), $11^{\circ},8$.

Dans les plaines, et jusqu'à 1000 mètres de hauteur, entre les parallèles de 40° à 45° , la température moyenne de la terre est à peu près égale à celle de l'air ambiant; mais les observations très-précises de MM. de Buch et Wahlenberg, tendent à prouver que dans les hautes latitudes, comme vers la cime des Alpes de la Suisse, au-delà de 1400 à 1500 mètr. de hauteur, les sources et la terre sont de 3° plus chaudes que l'air.

| ZONE DE 30° — 55°. | Temp. moy. de l'air. | Intér. de la terre. |
|--|---------------------------------|--------------------------------|
| Caire, (lat. 30°.2') | 22°,6. | 22°,5. |
| Natchez, (lat. 31°.28') | 18,2 | 18,3 |
| Charleston, (lat. 33°) | 17,3 | 17,5 |
| Philadelphie, (lat. 39°.56') | 11,9 | 11,2 |
| Genève, (lat. 46°.12') | 9,6 | 10,4 |
| Dublin, (lat. 53°.21') | 9,5 | 9,6 |
| Berlin, (lat. 52°.31') | 8,5 | 9,6 |
| Kindal, (lat. 54°.17') | 7,9 | 8,8 |
| Keswick, (lat. 54°.33') | 8,9 | 9,2 |

ZONE DE 55° — °.

| | | |
|--------------------------------------|------|------|
| Carlsrone, (lat. 56°.6') | 7,8 | 8,5 |
| Upsala, (lat. 59°.51') | 5,5 | 6,5 |
| Uméo, (lat. 63°.50') | 0,7 | 2,9 |
| Vadsoc, (lat. 70°) | -1,3 | 2,2. |

A Enontekies, par les 68° 1/2 de latitude, la différence entre les températures moyennes de la terre et de l'air s'élève à 4°,3. Des différences analogues s'observent sur le dos des Alpes, au-dessus de 1400 mètres de hauteur. J'ai ajouté dans le petit tableau suivant les températures moyennes de l'atmosphère, en supposant avec M. Ramond le décroissement de 1° pour 164 mètres de hauteur, et en plaçant la température zéro (d'après les observations faites à l'hospice du Saint-Gothard) à 1950 m. d'élévation.

| | | |
|----------------------------|--------------|-------------|
| Rigi, Kaltebad (1438 m.) | Source. 6°,5 | Air... 3°,4 |
| Pilate (1481 m.) | 5,0. | 3,0 |
| Blancke Alp .. (1764 m.) | 3,0. | 2,1 |
| Roszboden ... (2136 m.) | 3,5. | -0,9 |

On pourrait objecter que , dans les Alpes de la Suisse , la chaleur des sources n'a été mesurée que depuis le commencement de juin jusqu'à la fin de septembre , et que les différences entre l'air et l'intérieur de la terre disparaîtraient peut-être entièrement , si l'on connaissait la température des sources dans le courant de l'année entière : mais il ne faut pas oublier que les sources des Alpes n'ont pas varié dans l'espace de quatre mois à l'époque des observations de M. Wahlenberg ; que , parmi le petit nombre de sources peu abondantes qui offrent des variations de température dans les différentes saisons , ces variations s'élèvent déjà , depuis le mois de juin jusqu'en septembre , à 6 ou 8 degrés ; enfin que beaucoup d'autres sources , et surtout celles qui sont très-abondantes , ne varient pas , pendant une année entière , d'un quart de degré du thermomètre centésimal. Il me paraît par conséquent assez certain que , là où la terre reste couverte d'une couche épaisse de neiges pendant que la température de l'air s'abaisse à -15° ou -20° , la température de la terre est au-dessus de la température moyenne de l'air. Lorsqu'on songe combien est vaste la partie du globe couverte par l'Océan , et qu'on examine la température

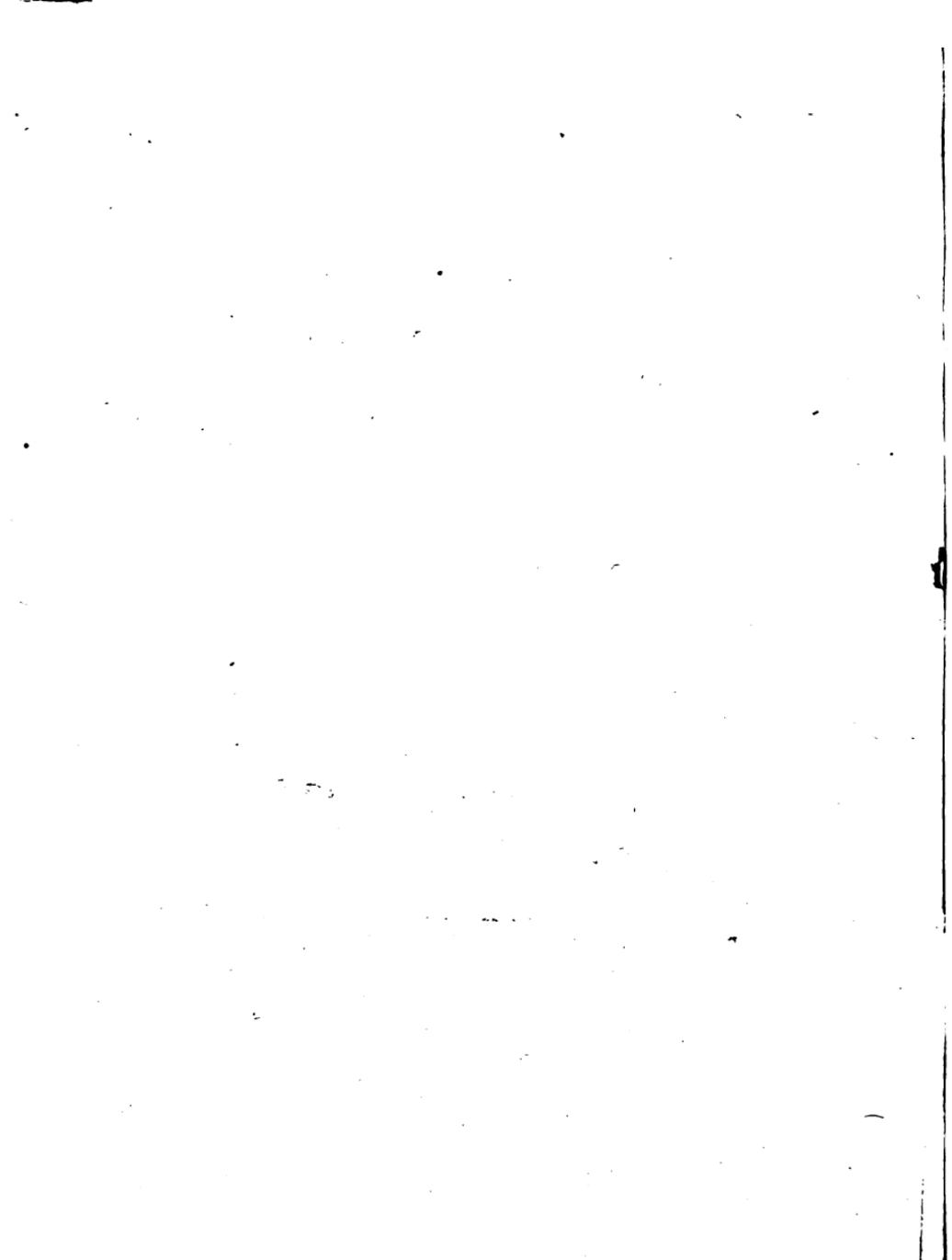
des couches d'eau les plus profondes (1), on est tenté d'admettre que dans des flots, le long des côtes, et peut-être même dans des continens de peu de largeur, la chaleur intérieure de la terre est modifiée par la proximité des couches pierreuses, sur lesquelles reposent les eaux de l'Océan.

J'ai considéré successivement dans ce Mémoire la distribution de la chaleur, 1°. à la surface du globe, 2°. sur la pente des montagnes, 3°. dans l'Océan, 4°. dans l'intérieur de la terre. En exposant la théorie des *lignes isothermes*, et leurs inflexions qui déterminent les différens *systèmes de climats*, j'ai tâché de réduire les phénomènes de température à des lois empiriques; ces lois paraîtront d'autant plus simples qu'on parviendra peu à peu à multiplier et à rectifier les élémens numériques qui sont les résultats de l'observation.

(1) Elles sont sous l'équateur de 22° plus froides, par les 70° de latitude nord de 9° plus chaudes que la température moyenne de l'atmosphère circonvoisine. A Funchal, dans l'île de Madère, la température des caves paraît être de 16°,2, par conséquent de 4° au-dessous de la température de l'air. (*Phil. Trans., for 1778, p. 372.*)

TION DORE.

| | | |
|------|------|---|
| 13,6 | 25,0 | ment 12°,7 (pour les 4 saisons : + 1°,1; 11°,7; . Coxe 12°,3. M. Legaux trouve par 17 années, °,9. Sources près Philadelphie 12°,7. Warden. |
| 12,5 | 27,1 | pend quelquefois à — 20° dans le parallèle de ature moyenne 10°,0. Williamsbourg en Virnsatlantiques. |
| 12,7 | 23,5 | s. Bonnes obser. de 1806-1813. Col. Mansfield. e (8 janvier 1797), — 27° par les 39° de lati- est, le tiers de tous les vents. Sources près Cin- dante entre lat. 40° — 42°. |
| 13,2 | 19,4 | bises; latitude 47°.19'; temp. moyenne 10°,5. 10°,7.) |
| 13,1 | 21,4 | orte? La Rochelle 11°,7. Poitiers 11°,5. |
| 12,4 | 29,1 | au-dessous de 0°, comme à Copenhague; l'été |
| 13,8 | 23,7 | décades les années 1789-1812. Obser. de l'as- es qui rapprochent le plus de la t. m. de l'an- octobre (12°,6). Les t. m. de janv. ont varié 25°,8; les moy. des ann., de 12°,5 à 14°. (Reg- 1798, t. m. 13°,0. <i>Ephém. Mil.</i> 1779, p. 82.) |
| 13,5 | 22,8 | isbonne, lat. 38°,52'; haut. 100 toises; temp. 5-158.) |
| 15,6 | 23,7 | therm. descend quelquefois à — 5°. (Cotte, dans <i>Mém. de la Soc. de Méd.</i> , 1777, p. 86.) 21, s'arrête à 14°,8; Kirwan à 16°,3. Les obs. les décider. |
| 16,1 | 25,7 | °,5; Arles 15°; Rieux 14°; Montauban 13°,1; l'équat. 14°,3 à 1500 t. de hauteur. |
| 17,1 | 25,0 | pend quelquefois à — 2°,5, et monte à 37°,5. e 16°,4; Tartini (trop fort); Lucques 15°,8; ; Padoue 13°,5. (Kirwan regarde comme très- 16°,6; par latitude 50°; de 11°,4.) |
| 18,0 | 25,0 | ontagnes. Evaluation un peu trop forte? |
| 17,9 | 30,5 | des îles.) Sous l'équat. 18° à 1000 t. de haut. |
| 18,9 | 26,5 | nbar. Syst. de climats transatlantiques. |
| 22,4 | 24,2 | érilffe 21°,9. Le reste de l'île de Ténériffe dans |
| 22,5 | 28,2 | onnes. (Bagdad, lat. 33°.10'; d'après Beau- °,7, 25°.0, mais reflet d'une maison. Le de haut: t. m. 21°,8. |
| 21,9 | 29,9 | , p. 213). Voici les temp. moy. des 12 mois : 6°,2; 22°,4; 17°,2; 16°,3. (Niebuhr 22°,6). es 27°,5. Puits de la grande Pyramide envi- rs. t. m. 25°,5; hiv. 17°,8; été 32°,7; juill 34°.) |
| 25,9 | 27,7 | , côtes 27°. Blagden.) |
| 26,1 | 28,8 | e 10 pieds de profond., l'air 24°,4; l'eau 23°.6. ottes 27°,5. Humb., <i>Obser. astr.</i> , T. I, p. 134. |
| 26,8 | 29,1 | 5°,6; Ile-de-France, côtes 26°.9.) |



| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |



Österreichische Nationalbibliothek



+Z17660840X

