

THÈSES
DE
CHIMIE ET DE PHYSIQUE

KAREK
GC
173
S25
1852

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS,

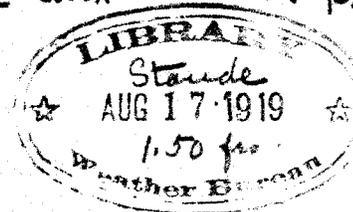
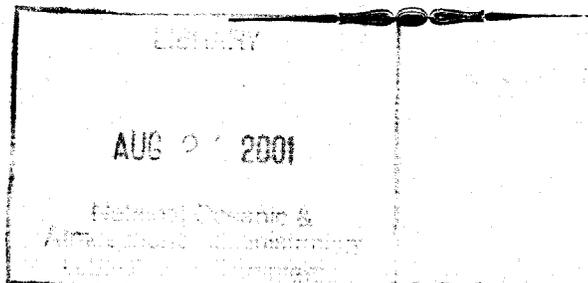
LE 22 NOVEMBRE 1852,

PAR

CH. SAINTE-CLAIRE DEVILLE.

Charles Joseph

*.....Études de météorologie aux Antilles. p.25-42



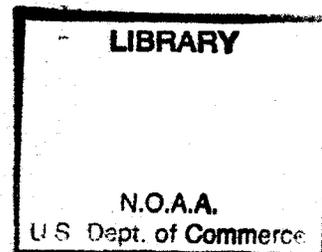
39786

PARIS,

TYPOGRAPHIE PLON FRÈRES,

36, RUE DE VAUGIRARD.

1852



National Oceanic and Atmospheric Administration

Climate Database Modernization Program

ERRATA NOTICE

One or more conditions of the original document may affect the quality of the image, such as:

Discolored pages
Faded or light ink
Binding intrudes into the text

This document has been imaged through the NOAA Climate Database Modernization Program. To view the original document, please contact the NOAA Central Library in Silver Spring, MD at (301) 713-2607 x124 or www.reference@nodc.noaa.gov.

LASON
Imaging Subcontractor
12200 Kiln Court
Beltsville, MD 20704-1387
March 28, 2002

ACADÉMIE DE PARIS.

FACULTÉ DES SCIENCES.

MM. MILNE EDWARDS, Doyen.

THENARD,
PONCELET,
BIOT,
DE MIRBEL,

Professeurs honoraires.

DUMAS,
CONSTANT PRÉVOST,
DESPRETZ,
STURM,
DELAFOSSE,
BALARD,
LEFÉBURE DE FOURCY,
LE VERRIER,
CHASLES.
DUHAMEL,
DE JUSSIEU,
GEOFFROY SAINT-HILAIRE,
LAMÉ,
DELAUNAY,

Professeurs.

VIEILLE,
BERTRAND,
DUCHARTRE,
MASSON,
PELIGOT,
PAYER,

Agrégés.

1876

A MON ILLUSTRE MAITRE

M. L. ÉLIE DE BEAUMONT.

Hommage de profonde reconnaissance.

CH. S.-C. DEVILLE.

THÈSE DE CHIMIE.

Des modifications du Soufre sous l'influence de la chaleur et des dissolvants.

Quelle que soit la nature intime de cet agent général qu'on appelle la *chaleur* ; quelle que soit l'idée théorique qu'on se fasse du rôle qu'il joue dans les corps, on peut concevoir que toute substance, à quelque état qu'on la considère, contient en combinaison et comme partie intégrante une certaine quantité de chaleur.

Dans cette hypothèse, en plaçant successivement le même corps dans des circonstances diverses, dont quelques-unes se reproduisent à volonté, dont les autres se manifestent, au contraire, avec une certaine irrégularité, on peut faire varier les quantités de chaleur qui font partie intégrante de ce corps, et chacune de ces variations, entraînant des changements dans la disposition de ses molécules, se traduit extérieurement par des modifications dans ses propriétés physiques et chimiques.

On peut citer une foule d'exemples de ce genre d'actions, qui comprend même, dans son énoncé le plus général, la plupart des phénomènes du dimorphisme.

C'est ainsi que l'arragonite se transforme, sous l'influence d'une température peu élevée, en chaux carbonatée, changeant à la fois de forme cristalline, de densité, de chaleur spécifique ; que l'acide arsénieux vitreux se transforme en acide arsénieux octaédrique moins soluble, et dégageant, pendant l'acte de la cristallisation, une quantité notable de chaleur ; que l'acide titanique, suivant qu'il a été soumis à trois degrés différents de température, acquiert trois densités différentes.

Mon but n'est point d'insister ici sur ces faits, que je ne cite que pour exemple, ni sur d'autres analogues et déjà connus. Je veux seulement faire remarquer qu'ils se résument tous assez bien, en admettant que chacun de ces corps possède un ou plusieurs états d'équilibre stable, qu'il conserve indéfiniment aussitôt qu'il y est arrivé naturellement ou artificiellement, et auquel il tend à revenir chaque fois que, par des opérations particulières, on l'en a écarté.

De tous les corps naturels, celui qui se prête le mieux à ce genre de recherches est incontestablement le soufre. A l'avantage d'être un corps simple, il joint ceux d'être très-abondant, facile à purifier et à manier et, enfin, d'offrir une étendue thermométrique considérable entre son point de fusion et son point d'ébullition. Aussi, depuis la belle découverte faite par M. Mitscherlich de l'incompatibilité qui existe entre les cristaux naturels de ce corps et ceux qu'on obtient par la fusion et le refroidissement, une foule de chimistes et de physiiciens, parmi lesquels on compte les plus éminents : MM. Faraday, Dumas, Despretz, Regnault, Person, Scheerer et Marchand, Favre et Silbermann, Fordos et Gélis, Frankenheim, Pasteur, Brame, etc., ont apporté un très-grand nombre de faits dont l'ensemble constitue encore pour le soufre une histoire tout anormale, jusqu'à ce que la loi qui les régit ressorte de l'étude de ces anomalies elles-mêmes.

J'ai réuni dans ce mémoire les résultats de mes propres recherches sur les transformations du soufre. Quelques-uns de ces résultats ont déjà été publiés par extraits (1); d'autres sont exposés ici pour la première fois.

Les divers phénomènes dont il s'agit ont entre eux un lien intime, bien qu'encore entouré d'une certaine obscurité, de telle sorte que l'opération qui amène l'un d'eux reproduit souvent les autres, et qu'il n'est pas toujours possible de les isoler pour les étudier à part. Néanmoins, pour plus de clarté, je les diviserai en quatre paragraphes distincts, et traiterai successivement :

Des variations de couleur résultant de la trempe;

De l'action de quelques dissolvants, et des formes diverses qu'y peut prendre le soufre sous l'influence de la température;

Des phénomènes qui se produisent pendant le refroidissement et l'échauffement du soufre;

Des variations dans la densité du soufre.

(1) Sur les variations de densité qu'on observe dans le soufre, en ses divers états, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXV, p. 857. Recherches sur quelques propriétés du soufre, *Comptes rendus*, t. XXVI, p. 446. Note sur quelques propriétés du soufre, *Comptes rendus*, t. XXXIV, p. 534. Recherches sur le dimorphisme et les variations du soufre, *Comptes rendus*, t. XXXIV, p. 564.

I.

VARIATIONS DE COULEUR.

Des variations de couleur accompagnent très-souvent les modifications moléculaires dont nous nous occupons.

Ainsi, les deux iodures de mercure dont M. Mitscherlich a fait connaître le dimorphisme, sont, l'un d'un beau rouge, l'autre d'un jaune clair.

M. Schrötter (1), dans son intéressant mémoire sur le phosphore amorphe, a fait voir que ce corps peut acquérir une coloration en rouge persistante.

On sait que si on chauffe le soufre au-dessus de son *maximum* d'épaississement et qu'on le coule dans l'eau, on obtient un soufre mou de teinte variable. On trouve dans le *Traité de chimie* de M. Dumas un tableau des colorations ainsi obtenues par une première trempée. J'ai complété ce tableau en multipliant les expériences. Pour cela, je chauffais le soufre dans un tube de verre placé dans un bain d'huile dont j'élevais progressivement la température, et je le coulais dans l'eau à 0° aussitôt qu'il avait atteint la température voulue. Le tableau suivant résume ces expériences :

Nos	TEMPÉRATURES.	SOUFRE CHAUD.	SOUFRE REFROIDI SUBITEMENT par immersion dans l'eau à 0°.
1	110°	Très-liquide, jaune.	Globulaire; très-friable; couleur ordinaire.
2	120°	Très-liquide, jaune.	Globulaire; très-friable; couleur ordinaire.
3	140°	Liquide, jaune foncé.	Globulaire; friable; couleur ordinaire.
4	150°	Commence à s'épaissir; jaune foncé.	Commence à former des filaments, mais ils sont cassants, jaune ordinaire.
5	170°	Épais, jaune orangé.	Filaments mieux formés, mais toujours cassants au sortir de l'eau.
6	180°	Visqueux, rougeâtre.	Jaune; filaments dont la ductilité persiste à peine quelques minutes.
7	190°	Plus visqueux, rougeâtre.	Même état que pour 180°.
8	200°	Très-visqueux, rougeâtre.	Ductile d'abord, mais devenu cassant après une demi-heure; jaune tirant au succin.
9	220°	Très-visqueux, rougeâtre.	D'abord mou et transparent; cassant après une demi-heure; couleur succin.
10	240°	Un peu moins visqueux, rougeâtre.	Très-ductible et transparent; couleur succin.
11	260°	Brun rougeâtre, un peu moins visqueux.	Très-mou et transparent; ductilité plus persistante; couleur succin un peu rougeâtre.
12	280°	Brun rouge, moins visqueux.	Très-mou et transpar.; couleur de vin de Malaga.
13	300°	Brun rouge, moins visqueux.	Même état, même coloration.
14	320°	Brun rouge, plus liquide.	Donne à peine des filaments; mou et transparent; même coloration.
15	330 à 340	Brun rouge, plus liquide	Même état, même coloration.

(1) Je dois faire observer que la note dans laquelle j'ai fait connaître à l'Académie des sciences les propriétés persistantes du soufre coloré et du soufre insoluble dans le sulfure de carbone, est antérieure à la publication du mémoire de M. Schrötter sur le phosphore.

Ainsi que le fait observer M. Dumas, on voit par ces expériences qu'il n'est nullement nécessaire, bien que tous les ouvrages de chimie indiquassent alors cette précaution, de chauffer le soufre ordinaire pendant longtemps pour obtenir le soufre mou. La seule condition à remplir consiste à amener le soufre à une température au moins égale à 220° ou 230°, et de le couler, en le divisant beaucoup, dans une masse d'eau assez considérable pour obtenir un refroidissement subit.

On voit aussi que, bien que pendant la fusion le liquide prenne une teinte d'un brun rouge, jamais, *par une première trempe*, le soufre mou n'acquiert une teinte supérieure à celle du succin foncé ou du vin de Malaga. L'intensité de cette teinte diminue même à mesure que la température à laquelle on a amené le soufre approche du point d'ébullition; enfin, quand on condense subitement le soufre en vapeur, comme on le fait dans la préparation de la fleur, on obtient le jaune franc. Après quelques jours, la teinte rougeâtre obtenue par cette première trempe a entièrement disparu pour les numéros 8 à 15. Néanmoins, la matière a conservé un aspect mat tout particulier, qui ne permet pas de confondre ces échantillons avec ceux d'un jaune franc, réfléchissant, qui provient des numéros 1 à 7.

Je me suis assuré que la coloration en rouge ne peut être obtenue en maintenant d'une manière continue un très-long temps la substance à un haut degré de température. Pour cela, j'ai entretenu pendant huit heures consécutives une même masse de soufre à une température constante de 300°, et j'ai coulé dans l'eau à 0° : la teinte du soufre solide a d'abord atteint celle du succin; mais, par le refroidissement, elle est revenue à ce jaune mat verdâtre particulier dont je viens de parler.

Il en est tout autrement si l'on soumet *plusieurs fois alternativement* la même masse de soufre à la chaleur et à un refroidissement brusque. La teinte obtenue dans ces conditions se fonce de plus en plus, jusqu'à ce qu'elle atteigne, dans le soufre *vu par transparence*, le rouge vineux qu'elle ne dépasse jamais; puis, lorsque le soufre est devenu opaque, cette coloration persiste indéfiniment, et a pour *maximum* le brun chocolat.

On voit donc qu'il y a ici quelque chose de particulier qui différencie le soufre du phosphore. Car, pour donner à ce dernier corps une teinte rougeâtre persistante, il suffit, d'après M. Schroetter, de le maintenir quelques heures à une température supérieure à 215°.

J'ai fait encore deux séries d'expériences pour savoir si la température à laquelle on amène le soufre avant les trempes successives a une influence sur la

rapidité avec laquelle on arrive au *maximum* de coloration. Dans l'une des séries, j'amenais constamment le soufre à 250°; dans l'autre, je l'amenais constamment à 300° avant de le couler dans l'eau à 0°. J'ai trouvé que le *maximum* de coloration s'obtenait après la septième trempe à 300°, tandis que, dans la première série, il fallait répéter l'expérience douze ou quinze fois avant d'obtenir ce *maximum*.

Une fois le soufre coloré, il ne perd plus sa teinte. Fondu de nouveau, même à la température de 410 degrés, et abandonné à un refroidissement lent, les cristaux prismatiques qu'il donne sont d'abord transparents et colorés en rouge vineux, puis, lorsqu'ils se transforment et deviennent opaques, ils conservent encore une teinte caractéristique. J'en possède qui ont cristallisé ainsi depuis cinq ans et qui ne l'ont point perdue.

Si l'on fond un mélange de ce soufre coloré et de soufre ordinaire, mais sans agiter la liqueur, et qu'on laisse le tout cristalliser, on distingue très-bien dans la masse cristalline les deux teintes qui ne se mélangent point : ce qui prouve que la forme cristalline n'en est nullement altérée, c'est qu'un même prisme peut être jaune à une extrémité, rougeâtre à l'autre.

Enfin, si l'on fond un mélange des deux soufres en agitant la liqueur, on voit que la teinte obtenue est intermédiaire, et il m'a paru qu'en mélangeant une petite quantité de soufre rouge au soufre ordinaire on accélérât beaucoup la transformation de celui-ci en soufre rouge.

Si, au lieu de laisser cristalliser lentement, on le coule dans l'eau, sans perdre sa teinte, il acquiert exactement les mêmes propriétés physiques que le soufre ordinaire, suivant la température à laquelle il est coulé. Ainsi, il est cassant et globulaire au-dessus de 180°, mou et élastique au-dessus de 220°, etc.

Cette coloration disparaît entièrement lorsqu'on fait passer le soufre rouge à l'état de vapeur. Ainsi, lorsqu'on coule du soufre rouge dans l'eau, toute la portion qui atteint ce liquide à l'état de vapeur entraînée mécaniquement se condense à la surface de l'eau en une matière jaune divisée qui n'est que la fleur de soufre.

II.

ACTION DE QUELQUES DISSOLVANTS ET FORMES DIVERSES QU'Y PEUT PRENDRE LE SOUFRE
SOUS L'INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE (1).

Sulfure de carbone. — Le sulfure de carbone, mis en contact avec un excès des diverses variétés de soufre, comme soufre octaédrique naturel et artificiel, soufre prismatique jaune ou coloré en rouge, récemment ou anciennement préparé, soufre en fleur, etc., en dissout constamment, à la température de 12°, les 0,35, ou, en nombre rond, le tiers de son poids. Le tableau suivant présente le résultat d'un assez grand nombre d'expériences.

NUMÉROS.	VARIÉTÉ DES SOUFRES.	Poids du soufre dissous par un gramme de sulfure de carbone.	TEMPÉ- RATURE.	Résidu non dissous en fractions du poids primitif.
1	Soufre octaédrique de Sicile.	0,335	12	Nul.
2	Soufre cristallisé à chaud, récemment préparé. . .	0,415	13	0,029
3	— préparé depuis 8 ans.	0,333	12	0,004
	— préparé depuis 9 ans.			0,020
	— préparé depuis 15 ans.			0,054
4	Soufre en aiguilles rougeâtres, récemment préparé.	0,382	12	0,023
5	Soufre mou jaune, récemment préparé.			0,353
6	— préparé depuis 2 ans.	0,316	11	0,157
7	Soufre mou rouge, récemment préparé.	0,374	11	
8	— préparé depuis 5 ans.			0,181
9	Soufre en fleur.	0,351	13	0,113
	Autre soufre en fleur.			0,234
10	Soufre en canon, partie extérieure.			0,029
	— partie intérieure.			0,073

Dans ce tableau, les nombres qui représentent la solubilité des soufres 2, 4 et 7 sont un peu supérieurs aux autres. Mais cet excès me paraît uniquement dû à ce que ces variétés contiennent le soufre incristallisable dont il va être question, lequel retient le sulfure de carbone avec une persistance telle qu'il est extrêmement difficile d'en séparer les dernières parties.

(1) Le titre de ce paragraphe indique assez que mon but n'était point d'étudier la solubilité pour elle-même du soufre dans différents liquides. M. Payen a publié sur ce sujet, et à un point de vue tout différent de celui qui nous occupe, des détails extrêmement intéressants (*Comptes rendus*, t. XXXIV, p. 453 et 508).

On voit encore 1° que les soufres octaédriques naturels et artificiels s'y dissolvent sans résidu ; 2° que toutes les autres variétés, sans exception, laissent un résidu.

Les soufres prismatiques obtenus par fusion, récemment préparés, ou déjà opacifiés, épuisés par le sulfure de carbone jusqu'à ce que ce dissolvant n'en enlève plus sensiblement, laissent un résidu blanchâtre qui n'a jamais dépassé les 0,05 du poids primitif. Lorsqu'on opère sans agiter la liqueur, il est facile de se convaincre que ce résidu a précisément la forme extérieure du cristal qui s'est évidé en abandonnant son enveloppe.

Le fait est parfaitement le même quand on opère sur des prismes rouges ; seulement dans ce dernier cas, la liqueur se colore en rouge et la petite enveloppe qui reste comme résidu est colorée en rouge brun (1).

Les soufres mous, jaunes ou rouges, laissent, comme on peut voir par le tableau, un résidu très-notable qui a varié dans mes expériences de 11 à 35 p. 0/0 du poids primitif.

Par les conditions mêmes où il se produit, ce soufre, insoluble dans le sulfure de carbone, paraît provenir, comme le soufre mou, dont il est impossible de ne pas le rapprocher à ce point de vue, de l'action même de la trempe. En effet, les variétés qui l'ont fourni en plus grande proportion sont précisément celles qui, comme le soufre mou et le soufre en fleur, ont subi un refroidissement très-brusque, et le léger résidu laissé par le soufre cristallisé à chaud provient uniquement de l'enveloppe extérieure des prismes.

Examiné au microscope, il n'offre absolument aucune trace de cristallisation. Il se compose entièrement de petites poches arrondies ou mamelonnées, quelquefois groupées ensemble. Sa ténuité, qui est telle que 45 grammes remplissent un volume de 250 centimètres cubes, indique assez que ces petits sacs sont évidés intérieurement. Il semble que ce soit le soufre vésiculaire décrit par M. Brame, dont la portion visqueuse intérieure se serait dissoute et dont il ne resterait que la pellicule extérieure.

Quoi qu'il en soit, le soufre insoluble constitue une variété parfaitement stable, au moins à la température ordinaire. En effet, les échantillons que j'ai préparés

(1) D'après une communication verbale qui m'a été faite récemment par M. Gustave Rose, M. Mitscherlich aurait observé qu'à l'instant où l'on plonge dans le sulfure de carbone des prismes obtenus par la fusion, ceux-ci se transforment en octaèdres. Ce fait très-intéressant est tout à fait semblable à celui qu'a annoncé M. Brame sur le soufre qu'il appelle soufre visqueux (*Bulletin de la Société philomath.*, 1854, p. 66), et que j'ai de mon côté reproduit sur un soufre amorphe naturel de la Guadeloupe.

en décembre 1846 présentaient encore en février 1852 exactement le même aspect que ceux que je venais de préparer : aucun indice de cristallisation ne s'y était développé. Traités par le sulfure de carbone en excès, ils n'ont perdu de leur poids qu'une proportion inappréciable.

Ce corps, malgré son extrême division, exposé longtemps à l'air humide, n'absorbe pas la moindre trace d'eau (1).

Les dissolutions dans le sulfure de carbone, du soufre octaédrique et du soufre prismatique de fusion, ne donnent jamais par l'évaporation spontanée que des octaèdres, soit parfaitement formés, soit rudimentaires, mais très-reconnaissables.

Les dissolutions, provenant du traitement de la fleur de soufre par le sulfure de carbone à froid ne m'ont jamais donné, par l'évaporation spontanée, de cristaux qu'on pût être tenté de rapporter à une autre forme qu'à celle de l'octaèdre.

Il n'en est plus ainsi des liqueurs qu'on obtient en traitant par le sulfure de carbone, soit les aiguilles prismatiques rouges, soit une portion du gâteau coloré formé par la solidification de la liqueur qui les a fournis, soit de ce soufre rouge trempé dans l'eau, soit du soufre mou rouge ordinaire, soit même du soufre mou de couleur succin. Toutes ces dissolutions, abandonnées à une évaporation spontanée, ont donné d'abord des octaèdres très-nets, transparents, ayant la couleur ordinaire du soufre, et en dernier lieu une masse mamelonnée d'un rouge foncé ou orangé suivant la couleur de la substance solide avant sa dissolution. Ces deux matières ne se déposent point simultanément : la seconde ne commence à se former que lorsque les octaèdres ont achevé leur dépôt, et elle les recouvre toujours.

Enfin, dans certains cas, au milieu de cette masse amorphe et visqueuse, il se forme de petits cristaux, d'abord transparents et probablement incolores,

(1) Depuis la publication que j'ai faite, par extrait, de ces résultats, MM. Fordos et Gélis (*Comptes rendus*, t. XXXIV, p. 383) ont fait connaître un fait intéressant, qui consiste en ce qu'on peut reproduire par voie humide ce soufre insoluble. Ce n'est point le lieu d'analyser le mémoire de ces savants : je me contenterai de dire que ce soufre s'est manifesté d'après eux non-seulement lorsqu'ils ont traité, pour contrôler les résultats de M. Grégory, le chlorure de soufre par l'ammoniaque, mais aussi lorsqu'ils l'ont mélangé avec l'eau, lorsqu'ils ont fait agir l'acide chlorhydrique sur les hyposulfites dissous et l'acide sulfureux sur l'acide sulfhydrique en présence de l'eau.

Si cette modification du soufre préparé par voie chimique est identique, ainsi que le pensent ces auteurs, avec celle que j'ai obtenue par le refroidissement brusque du soufre surchauffé, il serait sans doute intéressant de le suivre, comme ils se proposaient de le faire, dans les combinaisons qu'il peut former.

qui ne tardent pas à s'opacifier et à prendre la couleur jaune pâle des cristaux de fusion après leur transformation. Ces cristaux sont précisément le prisme oblique dont M. Mitscherlich a fait connaître les angles; mais ici, contrairement à ce qui a lieu constamment dans le refroidissement qui suit la fusion, ce prisme n'offre aucune modification (1).

J'ai dit *dans certains cas*; en effet, dans le très-grand nombre d'essais de ce genre que j'ai faits, bien que je prisse toutes les précautions pour opérer dans des circonstances identiques, il m'est arrivé, par l'évaporation de la même liqueur versée sur le même soufre mou, tantôt d'observer, tantôt de ne point observer ce soufre prismatique. Il résulte donc de mes expériences que l'on ne peut obtenir ce soufre prismatique dans le sulfure de carbone à froid qu'autant que l'on a dissous dans ce liquide une des variétés de soufre mou; mais que, même dans ce cas, on ne l'obtient pas toujours, les circonstances, quelles qu'elles soient, qui déterminent cet état d'équilibre particulier et très-peu stable, étant elles-mêmes très-fugitives et difficiles à préciser.

La portion du soufre mou soluble dans le sulfure de carbone est dans un état moléculaire qui la rend plus facilement soluble dans ce réactif que le soufre octaédrique. Ainsi, si l'on renferme dans un flacon hermétiquement bouché du soufre mou avec une très-petite quantité de sulfure de carbone, celui-ci se charge de soufre soluble à la température de la journée, et en dépose la nuit sous forme de petits octaèdres; le lendemain, la température du laboratoire s'élevant de nouveau, le liquide se sature aux dépens du soufre mou pour en abandonner encore une partie la nuit sous la forme octaédrique. Par la répétition du phénomène, on peut ainsi transformer dans un flacon abandonné à lui-même un temps suffisant une assez grande quantité de soufre mou en soufre octaédrique (sauf, bien entendu, la partie insoluble), au moyen d'une masse relativement très-petite de sulfure de carbone.

Alcool, éther, chloroforme, benzine. — Toutes les variétés du soufre que j'ai

(1) Les expériences dont je rends compte ici ont été faites, en décembre 1847 et janvier 1848, dans le laboratoire de M. Dumas; elles ont été communiquées à l'Académie des sciences huit jours après que M. Pasteur eut présenté des cristaux prismatiques semblables aux précédents, obtenus par lui d'une dissolution dans le sulfure de carbone, concurremment avec des cristaux octaédriques. Mon intention n'est donc nullement de contester à ce physicien distingué la priorité dans l'annonce du fait dont il s'agit. Je désire seulement constater que, lorsque je l'ai trouvé de mon côté, sa note, qui ne contient d'ailleurs que ce fait isolé, n'étant point publiée, m'était entièrement inconnue, et que le travail que j'ai présenté alors, non-seulement indiquait les conditions auxquelles il faut satisfaire pour obtenir ce résultat, mais résumait de nombreuses expériences, dont quelques-unes remontent au mois d'avril 1845.

examinées : octaèdres naturels, octaèdres obtenus dans le sulfure de carbone, prismes de fusion, soufre amorphe naturel, soufres mous récents ou transformés, soufre précipité lentement à froid d'une dissolution d'acide sulfhydrique, traitées par l'alcool absolu à chaud, s'y dissolvent sans résidu. *Il en est de même du soufre insoluble dans le sulfure de carbone.*

Les liqueurs saturées à chaud laissent d'abord déposer le soufre sous la forme de petits prismes très-allongés, d'une transparence parfaite et à peine colorés.

Ces cristaux ont malheureusement de trop petites dimensions pour qu'on puisse mesurer à moins d'un $\frac{1}{2}$ degré les angles de leurs faces. Néanmoins, profitant de leur grande netteté, j'ai soumis au goniomètre ceux qui paraissent les plus simples, et j'ai obtenu, pour la zone perpendiculaire aux arêtes du prisme, les angles suivants :

$$Pn = 135 \text{ degrés environ, } mn = 90 \text{ degrés environ, } nP = 135 \text{ degrés environ.}$$

On voit que ces angles coïncident, à quelques minutes près, avec ceux adoptés par M. Mitscherlich pour le prisme oblique de fusion (*Annales de Chimie et de Physique*, 2^e série, tome XXIV, fig. 8). En complétant, par le calcul, la zone correspondante pour cette forme, on trouve

$$Pn = 135^{\circ} 9', \quad mn = 90^{\circ} 48', \quad nP = 134^{\circ} 33'.$$

D'un autre côté, ces angles s'éloignent très-peu aussi d'une forme cristalline qu'on peut calculer en partant des angles observés par M. Mitscherlich sur l'octaèdre naturel (fig. 2 et 6). En supprimant la face r , et remplaçant les faces P de l'octaèdre par les faces m, m du prisme qui naît sur ses arêtes, on a la succession suivante :

$$ms = 135^{\circ} 4', \quad ss' = 89^{\circ} 52', \quad sn = 135^{\circ} 4'.$$

Les faces M.M étant représentées dans nos cristaux par un biseau très-net, suivant que l'angle de ces faces avec la face P serait égal à 90 degrés ou à $94^{\circ} 5'$, les cristaux dont il s'agit appartiendraient au prisme rhomboïdal droit ou au prisme rhomboïdal oblique (1).

Cet angle n'étant pas mesurable à cause de l'exiguïté des échantillons, et les faces t, t (fig. 9) ne paraissant pas exister, la question restait indécise; d'autant plus qu'à mesure que la température du liquide diminue, on voit

(1) M. Pasteur a déjà fait observer (*Annales de chimie et de physique*, 3^e série, t. XXIII, p. 273) une ressemblance du même ordre entre les deux formes du soufre; seulement ses calculs portaient sur une autre zone que celle que j'examine ici.

succéder à ces prismes simples des formes plus compliquées, dont quelques-unes prennent aussi parfois l'apparence de prismes très-allongés.

Mais une circonstance physique pouvait éclairer la question. Si les cristaux obtenus appartenaient au prisme oblique, ils devaient subir la transformation qui les rend opaques. On observe, en effet, que les premiers prismes déposés ne tardent pas à devenir entièrement opaques et mats, tandis que les autres cristaux conservent leur transparence.

Le chloroforme et l'éther m'ont présenté les mêmes phénomènes, mais avec une moins grande netteté, parce qu'ils dissolvent moins de soufre que l'alcool, et que les cristaux qui s'y forment ont des dimensions encore plus petites.

Mais j'ai mis à profit avec avantage la propriété que M. Payen a signalée pour la benzine d'être un des meilleurs dissolvants du soufre; ce liquide, ne bouillant d'ailleurs que vers 86°, permettait d'observer le phénomène sur une plus grande étendue.

Des dissolutions à peu près saturées de ce liquide bouillant, soumises à un refroidissement assez lent, ont présenté les circonstances suivantes : Entre 80 et 75 degrés, il se dépose des prismes en même temps que quelques octaèdres; mais, tandis que ceux-ci conservent leur transparence, les prismes deviennent presque instantanément opaques. Ces prismes, très-aplatés et ressemblant à des lamelles irisées, traversent lentement le liquide dans lequel ils sont balancés; mais, à mesure que leur nombre augmente et que la température du liquide diminue, leur transformation a lieu plus lentement, et les derniers déposés conservent souvent assez longtemps leur transparence. Si on les touche, l'action se fait presque immédiatement.

Lorsqu'on observe à la loupe ces prismes pendant leur transformation, on voit qu'ils commencent par présenter vers leur centre un point opaque; à ce point, la surface du cristal cesse d'être lisse et nacrée; elle se ride, parallèlement à des plans de clivage, et se hérissé d'une foule de petits octaèdres présentant, dans leur disposition, un rapport de symétrie évident avec l'axe du prisme. Celui-ci est bientôt entièrement recouvert de petites aspérités, qui, vues au microscope, sont des pointements octaédriques.

Pendant cette évolution de la matière dans l'intérieur des prismes, ceux-ci paraissent dégager de la chaleur, dont la présence est décelée par un courant ascendant qui, partant de leur surface, traverse le liquide : ce courant n'était point sensible avant le dépôt des premiers cristaux, et cesse presque entièrement quand la transformation est opérée.

La température pendant laquelle les prismes commencent à se déposer et

ont fini leur transformation varie de 80 degrés environ à 23 ou 24 degrés. Les phénomènes décrits paraissent s'opérer à des températures d'autant plus élevées que les dissolutions sont plus concentrées; si elles le sont peu, les prismes se déposent encore abondamment vers 26 ou 27 degrés; mais, au-dessous de 22 degrés, je n'ai jamais vu se précipiter de mes liqueurs que des octaèdres, soit ayant la forme habituelle, soit cunéiformes et tellement allongés parallèlement à l'un des axes horizontaux, qu'ils ressemblent à des aiguilles très-déliées. De petits cristaux très-nets, inaltérables, obtenus par moi dans la benzine, et d'autres obtenus dans l'éther par M. Payen, qui me les a obligeamment communiqués, m'ont donné sensiblement l'angle de $106^{\circ} 38'$, caractéristique des faces $b^1 b^1$ de l'octaèdre (notation de M. Dufrénoy).

Les faits que je viens d'énoncer, joints à l'angle observé sur les prismes et indiqué précédemment, ne peuvent, je pense, laisser aucun doute sur la certitude du dimorphisme du soufre dans des conditions toutes différentes de celles où il avait été observé jusqu'ici.

III.

DES PHÉNOMÈNES DUS A L'ÉCHAUFFEMENT OU AU REFROIDISSEMENT DU SOUFRE.

Dans les expériences que nous venons d'exposer, la température joue évidemment un rôle important, puisque l'on voit une même dissolution de soufre (dans la benzine, par exemple) donner successivement, à mesure que la masse se refroidit, des prismes obliques, puis des octaèdres.

Néanmoins, les conditions de température sont loin d'être les seuls éléments de cette transformation; car, d'un côté, une dissolution dans le sulfure de carbone, placée dans des conditions analogues, ne donne rien de semblable, et, de plus, les termes mêmes dont je me suis servi en rendant compte de ces expériences indiquent qu'il ne semble rien y avoir d'absolu dans le degré de température auquel s'accomplit chacune des transformations.

Dans d'autres circonstances, au contraire, la chaleur paraît être le seul agent de modification.

Tout le monde connaît la belle expérience dans laquelle M. Regnault, après avoir chauffé le soufre mou jusqu'à 93 ou 98° , vit tout à coup le thermomètre qui y était plongé monter à 110° .

Tout le monde a pu répéter celle qui a été indiquée depuis longtemps par M. Faraday, qui vit le soufre en gouttelettes conserver sa fluidité jusqu'à la température ordinaire, et devenir subitement solide au moindre attouchement.

M. Brame a montré aussi plusieurs faits de ce genre qui s'expliquent par la surfusion, et un entre autres que j'ai reproduit souvent après lui. Il consiste en ce que, si, après avoir fondu du soufre dans un vase quelconque et l'en avoir fait écouler, on laisse refroidir rapidement la dernière couche très-mince du liquide qui tapisse le fond du vase, on trouvera dans cette couche solidifiée, au milieu des cristallisations prismatiques, de petits octaèdres très-reconnaissables.

Voici quelques faits qui me paraissent, comme les précédents, ne pouvoir être attribués qu'à l'action de la chaleur.

J'ai dit que le soufre insoluble à froid dans le sulfure de carbone, l'est aussi dans ce liquide, même porté au point d'ébullition; de sorte que le meilleur moyen de le préparer en abondance consiste à faire bouillir de la fleur de soufre dans un excès de sulfure de carbone, jusqu'à ce que ce dernier n'en dissolve plus sensiblement, puis à laver le résidu par l'alcool absolu.

Mais si l'on prend une certaine quantité de ce soufre insoluble, qu'on le mette dans un flacon bouché, et qu'on le soumette pendant plusieurs heures à la vapeur de l'eau bouillante, à cette température et même au-dessous, sans cesser d'être solide, il se transforme entièrement. D'opaque et floconneux, il devient grenu, transparent, occupe un volume beaucoup moindre, se laisse aisément mouiller par l'eau, acquiert une densité de 2,07, qui est celle du soufre octaédrique, et devient soluble, sans résidu, dans le sulfure de carbone. Examiné au microscope, il présente des rudiments peu distincts d'octaèdres. L'action de la lumière polarisée décèle d'ailleurs nettement sa structure cristalline.

Cette transformation doit commencer au-dessous de la température de la vapeur d'eau bouillante; car, ayant pris dans un petit ballon une certaine quantité de soufre insoluble, et l'ayant maintenue dans un bain-marie dont la température a varié de 60° à 70°, lorsque j'ai repris la matière par le sulfure de carbone à froid, celui-ci en dissolvait une proportion notable. En répétant plusieurs fois l'expérience, je suis parvenu à dissoudre presque en totalité le soufre sur lequel j'opérais (1).

(1) Il serait possible que dans cette expérience le sulfure de carbone exerçât lui-même une action. Depuis plusieurs mois, une petite quantité de soufre, préparé précisément en épuisant la fleur de soufre par le sulfure de carbone à chaud, a été laissée en contact avec ce liquide à froid, et celui-ci paraît se colorer en en dissolvant quelques traces. Peut-être y a-t-il là une transformation lente opérée par le contact du sulfure de carbone.

Ce fait me paraît avoir une grande analogie avec celui qui constitue l'expérience déjà citée de M. Regnault.

D'un autre côté, MM. Fordos et Gélis disent avoir remarqué que lorsqu'on chauffe au bain d'huile, vers 110° , le soufre insoluble préparé par voie humide, dans un tube de verre où l'on a placé, comme *témoin*, un morceau de soufre ordinaire, il reste quelque temps solide après que le soufre ordinaire est fondu; mais, si l'on maintient la température à 110 et 120 degrés, peu à peu il se modifie, fond, et n'est plus alors que du soufre ordinaire, soluble sans résidu dans le sulfure de carbone.

Si le soufre insoluble, préparé par les deux procédés différents, appartient à la même variété, l'expérience précédente tendrait à faire penser qu'en se transformant en soufre octaédrique, il *s'approprie de la chaleur* au lieu d'en perdre, comme le soufre mou et le soufre prismatique. Cette propriété pourrait d'ailleurs se vérifier directement, en employant le simple et ingénieux appareil imaginé par MM. Favre et Silbermann pour mesurer les quantités de chaleur absorbées ou dégagées par les corps dans leurs transformations moléculaires (1), ou indirectement, en déterminant avec précision la pesanteur spécifique du soufre insoluble. Je me suis occupé de cette dernière détermination; mais telles sont la ténuité de ce corps, composé vraisemblablement de petites vésicules évidées, et la difficulté qu'on éprouve à le mouiller par les liquides, que j'ai dû renoncer, après quelques essais, à la méthode des flacons. Le volumétre de M. Regnault ne m'a pas donné non plus de résultats assez certains pour être publiés, parce qu'il n'y a pas une assez grande disproportion entre le volume occupé par la matière et celui occupé par l'air de l'appareil (2).

Quoi qu'il en soit, comme le soufre octaédrique, que j'ai régénéré au moyen du soufre insoluble, possède toutes les propriétés ordinaires, il résulte évidemment de mon expérience que la simple action de la chaleur peut, entre 90° et 110° , faire passer successivement ce corps de l'état floconneux insoluble à l'état octaédrique, puis à l'état prismatique.

Partant de ces données, il pouvait paraître intéressant de rechercher, si dans la période de sa liquidité ignée, le soufre ne présentait point quelque circonstance qu'on pût rapprocher de ce que nous venons d'énoncer.

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, 3^e série, t. XXXVI, p. 33.

(2) De nouvelles expériences que je tente en ce moment, par la méthode des flacons et en employant d'autres liquides que ceux qui m'avaient servi d'abord, me permettront, j'espère, d'arriver à des résultats plus précis.

M. Frankenheim avait annoncé (1) qu'en observant le thermomètre pendant qu'on chauffe graduellement le soufre, il monte régulièrement jusqu'à quelques degrés au-dessus de 250°, mais au-dessous de 260°; qu'il est plus tard stationnaire; qu'enfin, il monte régulièrement à 420°, température à laquelle le soufre entre en ébullition; que réciproquement, si l'on continue à observer le thermomètre pendant le refroidissement lent, on le voit baisser régulièrement jusqu'à un point placé entre 260° et 250°, où il reste stationnaire, à quelques oscillations près, et qu'ensuite il continue sa marche descendante d'une manière régulière.

Un autre chimiste allemand, M. Marx, paraît être arrivé à des résultats qui ne concordent pas avec les précédents (2).

J'ai repris ces expériences, et, pour me mettre, autant que possible, à l'abri des influences extérieures, j'ai chauffé, dans un bain d'huile entretenu à une température constante, une certaine quantité de soufre placé dans un tube de verre de quelques centimètres de diamètre. J'observais, au moyen d'un thermomètre dont le réservoir occupait le centre de la colonne liquide, et d'un compteur, le temps exact que mettait la substance à s'échauffer de 10 degrés. Le tableau suivant donne la moyenne de trois expériences de ce genre, faites, sur la même masse de soufre, dans un bain d'huile dont la température a varié entre 305 et 312°.

TEMPÉRATURES.	NOMBRE de secondes correspondant à un échauffement de 10 degrés.	TEMPÉRATURES.	NOMBRE de secondes correspondant à un échauffement de 10 degrés.
De 120 à 130° . . .	14 ^{''}	De 210 à 220° . . .	23 ^{''}
130 à 140° . . .	12	220 à 230° . . .	23
140 à 150° . . .	11	230 à 240° . . .	27
150 à 160° . . .	9	240 à 250° . . .	32
160 à 170° . . .	15	250 à 260° . . .	38
170 à 180° . . .	18	260 à 270° . . .	45
180 à 190° . . .	23	270 à 280° . . .	57
190 à 200° . . .	23	280 à 290° . . .	112
200 à 210° . . .	22	290 à 295° . . .	130 (3)

L'examen de ce tableau ne montre point de concordance avec les résultats annoncés par M. Frankenheim. Deux intervalles peuvent y être remarqués;

(1) Berzélius, *Rapport annuel*, 1840, p. 5.

(2) Gmelin, I, p. 603.

(3) Ce nombre de secondes correspond à un refroidissement de 5 degrés.

celui de 120 à 160°, pendant lequel il y a un accroissement anomal dans la vitesse de l'échauffement, et celui de 180 à 230° (période du *maximum* d'épaississement), pendant lequel la vitesse de l'échauffement reste constante, au lieu de décroître. Ces résultats amènent à penser que, pendant ces deux périodes, le soufre en fusion laisse dégager une certaine quantité de chaleur latente.

Pour observer le phénomène inverse du refroidissement dans l'air, il y avait évidemment intérêt à opérer sur une masse assez considérable de matière. J'ai pris environ 1 kilogramme de soufre que j'ai chauffé dans une cornue tubulée plongeant dans un bain d'huile entretenu au-dessus de 300 degrés; au centre de la masse était un thermomètre à très-petit réservoir, et j'observais, au moyen d'un compteur, la vitesse du refroidissement dans l'air. Le tableau suivant donne, pour la moyenne de trois expériences, le nombre de secondes qui s'écoulaient pendant que la masse se refroidissait de 5 degrés, la température ambiante étant de 10 degrés :

TEMPÉRATURES.	NOMBRE de secondes correspondant à un refroidissement de 5 degrés.	TEMPÉRATURES.	NOMBRE de secondes correspondant à un refroidissement de 5 degrés.
De 290 à 280° . . .	39"	De 170 à 165° . . .	59"
280 à 270° . . .	40	165 à 160° . . .	47
270 à 260° . . .	45	160 à 155° . . .	78
260 à 250° . . .	52	155 à 150° . . .	104
250 à 240° . . .	54	150 à 145° . . .	125
240 à 230° . . .	56	145 à 140° . . .	77
230 à 220° . . .	57	140 à 135° . . .	70
220 à 210° . . .	58	135 à 130° . . .	75
210 à 200° . . .	65	130 à 125° . . .	80
200 à 190° . . .	72	125 à 120° . . .	84
190 à 180° . . .	76	120 à 115° . . .	94
180 à 175° . . .	79	115 à 110° . . .	111
175 à 170° . . .	68	» »	»

Un simple coup d'œil sur ces nombres prouve que la marche du refroidissement est loin d'être simple, et l'on voit distinctement au moins deux points singuliers dans la courbe qui la représenterait.

Il y a accélération dans le refroidissement entre 180 et 160°; peut-être ralentissement de ce dernier point à 145°; nouvelle accélération de 145 à 135°; enfin de ce dernier point au point de solidification, le phénomène du refroidissement semble reprendre sa régularité.

Quant à la solidification elle-même, je l'ai vue, comme tous les physiciens

qui ont eu l'occasion de l'examiner avec attention, souvent retardée d'un nombre de degrés très-variable suivant les circonstances, puis se déterminer assez brusquement et le thermomètre remonter alors subitement. Si l'on prenait pour point de fusion du soufre la température à laquelle il remonte subitement après la surfusion, je placerais, d'après mes expériences, ce point entre 109 et 110 degrés.

L'examen du tableau précédent ne semble pas confirmer les résultats de M. Frankenheim : on ne voit même point clairement la corrélation qui devrait exister entre les phénomènes de refroidissement et ceux d'échauffement, portés sur le premier tableau.

La seule conséquence qu'on en puisse donc tirer jusqu'à présent, c'est que, d'une manière générale, le soufre, dans la période de sa liquidité ignée, comme dans les températures inférieures, peut passer par des états d'équilibre plus ou moins stables, dans lesquels ses molécules sont alternativement plus rapprochées ou plus éloignées les unes des autres. Ces phénomènes, qu'ils aient lieu dans le soufre en fusion par la chaleur, ou dans le soufre dissous dans un liquide, ou dans le soufre chauffé à sec au-dessous de 110°, ne se déterminent peut-être pas à des points parfaitement fixes du thermomètre.

Il y a dans ces phénomènes un autre point de vue qui n'avait point échappé à M. Despretz : c'est celui de la dilatation du soufre liquide. Dès 1838, guidé par la propriété si remarquable du soufre de se colorer et de s'épaissir quand on le chauffe graduellement au-dessus de son point de fusion, ce savant physicien s'était demandé s'il n'en devait pas résulter, pour ce corps singulier, quelque anomalie dans la loi de sa dilatation. L'expérience, en effet, lui démontra que, contrairement à ce qui s'observe dans les liquides, le coefficient de la dilatation absolue du soufre décroît à mesure que la température augmente. Voici les nombres qui résultent des expériences de M. Despretz (1) :

De 110 à 130 degrés.	Coefficient.	0.000622
De 110 à 150.		0.000581
De 110 à 200.		0.000454
De 110 à 250.		0.000428

Cette loi concorde parfaitement avec l'épaississement de la matière qui atteint son maximum un peu avant 250 degrés. Il y aurait certainement un grand intérêt à pousser cette curieuse expérience au delà du point de viscosité.

(1) *Comptes rendus*, t. VII, p. 590.

IV.

VARIATIONS DE DENSITÉ.

La pesanteur spécifique étant un caractère qu'on peut étudier à la fois avec facilité et avec une grande précision, il était bien naturel de rechercher, dans sa détermination, des indices certains des modifications moléculaires subies par le soufre. Dès 1845, j'ai été amené à suivre avec soin les phénomènes de densité présentés par le soufre en ses divers états.

Je vais transcrire simplement ici les chiffres que j'ai obtenus dans les nombreuses séries d'expériences que j'ai faites à ce sujet. J'opérais au moyen des flacons dont on se sert habituellement pour déterminer les densités des solides. Seulement, quand il s'agissait d'obtenir les densités successives par lesquelles passe chacune des modifications instables du soufre, je n'avais, pour déduire les nombres qui forment chaque série, qu'à ajouter une très-petite quantité d'eau, de manière à faire affleurer le liquide au niveau voulu. Cette méthode fournissait un moyen *visible* de constater la condensation de la matière (car on voyait, de moment en moment, s'abaisser le niveau du liquide, le bouchon tubulé étant hermétiquement fermé), et, de plus, rien absolument n'étant changé dans le petit appareil, aucune chance de perte ou d'erreur ne se présentait, et, comme on s'en convaincra par l'inspection des séries qui suivent, j'observais d'une manière, pour ainsi dire, continue toutes les évolutions moléculaires de la substance.

Soufres naturels. — 1° Soufre octaédrique de Sicile. Moyenne de sept déterminations faites sur sept échantillons différents : 2.0700 (1). Les nombres extrêmes sont : 2.0674 et 2.0749.

2° Soufre compacte de la Sicile : 2.0707 ;

3° Soufre terreux de la Sicile : 2.0685 ;

4° Soufre amorphe vitreux de la Guadeloupe : moyenne de six expériences, 2.0391. Ce soufre est le seul soufre naturel dont j'aie trouvé la densité inférieure à celle de l'octaédrique. Il est évidemment à un état particulier. J'ai déjà dit que, plongé dans le sulfure de carbone, il se transforme immédiatement en octaèdres volumineux.

Soufres artificiels. — 1° Octaèdres obtenus par le sulfure de carbone, 2.0634. La faiblesse de ce nombre doit être attribuée à la difficulté avec laquelle ce soufre, bien que lavé à l'éther, se laisse mouiller par l'eau.

2° Soufre prismatique cristallisé par fusion.

(1) Ce nombre, comme tous ceux qui vont suivre, est rapporté au maximum de densité de l'eau.

N° 1.	N° 2. CRISTALLISÉ TRÈS-LENTEMENT; PRISMES BIEN FORMÉS.	N° 3. PRISMES ROUGES.
Aussitôt après la cristallisation	3/4 d'heure après avoir cristallisé; les progrès de l'opacité sont déjà sensibles	4 ^h après avoir cristallisé
3 heures après	4.9578	1.9919
4 jour	2.0022	2 ^h après
2 jours	2.0055	2.0046
3 jours	2.0131	
5 jours	2.0192	
7 jours	2.0307	
1 an	2.0348	
13 mois	2.0453	
32 mois	2.0440	
	4 jours	
	3 heures	
	2 jours	
	3 jours	
	4 jours	
	4.9873	
	4.9956	
	2.0039	
	2.0144	
	2.0162	
	2.0218	

La densité de ce soufre, aussitôt après sa formation, paraît donc varier entre 1.96 et 1.99. Après trente-deux mois, sa densité n'avait atteint que le chiffre de 2.0498. Il est donc peu probable que cette variété, laissée à elle-même, se transforme entièrement en soufre octaédrique (1). J'ai déjà rapporté l'expérience de M. Mitscherlich, qui prouve que, plongés dans le sulfure de carbone, ces cristaux se transforment immédiatement en octaèdres.

	N° 1. SOUFRE MOU. Jaune.	N° 2. SOUFRE MOU. Rouge.	N° 3. AUTRE SOUFRE MOU COULÉ A 220°. Couleur succin.
3 heures après la coulée	4.9277	4.9491	3/4 d'heure après la coulée
4 jour	4.9364	4.9414	4 heure 1/2 après
2 jours	4.9500	4.9599	4 h. (non entièrement opaque)
10 jours	2.0092	2.0098	20 heures après
20 jours	2.0355	2.0257	3 jours
30 jours	2.0459	2.0312	5 jours
2 mois	2.0472	2.0359	6 jours
11 mois	2.0613	2.0510	7 jours
			8 jours
			9 jours
			12 jours
			4.9272
			4.9326
			4.9445
			4.9632
			4.9726
			4.9812
			4.9908
			4.9963
			4.9999
			2.0034
			2.0139

La densité de cette variété aussitôt après la coulée est donc d'environ 4.92.

Dans un travail antérieur au mien, MM. Scheerer et Marchand indiquent pour la densité du soufre mou après la coulée 4.980; et pour le maximum de densité qu'il puisse acquérir par sa transformation, 2.041 (2).

Depuis, M. Brame a obtenu, au contraire, une densité (4.87) un peu inférieure à celle que j'avais trouvée dans les trois expériences précédentes et a

(1) M. Brame a, néanmoins, observé des sulfures de cette variété qui avaient subi une transformation presque complète.

(2) Gmelin, I, p. 602.

reconnu, comme moi, que la transformation complète de ce soufre pouvait amener à très-peu près sa densité à celle du soufre octaédrique (1).

Il me reste, pour compléter cette histoire du soufre au point de vue de sa densité, à faire connaître celle du soufre amorphe insoluble. Les nombres que j'ai trouvés, en prenant des précautions infinies et en employant des procédés particuliers pour mouiller la substance, sont les suivants : dans l'eau, 1.972 et 2.018 ; dans le sulfure de carbone, 1.962. Faut-il admettre que la densité 1.984, qui résulte de ces expériences, jointe à celle du soufre mou (1.90) et à celle de l'octaèdre (2.07), corresponde à trois variétés de soufre, distinctes par leur état physique et quelques-unes de leurs propriétés ? C'est ce que l'étude du soufre à l'état liquide et gazeux avait fait penser à MM. Berzélius et Frankenheim, et ce qu'on serait tenté d'admettre *à priori* en se rappelant que M. Dumas, qui a véritablement ouvert par cette belle expérience une voie nouvelle et féconde, a signalé, dès 1832, l'anomalie que présente la vapeur du soufre au-dessus du point d'ébullition d'être précisément égale au triple de celle que toutes les analogies chimiques doivent lui faire assigner dans ses combinaisons.

On s'apercevra facilement, à la lecture de ce mémoire, que mon but n'était point d'y rassembler tous les faits que présente déjà l'histoire des anomalies du soufre. J'ai dû grouper seulement autour des points spéciaux que je me proposais de traiter tout ce qui pouvait les éclairer. Après avoir exposé les résultats de mes recherches, qu'il me soit permis de rappeler que le point de départ qui m'y a conduit a été l'étude de phénomènes analogues dans les minéraux et dans les roches qui constituent la portion la plus considérable du globe, et d'ajouter, en terminant, que des considérations de ce genre me paraissent devoir un jour être aussi fructueusement abordées par les géologues qu'elles le sont aujourd'hui par les physiciens et par les chimistes.

(1) *Bulletins de la Société philomathique*, 1849, p. 94.

Le 16 novembre 1852.

Vu et approuvé,

Le Doyen,

MILNE EDWARDS.

Permis d'imprimer,

Le Recteur de l'Académie de la Seine,

CAYX.

THÈSE DE PHYSIQUE.

Études de Météorologie et de Physique terrestre aux Antilles.

I.

RÉPARTITION DE LA TEMPÉRATURE A LA SURFACE DES EAUX DE LA MER DES ANTILLES, DU GOLFE DU MEXIQUE ET DE LA PORTION VOISINE DE L'OcéAN ATLANTIQUE.

La température de la mer joue un rôle essentiel, on pourrait presque dire prépondérant, dans les phénomènes météorologiques généraux.

Ce qui la caractérise surtout, c'est d'être beaucoup plus constante que la température du sol superficiel des continents. Non-seulement la mer imprime ce caractère au climat des terres qui l'avoisinent ou qu'elle entoure, mais elle influence d'une manière générale les climats continentaux que leur éloignement semblerait devoir soustraire à son action.

En effet, les grandes plaines et les plateaux étendus présentent des phénomènes inverses, c'est-à-dire qu'ils sont susceptibles de s'échauffer ou de se refroidir considérablement, de manière à passer successivement et dans des intervalles assez courts d'une température très-élevée à une température très-basse. Il en résulte des aspirations ou des refoulements de la masse d'air qui les environne; et, dans le premier cas, de l'air qui a reposé longtemps sur la surface des eaux peut être appelé à transporter sa température à des distances fort grandes.

Il y aurait donc un très-grand intérêt à connaître exactement les lignes

39766

par
Duvillier
2^e partie
v. 1
p. 12

isothermes des eaux à la surface des mers. Cette étude est encore peu avancée : d'abord, parce que les observations manquent, surtout pour certains parages ; puis, parce que, comme le fait remarquer M. Dove à propos des isothermes de l'air à la surface des mers, chaque navigateur ne donnant généralement qu'une fois par jour la position du navire, on est obligé de conclure par interpolation la position qui correspond à la plupart des observations.

Dans ces dernières années, M. Maury, lieutenant dans la marine américaine, a rendu de très-grands services par la publication de ses *Cartes des vents et des courants de l'océan Atlantique*. Malheureusement, telle est la complication qu'a introduite sur ces cartes le système adopté par l'auteur (1) pour faire connaître les observations des températures de la mer, que certains parages demandent, pour être déchiffrés, un travail aussi long que fastidieux.

La carte qui accompagne ce mémoire a pour objet de faire connaître les températures des eaux superficielles dans tout l'espace compris, dans l'océan Atlantique, entre les 10° et 40° degrés de latitude nord et entre les 55° et 100° degré de longitude ouest. On voit que cet espace comprend la mer des Antilles, le golfe du Mexique et toute la portion de l'Atlantique qui remplit l'angle compris entre les côtes de la Floride et du Maryland et les hauts-fonds de Bahama. C'est le point à la fois le plus compliqué et le plus intéressant du cours du *Gulf-Stream*.

Les matériaux qui ont servi à la construction de cette carte proviennent de plusieurs sources différentes.

Les uns sont déjà publiés : ce sont les chiffres très-nombreux portés sur la *Carte*, citée précédemment, *des vents et des courants de l'océan Atlantique*, et dont l'auteur, M. Maury, a fait connaître l'origine dans une intéressante publication.

Les autres sont entièrement inédits. Ce sont :

1° Un très-grand nombre de registres tenus à bord du vaisseau anglais le *Thunder*, durant la campagne hydrographique faite par ce bâtiment, de 1834 à 1848, sous le commandement des capitaines R. Owen et Barnett, et à bord des schooners *Jackdaw* (1833) et *Lark* (1835-36), commandés tous deux par le capitaine Barnett. Ces documents m'ont été communiqués à Londres, en 1848, avec une générosité dont je conserve le plus reconnaissant souvenir, par le directeur et le secrétaire de l'*Hydrographical Office*.

(1) Ce n'est pas que ce système ne fût très-ingénieux; il serait même, je crois, difficile de mettre autant d'indications avec moins de confusion; mais il me semble qu'il eût été préférable de ne porter sur les cartes que les courbes et les résultats généraux, et de publier à part les séries d'observations, que l'on est obligé de reconstituer lorsqu'on veut les utiliser.

JOYCE

2° Le journal des observations recueillies par le capitaine de corvette, aujourd'hui contre-amiral Bérard, sur le brig le *Voltigeur*, en 1838 et 1839, durant la campagne de la *Véra-Cruz*. Ce manuscrit m'a été obligeamment communiqué par M. Daussy, ingénieur hydrographe en chef du dépôt de la marine.

3° Enfin, les observations que j'ai recueillies moi-même sur les lieux, ou qui m'ont été remises par plusieurs navigateurs qui avaient bien voulu se charger à ma demande de thermomètres vérifiés avec soin. Voici l'indication de ces documents dans l'ordre où ils sont imprimés dans les tableaux météorologiques qui terminent le premier volume de mon *Voyage géologique aux Antilles* :

Observations faites de 1841 à 1843.

Observations faites par M. Burman, mécanicien du paquebot à vapeur anglais l'*Avon*. Décembre 1848.

Observations faites en divers voyages par mon frère, M. L.-S.-C. Deville, en 1849 et 1850.

Observations faites par M. Éliacin Bossan. Mars 1849.

Observations faites par M. le général Acosta, à bord des *Deux Frères*. Juillet 1849.

Observations faites par M. Féron, à bord de la *Rose-Amélie*. Novembre 1849.

Observations faites par le même, à bord de la goëlette danoise *Moritz*. Mars 1850.

Observations faites par M. le lieutenant de vaisseau A. Morier, à bord de la corvette la *Proserpine*. Janvier 1850.

Observations faites par le capitaine Broutin du brig *Antoinette*. Janvier et mars 1850.

Observations faites par le capitaine Pasquier du *Havre et Guadeloupe*. Mai, juin et juillet 1850.

Observations faites par M. Le Prieur, pharmacien en chef de la marine. Août 1850.

Observations faites par le capitaine Silvestre du *Prolétaire*. Février et avril 1851.

Observations faites par le même. Septembre 1851.

Voici comment j'ai utilisé ces nombreux documents :

J'ai divisé l'étendue de mer qui m'occupait en rectangles ayant pour côtés 2 degrés 1/2 en latitude et 2 degrés 1/2 en longitude, subdivisant, d'ailleurs, chacun de ces rectangles en quatre parties égales, chaque fois que la rapidité dans les variations de la température l'exigeait, et que l'abondance des maté-

riaux le permettait. J'ai calculé alors séparément, dans chacun de ces rectangles, la température moyenne pour chaque mois de l'année, en ayant soin de calculer à part la moyenne qui résultait des observations faites avec les thermomètres américains, anglais et français, afin de contrôler les uns par les autres les éléments de la moyenne générale. Puis j'ai placé sur la carte, au centre de chaque rectangle, le nombre qui représentait la moyenne des douze mois. J'ai enfin construit les courbes des *isothermes annuelles*, en interpolant d'un de ces centres aux centres immédiatement voisins.

Ne pouvant, de crainte de trop grande complication, tracer les courbes de chaque mois, j'ai pris la moyenne des six mois les plus chauds, qui sont, dans l'espace qui nous occupe, les mois de juin, juillet, août, septembre, octobre et novembre; enfin j'ai conclu de la même manière les isothermes des six mois les plus froids. J'avais alors les éléments nécessaires pour construire les trois séries de courbes qui sont tracées sur la carte qui accompagne ce Mémoire.

Je vais essayer maintenant de résumer brièvement les conséquences qu'on peut déduire de l'examen de ces courbes.

1° Les isothermes de la mer dans tout cet espace offrent un grand nombre d'inflexions. Cette complication est due à l'action du *Gulf-Stream*, qui est ici le trait dominant.

2° Si l'on cherche à déterminer le mouvement des eaux par la simple considération des variations de température, on voit que le courant équinoxial, dans la mer des Antilles, se tient constamment à une certaine distance des côtes; car, à mesure qu'on approche des terres, on remarque une diminution très-notable dans la température des eaux. Ce fait avait été déjà constaté, en 1799, par M. de Humboldt dans les parages de Cumana et de la Margarita. Il en est de même le long des côtes de la Nouvelle-Grenade, du Honduras et du Yucatan. Cette ceinture d'eaux froides se retrouve sur tout le littoral du golfe du Mexique et des Florides jusqu'au cap Hattéras. Le courant ne pénètre point dans le golfe du Mexique; il n'occupe même pas toute la largeur du détroit qui sépare le cap San Antonio et le cap Catoche. Il contourne le cap San Antonio, et va sortir par le détroit de Bahama, où il semble être rejoint par une autre branche qui a longé les côtes septentrionales de l'île de Cuba.

Il se précipite alors avec une grande vitesse entre la Floride et les bancs de Bahama, mais en laissant toujours le long des côtes de la première une zone froide; de sorte que dans l'intervalle qui sépare le cap Sable et le cap Hattéras, la température, suivant les parallèles, croît avec une rapidité extraordinaire.

La rencontre du cap Hattéras fait dévier le courant vers l'E.-N.-E.; et des

parages de ce cap à ceux très-voisins de la Delaware et de New-York, la température moyenne des eaux décroît avec une grande rapidité.

L'entrée dans l'Atlantique de ce grand fleuve thermal produit naturellement des remous très-considérables, qui déterminent de grandes anomalies, surtout dans l'espace compris, de l'E. à l'O., entre les 55° et 65° méridiens, et du N. au sud, entre les 32° et 40° parallèles. L'effet de ces remous se suit très-bien dans les courbes annuelles qui, d'un point situé entre les Bermudes et le cap Hattérás jusqu'au petit banc de Bahama, tournent toutes leur convexité vers le S.-O.

3° Ce qui vient d'être dit des phénomènes généraux s'applique aussi bien aux courbes hivernales, qui traduisent même encore ces divers mouvements avec plus de netteté.

4° Mais, dans les mois d'été et d'automne, les phénomènes semblent plus complexes. On sait, d'après les remarques de Horsburg, que, pendant les mois d'été, la limite des vents variables et du courant équinoxial remonte de plusieurs degrés vers le nord : ce fait coïncide et concorde très-bien avec la prédominance des vents de sud dans les parages des Antilles. Cette dernière cause paraît déterminer à l'est de ces îles un mouvement considérable d'eaux très-échauffées qui s'élèvent au N.-O. vers les Bermudes. Ce sont, sans doute, des eaux ayant cette provenance dans lesquelles j'ai navigué pendant plusieurs semaines, en juillet et août 1842, et dont j'ai déjà fait remarquer ailleurs la haute température. Ce courant, s'établissant ainsi presque parallèlement au *Gulf-Stream*, presse plus considérablement encore les eaux plus froides comprises entre lui et ce dernier courant, et les fait même refluer jusque dans les canaux des grandes Antilles, comme l'indique très-nettement ma carte.

5° Il reste enfin à parler des points singuliers que présente, en assez grand nombre, la même carte, et autour desquels les courbes s'infléchissent concentriquement. Ces anomalies me paraissent un résultat des remous dont j'ai déjà parlé. Ce sont des espaces où les eaux superficielles, ne trouvant pas un écoulement libre et suffisant, sont en partie obligées de tourner sur elles-mêmes et s'échauffent alors considérablement sous l'action du soleil.

Quelques-uns de ces pôles de chaleur se manifestent en hiver aussi bien qu'en été : ce sont ceux qui, comme on le voit dans les parages de la Guadeloupe, du golfe de Panama, mais surtout dans l'espace triangulaire compris entre la pointe de la Floride, l'île de Cuba et les bancs de Bahama, sont entourés en toutes saisons d'eaux chaudes.

D'autres, au contraire, ne se déterminent que dans l'été ou l'automne. Par exemple, le centre du golfe du Mexique, qui, devenant en été comme un lac

fermé, s'échauffe considérablement à sa surface et présente une température moyenne estivale de plus de 28 degrés. On voit un autre centre analogue au nord des îles de Saint-Domingue et de Porto-Rico, qui ne se détermine que par le courant estival extraordinaire dont nous venons de parler.

Deux de ces points singuliers paraissent être des *pôles de froid*. On en voit un, peu marqué, dans l'espace anomal que j'ai déjà signalé précédemment au N. E. des Bermudes; l'autre, qui comprend toute la portion méridionale de la chaîne des petites Antilles, est, sans doute, en relation avec les eaux froides des côtes du Venezuela. Mais le nombre des observations que nous possédons sur ces parages étant encore assez restreint, il peut y avoir quelque doute sur son existence ou au moins sur ses limites.

II.

APERÇU GÉNÉRAL DU CLIMAT DES ANTILLES.

Les observations fort nombreuses dont j'ai déduit les résultats qui vont être sommairement exposés proviennent de deux sources.

Les premières, thermométriques et barométriques, ont été faites par moi-même sur les lieux, de 1840 à 1843; les autres, qui ne portent que sur les données thermométriques, ont été recueillies, à ma demande, par un de mes frères, de 1849 à 1851. Toutes ont été publiées dans les 3^e, 4^e et 5^e livraisons de mon *Voyage géologique aux Antilles*.

La vie, essentiellement nomade, d'un voyageur géologue ne m'a permis qu'assez rarement de continuer dans un même lieu une série passablement longue d'observations sédentaires. Le plus souvent même, ces recherches n'ont été faites que pour utiliser une inaction forcée, par suite de maladie ou de tout autre motif indépendant de ma volonté. J'avais surtout en vue, en les faisant, de me donner approximativement, pour diverses localités, une base qui me servit à remplacer, dans le calcul des hauteurs, les observations correspondantes qui m'ont manqué presque toujours.

Mais la régularité du climat de ces îles intertropicales permet de tirer un excellent parti de séries d'observations qui, dans des contrées comme les nôtres, ne pourraient encore fournir que des données incomplètes sur l'ensemble des phénomènes météorologiques.

Je crois devoir donner quelques détails sur les instruments que j'ai employés :
Les baromètres étaient tous des baromètres à siphon de Buntén, construits

par cet habile artiste. Je n'ignore pas les reproches, en très-grande partie fondés, que l'on adresse à ce genre d'instrument; et je serais loin de le recommander à un météorologiste qui voudrait se livrer uniquement à des observations sédentaires. Mais, tout en reconnaissant la supériorité des baromètres à niveau constant pour les observations sédentaires, on ne peut nier les ressources inappréciables que présente au voyageur le baromètre à siphon : légèreté, facilité du transport, possibilité de remplacer immédiatement un tube brisé par un autre tube plein, tout préparé et comparé d'avance. Pour moi, après une expérience personnelle de quatre années, j'avais acquis une telle habitude de cet instrument, qui m'accompagnait partout, qu'il ne me causait presque aucun embarras dans les excursions les plus difficiles.

Quant au degré de confiance qu'on peut accorder à ses indications, pour la détermination des variations diurnes ou annuelles de la pression atmosphérique, voici comment j'ai cherché à l'apprécier. J'ai observé pendant plusieurs mois, à la Trinidad, deux bons baromètres de Buntén, placés l'un à côté de l'autre, et soumis, par conséquent, aux mêmes influences de température. En comparant, pour dix jours consécutifs quelconques, les différences des pressions indiquées par chacun de ces baromètres entre les heures de maxima et de minima, je trouve que la moyenne de ces variations est, suivant l'un de ces instruments, de 2^{millim.},54 et de 2,67 d'après l'autre. La différence 0,46, quoique très-notable, n'est pourtant que le seizième de la variation diurne moyenne. En prenant donc la moyenne indication des deux baromètres, on connaissait probablement la variation diurne pour ces dix jours d'observations à 1/30^e près, ou à moins de 8 centièmes de millimètre : erreur très-sensible à la vérité, mais qui diminuait certainement lorsqu'au lieu de dix jours d'observations, on en possédait pour le mois vingt ou trente.

Des cinq tubes barométriques qui m'ont servi pendant la durée de mon voyage, quatre avaient été comparés avant le départ avec l'étalon de l'Observatoire : ayant eu le bonheur de rapporter le cinquième intact, j'ai pu le comparer à mon retour; ce qui m'a fourni un nouveau point de repère précieux pour contrôler la marche de ceux avec lesquels il avait été comparé en Amérique.

Les thermomètres annexés aux baromètres étaient excellents, et leurs indications n'ont pas varié pendant toute la durée du voyage.

Les thermomètres employés, dont 5 ont été comparés directement (3 avant le départ, 2 à l'arrivée), et dont plusieurs ont eu leur point zéro vérifié à diverses fois pendant le voyage, se composaient de :

5 thermomètres de Colardeau, gradués sur verre ;

1 thermomètre, sur cuivre, construit par Fortin ;

2 thermomètres de Buntén, gradués sur verre ;

2 petits thermomètres du même artiste, sur ivoire ;

3 petits thermomètres de Pixii, aussi sur ivoire ;

Enfin 1 thermomètre Fahrenheit de Cary, gradué sur cuivre, que je me procurai à Puerto-Rico.

Tous les thermomètres employés par mon frère avaient été construits par M. Fastré, et vérifiés par moi-même avec le plus grand soin.

Dans tous les lieux où j'ai fait des observations sédentaires, j'ai toujours cherché à garantir le mieux possible les thermomètres de l'action directe ou réfléchie du soleil, aussi bien que du rayonnement des objets voisins. Dans quelques points, à la Trinidad par exemple, les dispositions locales se prêtaient parfaitement à ces précautions. Mais, dans d'autres circonstances, j'ai été moins heureux ; et, malgré tous mes soins, il est arrivé quelquefois qu'à certaines heures du matin ou du soir, mon thermomètre était évidemment influencé par des causes anormales. Néanmoins, je crois pouvoir affirmer que ces influences n'ont jamais été considérables ; et, quand elles se sont présentées d'une manière notable, je l'ai toujours indiqué.

Les observations ayant été faites à des heures irrégulières, la moyenne brute des observations d'un jour n'aurait qu'assez imparfaitement exprimé la moyenne de ce jour. Pour obtenir cette moyenne d'une manière plus exacte, j'ai commencé par calculer, heure par heure, le mouvement moyen du baromètre et du thermomètre ; puis, j'ai cherché, pour chaque heure, la différence avec la moyenne, et j'ai construit ainsi un tableau des corrections additives ou négatives à appliquer à une heure quelconque, pour en conclure la moyenne du jour. C'est la moyenne de tous les nombres ainsi corrigés qui a été adoptée pour la moyenne du jour entier et portée à la colonne des moyennes diurnes. Ce travail, dont on trouvera dans le texte de mon Mémoire météorologique les divers éléments et les principaux résultats, a été, comme on voit, fort long et minutieux ; mais c'était, si je ne me trompe, le meilleur moyen de tirer convenablement parti d'observations assez nombreuses, mais faites à des heures irrégulières (1). Ces tableaux de corrections une fois établis et perfectionnés, s'il y

(1) Il y avait, du reste, un moyen très-naturel, et que j'ai employé, de vérifier l'exactitude de cette méthode : c'était de comparer ses résultats avec ceux donnés par la moyenne des heures de maxima et de minima, toutes les fois que les observations d'un jour le permettaient.

a lieu, par de nouvelles observations, seront d'ailleurs applicables à des séries analogues, que des observateurs consciencieux, munis de bons instruments, mais qui n'auraient pu s'astreindre à observer à heures fixes, enverraient des mêmes localités.

Les indications barométriques sont données, corrigées de l'erreur constante de l'instrument, et réduites à la température de zéro. Quant à la dépression de la colonne barométrique due à l'action de la capillarité, comme cette correction, qui exige au moment de chaque observation la mesure des deux ménisques, n'atteint pas ordinairement, pour des tubes de 5 à 6 millimètres de diamètre (1), une valeur de $0^{\text{millim.}},02$, le degré d'exactitude qu'on pouvait attendre des baromètres employés aurait rendu à peu près illusoire l'utilité de cette correction.

Les températures sont données aussi en tenant compte de l'erreur constante des instruments.

Les phénomènes météorologiques que ces observations m'ont permis d'étudier aux Antilles sont les suivants :

1° Variations horaires du baromètre observées :

Au Port d'Espagne (Trinidad). Latitude, $10^{\circ} 39'$; longitude, $63^{\circ} 51'$. 10 mètres au-dessus du niveau de la mer;

A Saint-Thomas. Latitude, $18^{\circ} 20'$; longitude, $67^{\circ} 16'$. 7 mètres au-dessus du niveau de la mer;

A la Basse-Terre (Guadeloupe). Latitude, $15^{\circ} 59'$; longitude, $64^{\circ} 4'$. 9 mètres au-dessus du niveau de la mer;

A l'habitation Saint-Louis. Station élevée de 392 mètres, à peu de distance de la ville de la Basse-Terre.

Voici les résultats généraux qui se déduisent de ces observations :

(1) Voyez la table donnée par M. le commandant Delcros dans l'*Annuaire météorologique de France pour 1849*, par MM. Haeghens, Martins et Bérigny, page 170.

	PRESSION atmosphérique. Moyenne réduite à 0°.	OSCILLATION diurne.	HEURES TROPIQUES.	HEURES MOYENNES.
Port d'Espagne.	mon.	mon.	4 heures matin.	4 h. 5' matin.
Du 23 janvier au 4 mars.	759.65	2.99	9 h. 30' matin.	6 h. 20' matin.
Du 13 avril au 24 juin. . .	760.60	2.43	4 h. 30' soir.	4 h. 17' soir.
Saint-Thomas.			10 heures soir.	8 h. 2' soir.
Mars, avril.	761.74	4.87	4 heures matin.	minuit 57'.
Juillet, août.	763.30	4.37	9 h. 30' matin.	7 h. 16' matin.
Octobre, novembre. . . .	759.89	2.13	4 heures soir.	4 h. 18' soir.
			10 heures soir.	7 h. 3' soir.
Basse-Terre.				
Année entière.	762.37	2.03	9 h. 30' matin.	7 heures matin.
			4 heures soir.	midi 50'.
Saint-Louis.				
Avril, mai.	725.20	4.73	4 heures matin.	minuit 55'.
			9 heures matin.	7 h. 2' matin.
			4 h. 30' soir.	4 h. 48' soir.
			10 heures soir.	7 h. 56' soir.

L'examen de ce tableau permet de conclure :

Que, suivant la loi, principalement établie par les observations de M. Erman, la pression atmosphérique moyenne au niveau de la mer, dans les régions intertropicales, décroît à mesure qu'on s'avance vers l'équateur;

Que ses variations dans le cours de l'année sont moindres aussi vers l'équateur;

Que les oscillations diurnes croissent, au contraire, à mesure qu'on approche de l'équateur;

Que les heures tropiques sensiblement les mêmes, dans l'intervalle compris entre les points extrêmes des observations, sont : 4^h du matin, 9^h à 10^h du matin, 4^h à 4^h 30' du soir, et 10^h du soir; ce qui s'éloigne fort peu des heures obtenues par M. de Humboldt, dans les mêmes contrées;

Que les heures qui donnent, à très-peu près, la pression diurne moyenne, moins constantes que les heures tropiques, parce que ce sont les instants où le mouvement diurne est le plus rapide, sont les suivantes :

4 heure et 7 heures du matin; 4 heure 20 min. et 7 heures 40 min. du soir.

Que les heures tropiques et moyennes sont sensiblement les mêmes à 400^m d'altitude qu'au niveau de la mer; mais que l'oscillation diurne y paraît un peu plus faible.

2° Mouvement annuel du baromètre, au niveau de la mer, par la latitude moyenne de 17° environ, conclu d'un grand nombre d'observations faites entre les latitudes de la Dominique et de Saint-Thomas. Voici les nombres qui représentent la pression pour chaque mois :

Janvier.	762.72	Juillet.	763.64
Février.	763.61	Août.	763.34
Mars.	763.22	Septembre.	761.44
Avril.	763.57	Octobre.	760.19
Mai.	763.22	Novembre.	761.13
Juin.	763.27	Décembre.	762.56
Moyenne.	762.66		

De l'inspection de ces nombres, on conclut :

Que, conformément à la remarque faite précédemment, la pression atmosphérique, moyenne par la latitude de 17°, est supérieure à celle qu'on observe vers l'équateur, et que la différence atteint au moins 3 millimètres : ce qui représenterait une colonne d'eau d'environ 4 centimètres de hauteur ;

Que dans les Antilles l'année barométrique se partage en deux saisons très-distinctes : l'une est composée des mois de décembre, janvier, etc., jusqu'au mois d'août, pendant laquelle la direction des vents généraux varie entre le N.-N.-E. et l'E., et le baromètre s'y tient toujours *au-dessus* de la moyenne annuelle ; c'est la saison des sécheresses ou des pluies légères ; l'autre, pendant laquelle les vents généraux soufflent habituellement de l'E.-S.-E., du S.-E. ou même du sud, et sont très-fréquemment interrompus par des calmes ou de légers vents d'ouest, est la saison des pluies, improprement appelée *hivernage*. C'est dans cette saison exclusivement qu'ont lieu les ouragans. Le baromètre s'y tient généralement *au-dessous* de son niveau moyen annuel.

Il faut cependant observer que ces deux saisons barométriques ne coïncident pas exactement avec les saisons météorologiques. En effet, les phénomènes météorologiques de l'hivernage (vent du S.-E. ou calme, pluies torrentielles, ouragan, etc.) commencent avec le mois d'août ou les derniers jours de juillet, et finissent vers le milieu d'octobre ; l'hivernage barométrique, si l'on peut s'exprimer ainsi, est réellement en retard d'un mois ou six semaines sur l'hivernage caractérisé par les autres phénomènes météorologiques.

Quoi qu'il en soit, on voit que la courbe barométrique annuelle aux Antilles est une des plus simples et des plus nettement dessinées que l'on connaisse.

3° Température moyenne mensuelle et annuelle, près du niveau de la mer, à la Pointe-à-Pitre et à la Basse-Terre (Guadeloupe).

MOIS.	POINTE-A-PITRE.	BASSE-TERRE.	MOYENNE des deux localités.
Janvier.	24.08	24.96	24.52
Février.	23.76	24.59	24.17
Mars.	24.44	25.35	24.74
Avril.	25.56	25.89	25.72
Mai.	26.08	27.03	26.55
Juin.	27.00	27.53	27.26
Juillet.	26.74	27.67	27.21
Août.	27.54	27.73	27.62
Septembre.	27.44	27.73	27.58
Octobre.	27.35	26.39	26.87
Novembre.	26.47	26.06	26.26
Décembre.	25.49	25.07	25.28
Moyenne de l'année. .	25.97	26.33	26.15

Quoique ces deux localités soient très-voisines l'une de l'autre, il y a, comme l'on voit, une légère différence entre leurs températures moyennes. Elle provient, sans doute, de ce que la première reçoit, presque directement, les brises alizées, tandis que la seconde est située sous le vent de terres élevées (4).

On voit encore que le mois le plus froid est le mois de février, et le plus chaud, le mois d'août. Les saisons météorologiques sont donc ici en retard d'un mois sur les saisons météorologiques européennes. Cette différence s'explique aisément par le double passage du soleil au zénith de ces contrées. Dans les régions équatoriales, les deux instants de ce passage sont même assez éloignés l'un de l'autre pour qu'il en résulte deux *maxima* distincts. Les températures très-basses des mois de février et mars me paraissent aussi en rapport avec celles de la mer qui entoure ces îles, et qui n'atteint son *minimum* annuel que dans le mois de mars.

4° Variations horaires du thermomètre à une petite élévation au-dessus du niveau de la mer au port d'Espagne (Trinidad), à Saint-Thomas, à la Pointe-à-Pitre (Guadeloupe), et à 392 mètres d'altitude à la station de Saint-Louis, près la Basse-Terre.

(4) On conçoit, en effet, que, de même que pour des observations thermométriques faites dans un lieu déterminé, le voisinage d'un mur ou d'un abri quelconque a une influence sensible sur le résultat annuel, la température de la localité elle-même soit modifiée d'une manière générale par les dispositions particulières du sol. M. L. de Buch en a cité depuis longtemps un exemple dans la température anormale de la ville de Las Palmas, dans la Gran Canaria; et je serais assez tenté de croire que la ville de Cumana, dont M. de Humboldt a fixé la température à 27°.4, est soumise à quelque influence analogue.

	TEMPÉRATURE moyenne.	ÉCART DIURNE moyen.	HEURES EXTRÊMES.	HEURES MOYENNES.
Fort d'Espagne.				
Du 28 janvier au 4 mars.	25.06	5.47	} 6 heures matin. 4 heure soir.	8 h. 23' matin.
Du 43 avril au 24 juin. . .	25.82	4.45		7 h. 43' soir.
Saint-Thomas.				
Mars, avril.	25.47	4.45	} 6 ^h mat. — 4 ^h soir. {	7 h. 30' matin.
Juillet, août.	27.57	4.07		6 h. 36' soir.
Octobre, novembre. . . .	26.82	3.23		
Pointe-à-Pitre.				
Année entière.	25.97	5.44	6 ^h mat. — 4 ^h soir.	
Saint-Louis.				
Avril, mai.	22.97	5.24	6 ^h matin. — midi.	

En examinant la colonne des températures moyennes, on est frappé de voir les températures observées à la Trinidad, par 40° de latitude, inférieures ou égales seulement à celles qu'a présentées Saint-Thomas, situé à 8 degrés de latitude plus au nord. Il est vrai que le court séjour que j'ai fait dans chacune de ces deux localités n'a pu me fournir des données assez complètes pour en conclure la température annuelle. Néanmoins, on peut remarquer que je me trouvais à la Trinidad au premier passage du soleil au-dessus de cette latitude. Je pense que là encore il faut admettre l'influence sur ces petites îles Vierges de la mer constamment échauffée qui baigne leur pied.

C'est probablement la même cause qui rend si faible et si peu variable à Saint-Thomas l'écart diurne moyen, conclu des observations de 6 heures du matin et de 4 heures de l'après-midi, qui, comme le montrent les tableaux ci-joints, sont presque invariablement dans toutes les îles les heures des températures extrêmes. Quelques observations faites dans ce but spécial à la Basse-Terre m'ont prouvé que le *minimum* diurne avait lieu, dans les plus longs jours, vers 5 heures et demie du matin, et, dans les jours les plus courts, vers 6 heures et demie. Ici donc, comme en Europe, l'instant de ce *minimum* peut être fixé sans erreur, à très-peu près, à l'heure du lever du soleil ou quelques minutes auparavant.

Il n'en est pas de même des heures qui correspondent à la moyenne diurne. On sait que, dans nos régions, ce moment arrive un peu avant 9 heures du matin et un peu avant 9 heures du soir. On voit qu'on commettrait une erreur assez considérable si l'on admettait ces mêmes heures pour les îles de Saint-Thomas et de la Guadeloupe. La Trinidad, qui, par son étendue et surtout par sa position, a un climat plus continental, offre moins d'anomalies sous ce rapport.

5° Les températures *minima* observées à la Pointe-à-Pître au moyen d'un thermomètre de Rutherford.

En groupant ensemble les mois pendant lesquels la différence entre le *maximum* et le *minimum* diurnes est sensiblement la même, on trouve pour cette différence les résultats suivants :

Janvier, février, mars.	7.47
Avril, mai, juin, juillet, août.	5.54
Septembre, octobre, novembre, décembre.	6.54

On voit que l'écart diurne est le moindre pour les mois pendant lesquels la durée de l'insolation est la plus grande, et que son *maximum* correspond aux trois mois les plus froids.

Si l'on compare aux nombres précédents ceux qu'on obtient en cherchant la différence entre les observations de 6 heures du matin et 4 heure du soir, on a pour les périodes correspondantes :

Janvier, février, mars.	6.80
Avril, mai, juin, juillet, août.	5.05
Septembre, octobre, novembre, décembre.	5.70

6° De toutes les données d'observation dont je viens de présenter les principaux résultats, j'ai déduit des tables qui indiquent pour chaque heure du jour la différence moyenne entre les indications du baromètre et du thermomètre et la moyenne diurne. Ces tables, calculées séparément pour chaque saison, peuvent servir à conclure très-exactement une moyenne diurne d'un certain nombre d'observations irrégulièrement distribuées dans les vingt-quatre heures (1); je les ai utilisées aussi pour calculer l'altitude d'une station, d'après une observation barométrique, quand je ne possédais point d'observation correspondant au niveau de la mer.

Lorsqu'un observateur ne peut faire qu'un petit nombre d'observations dans la journée, les heures qu'il me paraît convenable de lui conseiller sont, pour les Antilles, et probablement pour la presque totalité des climats marins de la zone intertropicale, les suivantes :

4 heures, 6 heures et 10 heures du matin; 4 heure, 4 heures et 10 heures du soir.
Ce sont celles qui viennent d'être adoptées par le conseil supérieur de santé

(1) Les tables de ce genre publiées par M. Dove (Mém. de l'Acad. de Berlin 1846), ne contiennent rien qui se rapporte aux stations des Antilles.

de la marine pour servir de base aux observations météorologiques faites dans les hôpitaux coloniaux (1).

7° Décroissement de la température avec la hauteur, calculé de 100 en 100 mètres, entre 0 et 1,500 mètres, niveau des plus hauts sommets de l'Archipel, d'après des observations faites à toutes les altitudes dans les différentes îles.

Ce décroissement, peu variable dans les régions inférieures, est de 1 degré pour 100 mètres pour les altitudes inférieures à 900 mètres; entre 1,000 et 1,500 mètres, il est égal à 1 degré pour 120 mètres. Cette différence provient de la structure extérieure de ces îles, dont les plus élevées commencent à présenter, vers le niveau de 1,000 mètres, une série de pics élancés ou de crêtes aiguës.

C'est la même cause qui fait que les sommités de ces îles sont à peu près perpétuellement couronnées de vapeurs. Le vent très-fort qui règne sur ces sommets ne peut permettre aux mêmes particules de vapeur d'y séjourner un instant; elles s'y renouvellent donc constamment, mais se dissolvent dans l'air aussitôt qu'elles se sont éloignées des crêtes qui les ont refroidies. Aussi, les très-rare jours où il soit permis d'aborder ces montagnes par un temps clair sont les jours de calme, qui arrivent surtout durant l'hivernage.

8° Température du sol à une petite profondeur, en plusieurs points des îles de la Dominique et de la Guadeloupe.

Ces températures, comparées à celles qui résultent de l'observation directe de l'air extérieur, confirment la belle remarque faite pour la première fois par M. Boussingault dans les contrées équatoriales de l'Amérique.

9° Température des eaux de plusieurs puits, dont quelques-uns ont été suivis pendant plusieurs mois.

Ces observations et celles du n° 10 établissent une différence remarquable entre les rapports de la température de l'air extérieur avec celle des eaux souterraines, suivant que le sol où ces eaux se sont infiltrées est calcaire ou volcanique.

L'île de la Guadeloupe est surtout très-favorablement disposée pour faire ressortir ce contraste. L'eau des puits et des sources de la Grande-Terre, qui est un plateau calcaire très-fissuré, est toujours *plus froide* que l'air extérieur, tandis que sur l'île volcanique de la Guadeloupe proprement dite les eaux

(1) On aurait, je crois, un système parfait d'observations si l'on pouvait ajouter à ces 6 heures les deux suivantes : 1 heure du matin et 6 heures du soir.

souterraines possèdent une température égale ou légèrement supérieure à la température moyenne de l'air (1).

10° Température d'un grand nombre de sources réparties sur les diverses îles, avec l'indication de leurs altitudes déterminées barométriquement.

Outre les sources ordinaires, j'ai observé dans ces îles une foule de sources thermales, de salses, de fumerolles, etc., dont l'étude se rapporte plus directement à la géologie de ces contrées.

11° Quantités de pluies tombées à la Guadeloupe, au niveau de la mer, et à 170 mètres au-dessus.

Les chiffres d'après lesquels ont été établies ces quantités de pluies proviennent de trois sources différentes.

Cinq années d'observations pluviométriques (1832 à 1836) faites à l'hôpital de la Basse-Terre m'ont été obligeamment communiquées par M. Mestro, directeur des colonies au ministère de la marine. Si l'on calcule séparément la moyenne de chacun des douze mois, et que l'on additionne le tout, on obtient pour la quantité annuelle de pluie un nombre de 1^m264. Mais cette quantité est certainement trop faible, parce que le mois d'août 1832, qui n'y figure que pour 0^m157, a été signalé par un violent ouragan, au commencement duquel l'instrument a été renversé. Si on écarte cette année anormale et l'année 1836, pour laquelle un trimestre manque dans les registres, la moyenne des trois ans (1833 à 1835) donne la somme annuelle de 1^m417.

Un petit pluviomètre remis à mon frère et observé par lui, à la Pointe-à-Pitre, de juin 1849 à juin 1850, lui a donné pour ces douze mois une somme de 1^m819.

Enfin, le même pluviomètre porté dans l'île de la Guadeloupe, sur une habitation (caféière du Pérou) située au vent de cette île et à 170 mètres d'altitude, observé par le propriétaire de cette habitation, M. Sylvestre Deville, a donné, de juin 1850 à juin 1851, la somme de 3^m219.

Le tableau suivant montre comment les pluies se répartissent entre les différents mois :

(1) En communiquant ce résultat à l'Académie des sciences, M. Arago voulut bien ajouter que la discussion des observations faites dans l'expédition du capitaine Tuckey sur les bords du Congo l'avait conduit à la même conclusion, bien qu'il ne l'eût point publiée.

MOIS.	BASSE-TERRE.	POINTE-A-PITRE.	CAFÉTIÈRE du Pérou.
Janvier.	0.106	0.246	0.203
Février.	0.034	0.111	0.250
Mars.	0.053	0.122	0.050
Avril.	0.045	0.093	0.070
Mai.	0.082	0.132	0.521
Juin.	0.177	0.041	0.449
Juillet.	0.218	0.144	0.500
Août.	0.191	0.130	0.288
Septembre.	0.167	0.085	0.166
Octobre.	0.161	0.230	0.259
Novembre.	0.126	0.064	0.262
Décembre.	0.054	0.121	0.298
Quantités annuelles. .	1.417	1.819	3.219

Si l'on s'en rapporte à la première colonne, qui, résumant la moyenne de trois années, offre sans doute avec plus d'exactitude la répartition des pluies entre les différents mois, on voit que la saison des pluies commence vers la fin de mai, atteint son maximum en juillet et août, et se termine en novembre. Les trois mois les plus secs sont les mois de février, mars et avril.

Quant aux sommes annuelles, on voit combien elles sont variables, même au niveau de la mer. Les observations faites à la Martinique, à l'hôpital de Fort-de-France, ont donné pour 1848 la somme de 1^m91, qui se rapproche beaucoup de celle tombée à la Pointe-à-Pitre de juin 1849 à juin 1850. M. Moreau de Jonnés donne, d'après six ans d'observations : 2^m20 pour le Fort-de-France; Lachesnaye, à Sainte-Rose, au vent de l'île de la Guadeloupe, d'après cinq ans d'observations : 2^m16. On voit donc qu'on se tromperait sans doute de peu en admettant le nombre de 2 mètres pour la hauteur annuelle d'eau tombée au niveau de la mer dans les parages de la Guadeloupe et de la Martinique (1).

Il faut, néanmoins, observer que le chiffre sensiblement inférieur (1^m417) trouvé à la Basse-Terre pourrait provenir de la position de cette ville sous le vent. Moreau de Saint-Méry n'a trouvé, pour la quantité d'eau tombée au Port-au-Prince en 1786, que 0^m88. Il y aurait donc bien des expériences à faire pour connaître la variation des quantités de pluie au niveau de la mer avec les gisements.

(1) Cinq années d'observations pluviométriques (1846-1850) faites à l'hôpital de Cayenne, à la Guyane, donnent une somme annuelle de 3 mètres.

Mais c'est surtout l'élévation et le voisinage des montagnes qui paraissent influencer sur cette quantité. Les 3^m 219 trouvés au Pérou de juin 1850 à juin 1851 ne doivent pas paraître une anomalie. Moreau de Saint-Méry cite des localités de Saint-Domingue où il aurait observé 3^m 77 et même 5^m 71. Tout en reconnaissant que ces nombres méritent confirmation, on doit admettre qu'à quelques centaines de mètres aux Antilles la proportion annuelle de pluie est bien plus considérable qu'au niveau de la mer. Cet accroissement se maintient-il dans les régions culminantes? Il est permis d'en douter, car, si dans ces hauteurs règne un brouillard presque perpétuel, on y reçoit peut-être moins souvent des pluies très-denses. Dans tous les cas, la masse très-considérable de pluies que reçoivent ces montagnes explique aisément la multiplicité et l'importance relative des cours d'eau qui en découlent.

Le 16 novembre 1852.

Vu et approuvé,

Le Doyen,

MILNE EDWARDS.

Permis d'imprimer,

Le Recteur de l'Académie de la Seine,

CAYX.



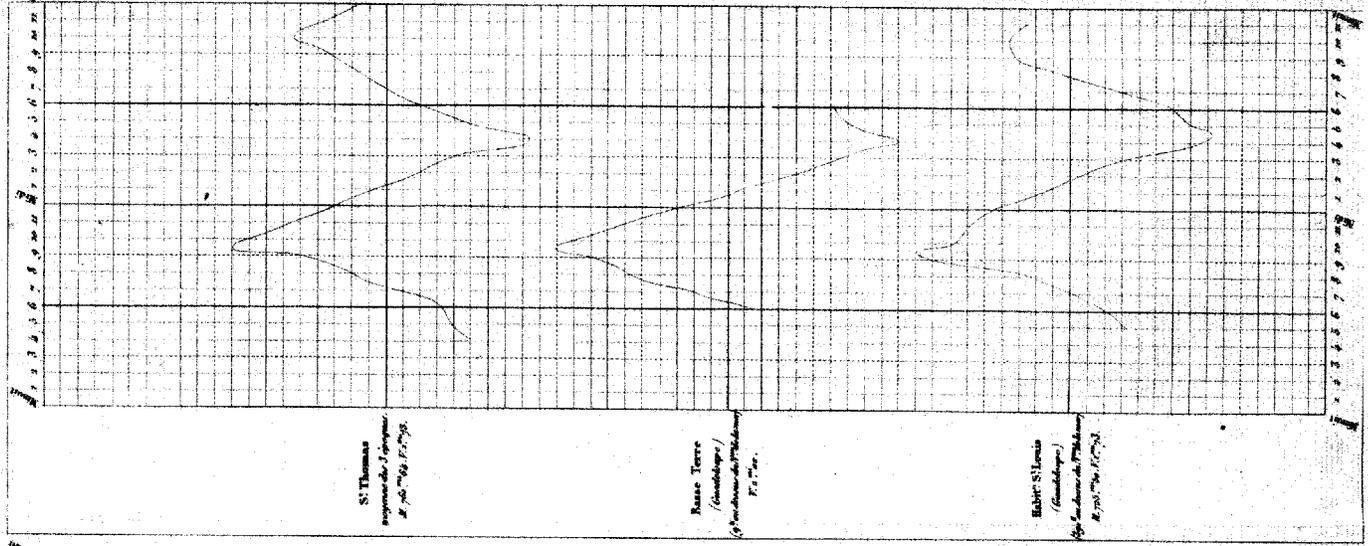
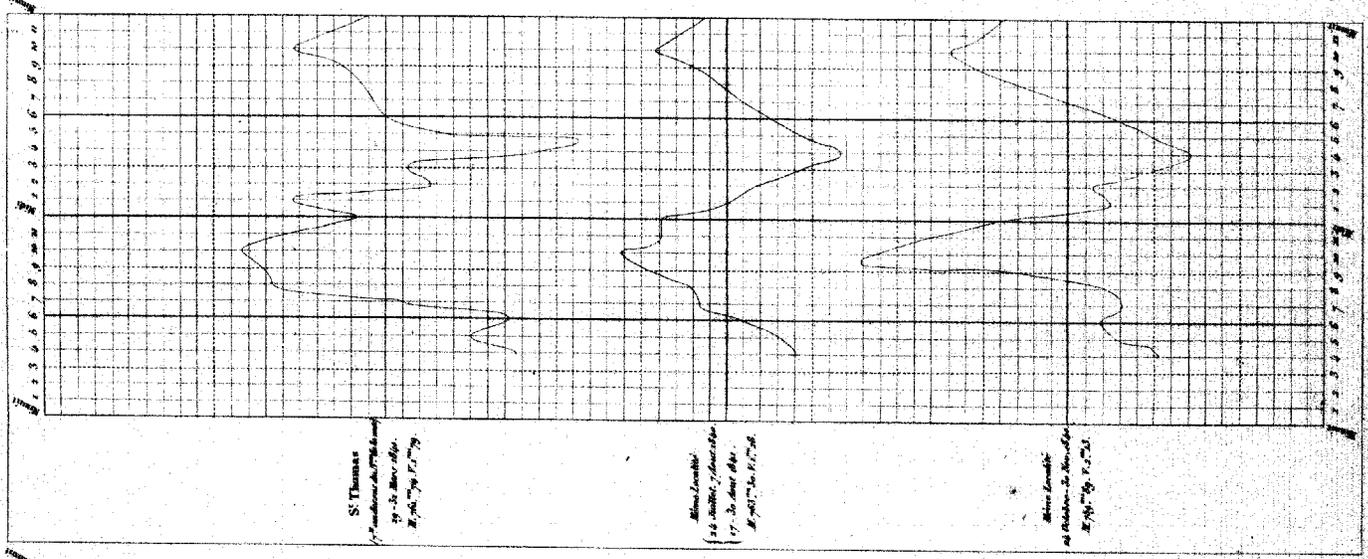
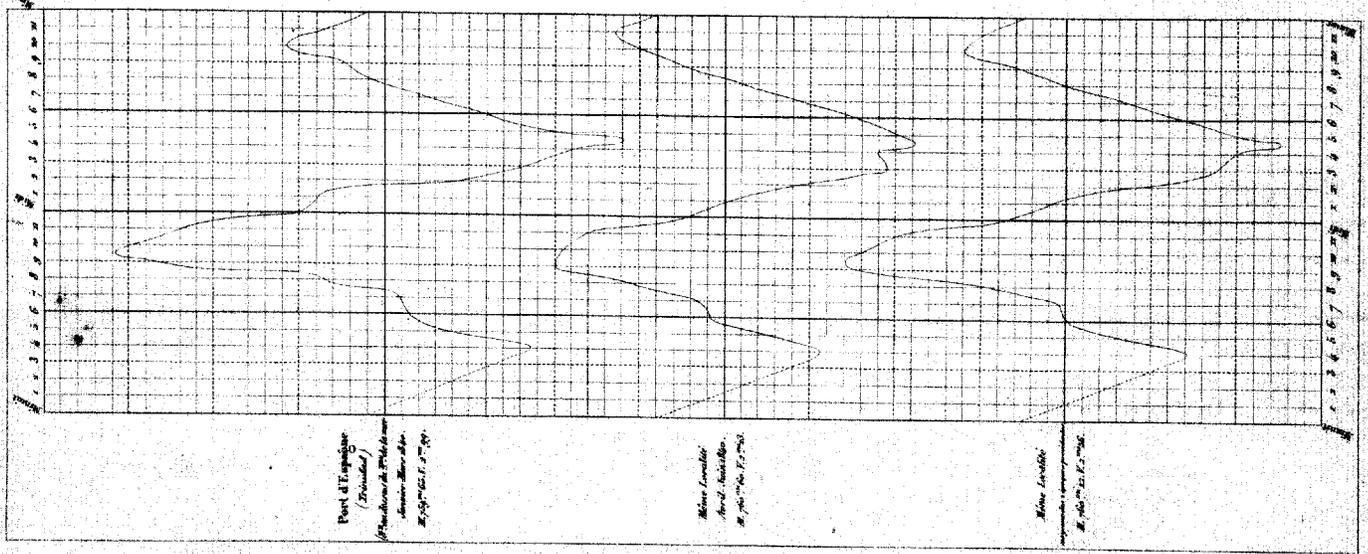
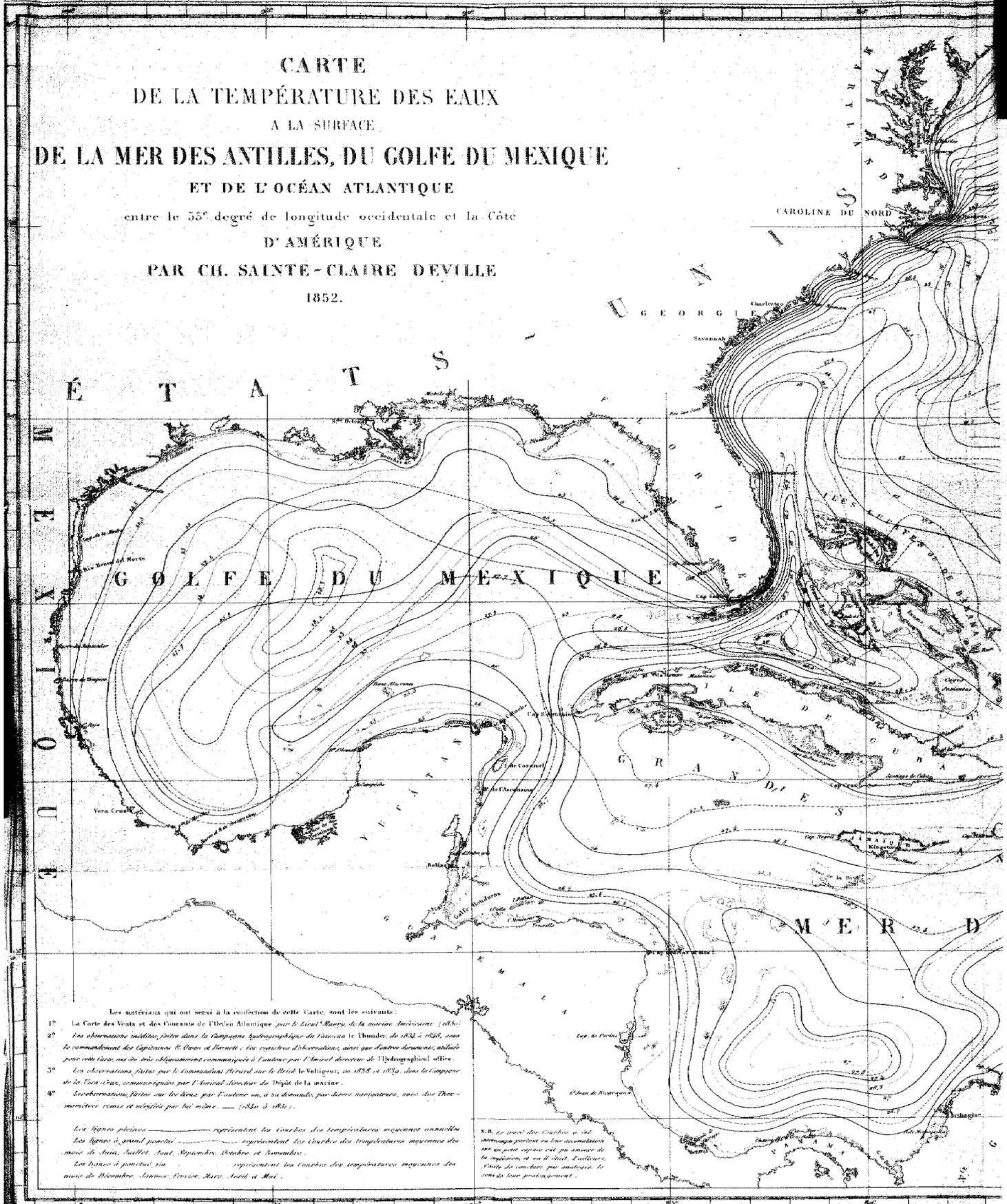


TABLEAU GRAPHIQUE DE LA VARIATION DIURNE DE LA HAUTEUR BAROMÉTRIQUE

CARTE
DE LA TEMPÉRATURE DES EAUX
 A LA SURFACE.
DE LA MER DES ANTILLES, DU GOLFE DU MEXIQUE
 ET DE L'Océan ATLANTIQUE
 entre le 55° degré de longitude occidentale et la Côte
 D'AMÉRIQUE
 PAR CH. SAINTE-CLAIRE DEVILLE

1852.



Les matériaux qui ont servi à la confection de cette Carte, sont les suivants :

- 1° La Carte des Vents et des Courants de l'Océan Atlantique par le Lieutenant Bory de Saint-Vincent (1836).
- 2° Les observations faites dans la Campagne hydrographique de l'Albatros le Thunder, de 1833 à 1836, sous le commandement des Capitaines R. Owen et Burnett. Les registres d'observations, ainsi que les autres documents, utilisés pour cette Carte, ont été obligeamment communiqués à l'auteur par l'Amiral directeur de l'Hydrographical Office.
- 3° Les observations faites par le Commandant Steward, sur le Brick le Voligeur, en 1838 et 1839, dans la Campagne de la Toca-Coca, communiquées par l'Amiral directeur du Dépôt de la marine.
- 4° Les observations faites sur les lieux par l'auteur en, à sa demande, par deux navigateurs, avec des thermomètres remis et vérifiés par lui-même. — (1838 à 1841).

Les lignes pleines ———— représentent les Courbes des températures moyennes annuelles.
 Les lignes à grand pointillé ———— représentent les Courbes des températures moyennes des mois de Juin, Juillet, Août, Septembre, Octobre et Novembre.
 Les lignes à petit pointillé ———— représentent les Courbes des températures moyennes des mois de Décembre, Janvier, Février, Mars, Avril et Mai.

N.B. Le trait des Courbes à très grand pointillé ou les courbes à très grand pointillé ont été tracés par suite de la confusion, et sur le fait, d'ailleurs, l'absence de courbes par suite de la rareté de leur production.

