

R) HF n° 78 (2)<sup>4</sup> in. 8°  
~~C. 201 57~~



# SUR LA PROFONDEUR

A LAQUELE SE TROUVE

## LA COUCHE DE TEMPÉRATURE INVARIABLE

ENTRE LES TROPIQUES, ETC.



## THÈSE

SOUTENUE DEVANT LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

LE 5 Juin 1854,

PAR J. B. BOUSSINGAULT.

**MM. Baron Thenard** (doyen),  
 Dulong,  
 Poisson,  
 Dumas,  
 Biot,  
 Lacroix,  
 Beudant,  
 Francœur,  
 Geoffroy-Saint-Hilaire,  
 Mirbel,  
 De Blainville,  
 Pouillet,  
 Constant Prévost,  
 Lefebure de Fourcy,  
 Levy,

} Professeurs et adjoints.

Vu et approuvé par le doyen de la Faculté des Sciences de l'Académie de Paris, le 28 avril 1854.

Baron *THENARD*.

Permis d'imprimer, l'inspecteur général chargé de l'administration de l'Académie de Paris.

*ROUSSELLE*.

---

# MÉMOIRE SUR LA PROFONDEUR

A LAQUELLE

**SE TROUVE LA COUCHE DE TEMPÉRATURE INVARIABLE**

ENTRE LES TROPIQUES ;

## DÉTERMINATION

DE

**LA TEMPÉRATURE MOYENNE DE LA ZONE TORRIDE**

AU NIVEAU DE LA MER ;

## OBSERVATIONS

SUR LA

DÉTERMINATION DE LA CHALEUR DANS LES CORDILLÈRES.

**PAR M. BOUSSINGAULT.**

(Extrait des *Annales de Chimie et de Physique*, juillet 1833.)

---

Lorsqu'on se livre, dans les régions équinoxiales, aux observations météorologiques, on est frappé du peu d'étendue des variations thermométriques. Dans les climats brûlans des côtes, comme sur les plateaux aériens des Andes, le thermomètre, dans une année entière, n'oscille que de quelques degrés autour de la tempéra-

ture moyenne ; néanmoins la détermination de la température moyenne d'un lieu , si facile à obtenir pour un observateur sédentaire , devient impraticable pour le voyageur qui ne fait que passer. Aussi , dans la plupart des cas , doit-il se contenter de nombres approchés qui , dans l'état progressif de la météorologie , ne présentent déjà plus qu'un faible intérêt pour la science.

Dans les deux dernières années qui précédèrent mon retour en Europe , en jetant un regard sur le passé , je voyais avec peine que , parmi les nombreux points dont j'avais fixé la hauteur au-dessus du niveau de la mer , il s'en trouvait seulement quelques-uns dont je possédais les élémens du climat moyen. Tout en reconnaissant l'intérêt que mes observations barométriques pourraient offrir à la géologie et à la géographie physique , je ne me dissimulais pas que , le plus souvent , la rapidité de mes marches , m'avait fait négliger une des questions les plus propres à piquer la curiosité du physicien qui porte ses instrumens dans les montagnes ; celle du décroissement de la chaleur dans les Cordilières. Je sentis dès-lors l'importance qu'il y aurait à imaginer un moyen , à l'aide duquel un voyageur pût , dans un espace de temps très limité , se procurer la température moyenne d'une station dont il aurait déterminé l'élévation absolue.

En Europe , la température moyenne d'un lieu est donnée avec assez d'exactitude par la température constante des caves ou des puits ; mais dans les Cordilières , il faut peu compter sur cette ressource , vu que souvent on peut faire plusieurs centaines de lieues avant de rencontrer une cave ou un puits. Les sondages pourraient

être mis en usage pour obtenir la température moyenne , si la profondeur qu'il faut atteindre n'était déjà un grand obstacle pour un voyageur.

La profondeur à laquelle se trouve la couche de température invariable dépend de la grandeur des variations thermométriques qui ont lieu dans le cours d'une année. Ainsi , on conçoit que dans les latitudes élevées , cette profondeur soit considérable ; à Paris , par exemple , M. Arago trouve qu'à 25 pieds au-dessous de la surface du sol , un thermomètre ne reste pas encore stationnaire. On conçoit encore que dans un climat constant cette profondeur soit déjà beaucoup moindre que dans un climat excessif ; puisque si le climat d'un pays était absolument invariable , c'est-à-dire si la température de l'atmosphère pendant l'année entière , était tous les jours et à toutes les heures semblable , la température du sol serait évidemment égale à celle de l'air , de sorte que la profondeur à laquelle il serait nécessaire de descendre pour trouver la couche invariable serait exprimée par 0. Or, le climat des régions équinoxiales étant éminemment constant , et s'approchant du cas hypothétique que je viens d'énoncer , on devait penser que la profondeur qu'il faudrait atteindre pour se procurer la température moyenne d'un lieu pourrait être tellement peu considérable , qu'il deviendrait facile d'employer le sondage pour la déterminer.

En 1830 , durant ma résidence à la Vega de Zupia , je commençai une série d'observations dirigées vers cet objet. Les résultats auxquels je suis parvenu ont surpassé les espérances que j'avais conçues. En effet , il semble résulter de mes observations qu'un voyageur

peut, en moins d'une heure, obtenir la température moyenne d'une ville, d'un village, en un mot d'un endroit habité, placé entre les tropiques, quelle que soit d'ailleurs l'élévation sur le niveau de la mer.

En Europe, les observations pour rechercher la couche de température invariable, au moyen du sondage, ont toutes été faites à ciel découvert; on n'a nullement cherché à se mettre à l'abri : de l'échauffement direct dû aux rayons solaires; du rayonnement nocturne; de l'action des eaux pluviales, action qui doit varier considérablement selon la plus ou moins grande porosité du terrain. Comme j'avais uniquement en vue de rendre le sondage applicable à la recherche de la température moyenne, il m'importait d'observer dans les conditions les plus favorables à l'objet que je me proposais, et qui étaient celles qui pouvaient permettre d'obtenir cette température à la moindre profondeur possible. Pour éviter l'influence des causes perturbatrices que j'ai signalées tout à l'heure, j'ai toujours observé dans un endroit abrité, un rez-de-chaussée, une cabane d'Indien, un simple hangar. Un toit est un écran qui satisfait à la fois à toutes les conditions que je cherchais à remplir. Dans le village de Zupia, mon thermomètre était placé au rez-de-chaussée, dans un trou de 8 pouces pratiqué dans le sol; ce trou avait un demi-pouce de diamètre. La maison était couverte de feuilles de palmier. L'instrument était muni d'un cordon qui permettait de le retirer pour le consulter. Lorsque le thermomètre était en expérience, on bouchait l'orifice du trou avec un morceau de carton sur lequel on appliquait une grosse pierre.

La température moyenne du village de Zupia avait été fixée à 21°,5 par de nombreuses séries d'observations thermométriques faites en 1825, 1826 et 1829. Zupia est élevé au-dessus de la mer de 1225 mètres.

Je rapporterai maintenant la marche du thermomètre au-dessous du sol, telle que je l'ai observée dans différentes localités.

Zupia 1830.	8 pouces sous terre.	Dans l'air.
Août le 3 à 9 h. m.	21°,4 c.	21°,7 c.
10	21,4	22,2
11	21,5	22,2
1	21,5	23,8
3	21,5	22,8
Août le 9 à 8 h. m.	21°,4 c.	20°,0 c.
midi	21,4	23,3
5	21,4	22,2
le 10 à midi	21,4	23,3
4	21,4	23,5
le 11 à midi	21,4	22,5
le 12 à 9 h. m.	21,3	20,5
midi	21,3	21,1
le 13 à 9 h. m.	21,3	20,6
3	21,5	22,6
4	21,3	23,9
le 15 à midi	21,3	22,8
le 16 à midi	21,3	22,8
3	21,3	22,3
le 18 à midi	21,3	24,4

La boule du thermomètre a été placée à un pied au-dessous de la surface du sol.

Zupia 1830. A 1 pied sous terre.

le 18 à 3 h. soir	21°,5	23°,4
4	21,5	22,3
6	21,5	21,7
9	21,5	22,2
le 19 à 9 h. m.	21,5	21,1
midi	21,5	21,7
2	21,5	22,8
3	21,6	22,2
6	21,6	22,2
le 20 à 11 h. m.	21,5	21,1
midi	21,5	21,7
3	21,5	22,2
Août le 21 à 3 h. s.	21,6	»
5	21,5	»
le 22 à 9 h. m.	21,5	»
3 h. s.	21,6	»

Pendant les mois de septembre, octobre et novembre, le thermomètre a toujours indiqué 21°,5.

*Observations faites aux mines de Marmato.*

Le thermomètre a été placé à 1 pied dans le sol, dans une salle basse de la maison du surintendant des mines. La température moyenne de cette maison déduite d'une année d'observations est de 20°,5. Elle est élevée au-dessus de l'Océan de 1426 mètres.

Thermomètre sous terre.

Le 9 septembre 1830 à 11 h. m.	20°,5
1	20,5
3	20,5

## Thermomètre sous terre.

le 10 à 8 h. m.	20 ,3
11	20 ,3
1	20 ,4
2	20 ,5
3	20 ,5

*Observations faites à Anserma Nuevo.*

Vallée du Cauca. Élévation, 1050 mètres.

Le thermomètre placé à 1 pied de profondeur dans le sol d'un rez-de-chaussée.

Le 16 décembre 1830 à 8 h. m.	23°,8
le 19 à 8 h. m.	23 ,7
le 21 à 3 h. s.	23 ,7
le 22 à 9 h. m.	23 ,7
11	23 ,7
9 h. s.	23 ,6
10	23 ,6

Pendant les mois de janvier et février 1831, le thermomètre a toujours indiqué de 23°,6 à 23°,7.

Des observations faites par Caldas, dans voisinage d'Anserma, donnent à cette partie de la vallée du Cauca une température moyenne de 23°,8.

*Observations faites au village de Puracé.*

Dans la Troja del Cura, élevée de 2651 mètres au-dessus de la mer, le thermomètre a été placé dans le sol à 1 pied de profondeur.

	Therm. sous terre.	Therm. dans l'air.
Le 17 avril 1831 à 11 h. m.	13°,1	14°,8
midi	13,1	15,7
2	13,1	14,9
4	13,1	14,2
Le 18 à 8 h. m.	13,1	14,0
9	13,1	15,7

### *Observations faites à Popayan.*

Cette ville est élevée de 1808 mètres sur le niveau de la mer. Caldas donne à Popayan une température moyenne de 18°,7. Un thermomètre placé à 1 pied au-dessous de la surface du sol a constamment indiqué pendant dix jours 18°,2.

Pasto ; élévation , 2610 mètres.

Vers la fin de mai 1831, un thermomètre placé à 1 pied dans le sol est resté fixe à 14°,7. Caldas qui a fait un assez long séjour dans cette ville, lui assigne une température moyenne de 14°,6.

Quito ; élévation , 2914 mètres.

La température moyenne de Quito a été fixée par deux observateurs établis dans cette ville, MM. les colonels Hall et Salaza ; leurs observations ont été faites avec le plus grand soin, et en employant d'excellens instrumens dont j'ai eu l'occasion de constater l'exactitude.

Le thermomètre était observé au lever du soleil et à 2 heures après midi.

*Observations de M. le colonel Hall.*

	Température moyenne.
1825. Juillet ,	16°,5
Août ,	16 ,7
Octobre ,	15 ,1
1826. Février ,	15 ,9
Mars ,	15 ,7
Avril ,	15 ,5
Mai ,	15 ,4
Juin ,	14 ,1
Août ,	16 ,0
Septembre ,	16 ,4
Octobre ,	15 ,7
Novembre ,	15 ,7
Décembre ,	14 ,8
1827. Janvier ,	15 ,3
Février ,	16 ,5
Mars ,	15 ,2
Avril ,	15 ,2

*Observations de M. Salaza.*

	Température moyenne.
1827. Juillet ,	13°,7
Août ,	15 ,5
Septembre ,	16 ,2
Octobre ,	15 ,8
Novembre ,	15 ,0
Décembre ,	16 ,9
Janvier ,	14 ,4

## Température moyenne.

Février,	15 ,9
Mars ,	15 ,8
Avril ,	15 ,7
Mai ,	16 ,4
Juin ,	15 ,9

Ces observations donnent une température moyenne de 15°,55.

Pendant mon séjour à Quito , j'engageai M. Salaza à suivre la marche de son thermomètre mis à 1 pied au-dessous de la surface du sol. Les observations furent faites dans une salle basse.

MOIS.	DATES.	THERMOMÈTRE.			
		à 7 h. m.	à 11 h.	à 2 h.	à 4 h.
Septembre 1831.	26	15°,5	15°,5	15°,5	15°,5
	27	15 ,5	15 ,5	15 ,3	15 ,5
	28	15 ,3	15 ,5	15 ,5	15 ,5
	29	15 ,5	15 ,5	15 ,5	15 ,5
	30	15 ,5	15 ,5	15 ,5	15 ,5
Octobre.	1	15 ,3	15 ,5	15 ,5	15 ,5
	2	15 ,5	15 ,5	15 ,5	15 ,5
	3	15 ,4	15 ,5	15 ,4	15 ,5
	4	15 ,5	15 ,5	15 ,5	15 ,5
	5	15 ,5	15 ,4	15 ,5	15 ,5
	6	15 ,5	15 ,5	15 ,5	15 ,5
	7	15 ,4	15 ,5	15 ,5	15 ,5

Les observations que je viens de rapporter établissent , ce me semble , d'une manière certaine que la température moyenne d'un lieu abrité situé entre les tropiques , est donnée par la température du sol prise à 1 pied de profondeur.

Une fois que j'eus reconnu la possibilité d'obtenir, par un moyen aussi prompt que facile, la température moyenne d'un lieu, j'emportais dans mes voyages un fleuret de mineur, à l'aide duquel je pratiquais aisément dans le sol un trou d'un pied de profondeur; je pus ainsi déterminer la température propre à un grand nombre d'endroits habités dont je mesurais en même temps l'élévation absolue. Dans ce genre de recherches, je n'éprouvai qu'un désagrément, ce fut de passer pour un chercheur de trésors cachés, un *guaquero*. Les Américains donnent ce nom à des hommes qui se livrent avec plus ou moins de succès à la recherche des anciens tombeaux d'Indiens, dans lesquels on rencontre quelquefois une valeur considérable en ornemens d'or. Mes observations sont comprises entre le 11<sup>e</sup> degré de latitude boréale et le 5<sup>e</sup> degré de latitude australe. Dans le sens vertical, j'ai été assez heureux pour porter mes instrumens jusqu'à la hauteur de 6000 mètres. Mais avant de faire connaître les faits que j'ai recueillis sur le climat des différens étages des Cordilières, je discuterai les observations faites, tant sur les côtes du grand Océan que sur celles de la mer des Antilles, dans le but de fixer aussi exactement que possible la température moyenne de la zone torride au niveau et sur les bords de la mer.

*De la température des côtes dans le voisinage de l'équateur.*

Les premières notions précises que nous ayons eues sur la température moyenne des régions équinoxiales

sont dues à M. de Humboldt, et bien que ce célèbre voyageur n'ait peut-être pas réuni lui-même un nombre suffisant d'observations, il sut discuter avec une telle sagacité les données qu'il avait pu se procurer, que le nombre  $27^{\circ},5$  qu'il en a déduit me paraît approcher infiniment de la vérité. Kirwan, comme on sait, avait admis près de  $29^{\circ}$  et plus récemment M. Brewster, dans sa formule climatérique, adopta  $28^{\circ},2$ . Un autre savant anglais, M. Atkinson, en soumettant au calcul les propres observations de M. de Humboldt, arrive à trouver  $29^{\circ},2$  pour la température moyenne de l'équateur. Cette température est certainement trop élevée; toutefois je ne pense pas qu'on puisse exprimer par un seul nombre la température moyenne de la zone équatoriale. Les circonstances locales modifient tellement le climat de cette zone, que souvent deux points très rapprochés possèdent des températures qui diffèrent de près d'un degré centigrade. C'est ce qui ressortira des observations que je vais faire connaître. Je suis redevable d'une partie de ces observations aux franches communications de mon ami le colonel Hall, qui, durant la guerre de l'Indépendance, trouva le moyen de donner quelques momens à la science.

*Côtes baignées par la mer du Nord.*

Cumana.

Tempér. moyenne  $27^{\circ},5$ , selon M. de Humboldt.

La Guayra.

Dix jours d'observations donnèrent à ce port une température moyenne de  $27^{\circ},0$ . La Guayra est située au pied d'une chaîne de montagnes élevées.

Rio Hacha.

Par 7 mois d'observations (décembre 1822 à juin 1823), M. Hall trouve  $28^{\circ},1$  pour la température moyenne de cette ville.

Santa-Marta.

En juillet 1832, j'ai pris la température de l'eau d'un puits, dans une maison placée au milieu de la ville.

Le 20, à 6 heures du soir, temp.  $28^{\circ},6$ .

Le 21, à 6 heures du matin, temp.  $28^{\circ},6$ .

La surface de l'eau se trouve à 5 mètres au-dessous du sol.

Barranquilla, bouches de la Magdalena.

M. Hall a déduit de deux mois d'observations la température de ce port de  $27^{\circ},9$ .

Cartagena de Indias.

A Cartagena, on fait usage des eaux pluviales qui tombent pendant l'hivernage; ces eaux sont reçues et conservées dans de vastes citernes construites sous les maisons. En juillet 1832, j'ai trouvé la température de plusieurs de ces citernes de  $27^{\circ},5$ .

*Côtes de la mer du Sud.*

Panama.

Par un mois d'observations, en septembre 1824, M. Hall croit devoir fixer la température moyenne de Panama à  $27^{\circ},2$ .

Tumaco.

En février 1832, un thermomètre placé à 1 pied dans le sol d'une cabane, a marqué  $26^{\circ},1$ . Tumaco fait partie du Choco, le pays qui l'entourne est humide et très boisé.

## Esméraldas.

Des observations faites en juin 1828 donneraient 26°,4 pour la température de ce village. Esméraldas est situé sur les bords de la rivière de ce nom ; le pays est boisé et humide.

## Guayaquil.

En janvier 1832, un thermomètre mis à 1 pied dans le sol d'un rez-de-chaussée, a indiqué 26°. M. Hall, par 6 mois d'observations, croit pouvoir assigner à ce port une température moyenne de 25°,6. Guayaquil, situé sur les bords du Guayas, est environné de forêts et de marécages.

## Payta.

Un thermomètre placé à 1 pied sous terre dans le sol d'une maison située près du bord de la mer, a indiqué, en janvier 1833, 27°,1. Payta se trouve sur un terrain sablonneux, privé d'eau et de végétation ; il n'y pleut jamais.

On peut résumer ces différentes observations dans le tableau suivant :

PORTS.	LATITUDE.	TEMPÉR. MOY.	REMARQUES.
Cumana,	10° 27' N.	27°,5	Pays sec, peu boisé.
La Guayra,	10° 35' N.	27°,5	Montagnes arides.
Río Hacha,	11° 40' N.	28°,1	
Santa-Marta,	11° 15' N.	28°,5	Pays très aride.
Barranquilla,	11° 0' N.	27°,9	<i>id.</i>
Cartagena,	10° 25' N.	27°,5	Pays marécageux.
Panama,	8° 58' N.	27°,2	
Tumaco,	1° 40' N.	26°,1	Très boisé, très humide.
Esméraldas,	0° 55' N.	26°,4	<i>id.</i>
Guayaquil,	2° 11' S.	26°,0	<i>id.</i>
Payta,	5° 5' S.	27°,1	Très sec.

On peut donc établir que la température moyenne de la zone torride varie de 26° c. à 28°,5. L'abondance des forêts et l'humidité qui en résulte tend à refroidir le climat d'un pays, tandis que la sécheresse et l'aridité, qui en est une conséquence, tend au contraire à en augmenter la chaleur. Rien n'est aussi propre à faire ressortir cette vérité, que le climat d'une partie de la côte baignée par la mer du Sud. Depuis la baie de Cupica jusqu'au golfe de Guayaquil, le pays, recouvert de forêts immenses, est sillonné par de nombreuses rivières; les pluies y sont presque continuelles; la température moyenne de cette contrée humide s'élève à peine au-dessus de 26° c. A partir de Tombez, le terrain devient d'une aridité remarquable; à Payta commencent les déserts de sables de Piura et de Sechura; à l'humidité constante du Choco succède presque subitement une sécheresse extrême, et la température moyenne de la côte s'accroît aussitôt de 1° c. Dans ce qui précède, j'ai seulement cru devoir considérer les lieux situés au bord de la mer. Dans l'intérieur des terres, la température augmente d'une manière sensible. Malheureusement, nous ne possédons, pour la bande équatoriale du continent américain, aucune observation faite dans les plaines placées à l'est des Cordilières. Cependant, en considérant seulement la vallée supérieure de la Magdalena, on trouve que, malgré une élévation de plus de 200 mètres, la température moyenne de cette vallée est encore égale à celle de Cartagena et supérieure par conséquent à celle de Guayaquil et de Tumaco.

*Températures moyennes prises à différentes hauteurs  
dans les Cordilières.*

Lorsqu'on s'élève dans l'atmosphère, la température décroît avec rapidité. Les lieux situés dans les montagnes possèdent un climat d'autant plus rigoureux, qu'ils sont placés à une plus grande élévation. Sous l'équateur même, la hauteur modifie tellement le climat, que la métairie d'Antisana, dont la latitude n'atteint pas 1° sud, mais qui est élevée de plus de 4000 mètres, présente une température moyenne qui ne diffère pas sensiblement de celle de Saint-Pétersbourg. Près de là, mais encore plus haut, le sommet du Cayambe, recouvert d'une immense plaine de neige, est traversé par la ligne équinoxiale.

Le froid qui règne sur les hautes montagnes a donné naissance à une foule d'hypothèses. Aujourd'hui les physiciens l'attribuent à l'effet simultané de plusieurs causes; la plus influente serait la grande capacité pour la chaleur, acquise par l'air des régions basses, lorsqu'en s'élevant il vient à se dilater dans les régions élevées. On pense aussi que la radiation nocturne doit s'exercer avec plus de liberté, et partant, avec plus d'intensité au milieu d'une atmosphère raréfiée. Cependant, en me bornant toutefois aux observations qui me sont propres et que j'ai faites dans les Cordilières, je crois que cette cause de refroidissement n'est pas sensiblement plus énergique que dans les plaines. Quelques personnes sont aussi d'opinion que le froid des hautes montagnes est occasioné, en partie du moins, par la plus grande distance

du feu central. Cette manière de penser n'a rencontré, j'imagine, que fort peu de partisans. Des expériences sur la température des mines de Marmato, dans la Nouvelle-Grenade, semblent indiquer que cette cause n'a pas d'influence appréciable.

La montagne métallifère de Marmato est tellement escarpée qu'on peut la considérer comme un énorme mur de syénite-porphyrrique. A différentes hauteurs, on pénètre dans son intérieur par des galeries horizontales. Dans une de ces galeries, celle nommée la Cruzada, le sol possède une élévation absolue de 1460 mètres, la température moyenne de l'entrée de la galerie est de 20° c. ; en avançant vers son intérieur, on observe un accroissement de température d'environ 1° pour une longueur de 33 mètres ; je dis environ, parce que cet accroissement n'est pas régulier, il paraît subordonné à l'épaisseur de la roche qui recouvre la galerie ; il varie, pour ainsi dire, avec le relief de la surface du terrain. Néanmoins, lorsque j'habitais ces mines, les ouvriers se trouvaient déjà plongés dans une atmosphère dont la température approchait de celle qui est propre au niveau de la mer.

Les observations recueillies à la Nouvelle-Espagne par M. de Humboldt sont bien plus frappantes encore. Les mines de Guanaxuato ont une température moyenne à leur surface qui peut être évaluée à 16°. Les mineurs, qui travaillent dans ces mines à une profondeur de 522 mètres, sont déjà exposés à une chaleur de 36°,8 ; cependant ils sont encore à plus de 1500 mètres au-dessus du niveau de l'Océan.

Les lieux qui font partie d'une chaîne de montagnes possèdent souvent, à élévations égales, des climats assez différents. La température qui serait propre à une station parfaitement isolée est nécessairement modifiée par une

foule de circonstances qu'il est facile d'énumérer. Ainsi le rayonnement des plateaux échauffés, la nature du terrain, l'abondance des forêts, l'humidité ou l'aridité du sol, le voisinage des glaciers, l'accumulation des nuages, etc., etc., sont autant de causes qui tendent à modifier le climat des lieux fixés sur la masse solide du globe. Dans les Cordilières, on a remarqué que les habitations, qu'on rencontre ordinairement sur les bords des plateaux, ont un climat plus froid que les villages de l'intérieur. Facatativa, par exemple, situé à l'extrémité O de l'esplanade de Bogota, a une température de 13°, 1 c., tandis que celle de Santa-Fé, à la même hauteur, mais placée à 21 milles dans l'intérieur, est déjà de 14°, 3.

Je terminerai ce mémoire en présentant un tableau des températures moyennes des lieux placés à différentes hauteurs dans les Cordilières intertropicales. J'ai cru devoir indiquer la nature géologique du terrain et l'aspect physique du pays. On remarquera que les contrées sèches et arides sont, à hauteur égale, plus chaudes que celles qui sont entourées de forêts. C'est pour cette raison que Quito, Rio-Bamba, Latacunga, Ambato, quoique plus élevées que Santa-Fé, Puracé, Santa-Rosa, Paispamba, possèdent néanmoins un climat plus doux.

La constitution géologique du pays ne paraît pas avoir une influence marquée sur le climat; le voisinage même des volcans en activité ne semble pas affecter la température de la surface du sol. Ainsi, Puracé, Pasto, Cumbal, qui sont dominées par des volcans enflammés, ont une température qui n'est pas plus élevée que celle de Bogota, de Santa-Rosa de Osos, du Paramo de Hervé, endroits placés sur des terrains qui ne sont nullement volcaniques.

Pour la température de la limite inférieure des neiges sous l'équateur, j'ai adopté le nombre 1°, 5 c. donné par M. de Humboldt. Dans l'espoir de recueillir des

données sur la température des glaciers, j'ai exécuté plusieurs ascensions. Sur l'Antisana, à la hauteur de 5460 mètres, je découvris une caverne percée dans la glace; le sol de cette grotte était trop meuble pour s'y aventurer seul et sans être attaché. Un Indien qui m'avait accompagné aurait pu m'être de quelque secours, mais il fut subitement atteint de vertiges, son pouls battait avec une fréquence extraordinaire; son visage était pourpre, ses yeux hagards. Je plaçai mon thermomètre dans un trou de 14 pouces de profondeur, percé dans la glace à l'entrée de la caverne; je trouvai la température de cette station de  $-1^{\circ},7$ . Le thermomètre à l'ombre indiquait au même instant  $0^{\circ}$ .

Je me proposais de revenir sur l'Antisana, et de faire des tentatives pour pénétrer dans la caverne, mais le soir même j'étais aveugle; mon Indien, un nègre qui portait le baromètre, le colonel Hall, qui était resté sur la *Plaza neada*, éprouvèrent le même accident.

Après ma guérison, je fis encore quelques excursions sur les glaciers, mais sans être assez heureux pour rencontrer, comme sur l'Antisana, un endroit propre à déterminer la température moyenne. Le 16 décembre 1831, je parvins sur le Chimborazo, à la hauteur de 6000 mètres, la neige était en fusion, l'eau qui en résultait mouillait à une certaine profondeur la neige poreuse qui recouvrait la roche sur laquelle nous nous trouvions. Aussi, à 1 pied de profondeur, le thermomètre indiquait-il  $0^{\circ}$ , comme à la surface. La température de l'air à l'ombre d'un rocher de trachyte était de  $7^{\circ}$  c.

A cette énorme élévation, nous n'éprouvâmes aucun des accidens auxquels sont exposés les voyageurs qui s'élèvent sur les montagnes, accidens que nous avons ressenti nous-mêmes sur les glaces du Cotopaxi. Mon pouls, comme celui de M. Hall, qui cette fois voulut encore partager mes dangers, battait 106 pulsations par minute.

LOCALITÉS (1).	ÉLÉVATION. MÈTRES.	TEMPÉR. MOYENNE.	NATURE du TERRAIN.	REMARQUES GÉNÉRALES.	OBSERVATEURS.
Cumana,	0 <sup>m</sup>	27° 5		Terrain aride, mer du Nord.	De Humboldt.
La Guayra,	0	27, 0	Micaschiste,	Au pied de montagnes élevées.	Rivero et Boussingault.
Rio-Hacha,	0	28, 1	Alluvions,	Sables.	Colonel Francis Hall.
Santa-Marta,	0	28, 5	Schiste amphib.,	Sol couvert de sable blanc.	Boussingault.
Barranquilla,	0	27, 9		Bouches de la Magdalena.	Hall.
Cartagena,	0	27, 5	Conglom. madrép.,	Pays marécageux.	Boussingault.
Panama,	0	27, 2	Micaschiste,	Assez boisé, mer du Sud.	Hall.
Tumaco,	0	26, 1	Alluvions,	Très boisé, très humide.	Boussingault.
Guayaquil,	0	26, 0	<i>Id.</i>	Très humide, couvert de bois.	<i>Id.</i>
Payla,	0	27, 1	Calcaire tertiaire,	Pays très sec, il n'y pleut jamais.	<i>Id.</i>
Esmeraldas,		26, 4	Alluvions,	Forêts étendues.	Hall.
Barranca Nuevo,		27, 6	<i>Id.</i>	Bords de la Magdalena.	Boussingault.
San-Carlos,	169	27, 5	Grès,	Venezuela, plaines étendues.	Rivero et Boussingault.
Novita, Choco,	180	26, 1	Alluvion platinifère,	Forêts, rivières nombreuses.	Boussingault.
Honda,	208	27, 7	Grès,	Bords de la Magdalena.	<i>Id.</i>
Giramena,	216	27, 2	<i>Id.</i>	Steppes du Meta.	Nivero, Roulin et Boussing.
Tomependa,	390	25, 8		Rivière des Amazones.	De Humboldt.
Cayma,	393	27, 7	Alluvion,	Magdalena, pays défriché.	Boussingault.
Estanque,	426	26, 8	Micaschiste, grès,	Rio Chama, Cacagual.	Hall.
San-Martin,	432	26, 6	Grès,	Steppes du Meta.	Rivero, Roulin et Boussing.
Maracay,	439	25, 5	Gneiss.,	Lac Tacarigua, Venezuela.	Rivero et Boussingault.
Haguita, Choco,	465	26, 1	Schiste argileux,	Forêts étendues.	Boussingault.
Valencia,	488	26, 0	Gneiss.,	Plaines étendues.	Rivero et Boussingault.
Neiva,	519	25, 0		Bords de la Magdalena.	Caldas.
Barquisimeto,	522	25, 6	Alluvions,	Plaines arides.	Rivero et Boussingault.
Mariquita,	548	25, 4	<i>Id.</i>	Vallée de la Magdalena.	Boussingault.
La Vittoria,	561	25, 6	Gneiss. granite,	Vallées d'Aragua.	Rivero, Boussing. et Hall.

Alto de Monbù,	583 <sup>m</sup>	25 <sup>o</sup> , 0	Grunstein,	Choco, pays très boisé.	Boussingault.
Antioquia,	629	25 <sup>o</sup> , 3	Syenite,	Vallée du Cauca.	<i>Id.</i>
Tocuyo,	629	24 <sup>o</sup> , 4	Grès,	Venezuela.	Rivero et Boussingault.
Truxillo,	735	25 <sup>o</sup> , 0	<i>Id.</i>	A la rivière, Venezuela.	<i>Id.</i>
Tambo de la Orqueta,	735	25 <sup>o</sup> , 0	Schiste argileux,	Choco, pays boisé.	Boussingault.
San-Geronimo,	753	24 <sup>o</sup> , 0	Syenite,	Pays montagneux.	<i>Id.</i>
Truxillo,	832	24 <sup>o</sup> , 0	Grès,	Au calvaire, Venezuela.	Rivero et Boussingault.
Villeta,	839	25 <sup>o</sup> , 5	Schiste argileux,	Vallée étroite et aride.	Boussingault.
Chamí, à la rivière, 2	901	22 <sup>o</sup> , 5	<i>Id.</i>	Forêts du Choco.	<i>Id.</i>
Caracas,	936	21 <sup>o</sup> , 9	Granite gneiss,	Pays assez boisé.	Hall, Rivero et Boussing.
Roldanillo,	958	24 <sup>o</sup> , 4	Grunstein,	Vallée du Cauca.	Boussingault.
Cartago,	979	24 <sup>o</sup> , 5	Grunstein, alluvion,	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>
Buga,	985	24 <sup>o</sup> , 4	Syenite, alluvion,	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>
Toro,	989	24 <sup>o</sup> , 4	Grunstein,	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>
El Bordo,	1011	23 <sup>o</sup> , 8	<i>Id.</i>	Vallée de Patia.	<i>Id.</i>
La Mojarta,	1018	24 <sup>o</sup> , 6	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>
Guaduas,	1022	23 <sup>o</sup> , 8	Grès,	Vallée étroite.	<i>Id.</i>
La Plata,	1048	23 <sup>o</sup> , 7			Caldas.
Anserma Nuevo,	1050	23 <sup>o</sup> , 7	Micaschiste,	Plaines.	Boussingault.
Santa-Ana,	1058	22 <sup>o</sup> , 0	<i>Id.</i>	Colline, forêts, près d'un glacier.	<i>Id.</i>
Llano grande,	1085	23 <sup>o</sup> , 1	Alluvion,	Vallée du Cauca.	<i>Id.</i>
El Palo,	1111	23 <sup>o</sup> , 3	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>
Carache,	1177	21 <sup>o</sup> , 3	Schiste, argil.,	Venezuela.	<i>Id.</i>
Juanambù,	1179	21 <sup>o</sup> , 7	Porphyre, alluv.,	Province de Pasto.	<i>Id.</i>
Vega de Zupia,	1225	21 <sup>o</sup> , 5	Syenite, porphyr.,	Pays humide et boisé.	<i>Id.</i>
Sombrierillo,	1271	20 <sup>o</sup> , 6	Congl. ponceux,	Pays aride.	<i>Id.</i>
Ibagué,	1323	21 <sup>o</sup> , 8	Granite,	Au pied de montagnes élevées.	<i>Id.</i>
Hacienda del Rodco,	1341	20 <sup>o</sup> , 0	Grunstein,	Près Anserma, collines.	<i>Id.</i>
Arma,	1418	20 <sup>o</sup> , 5	Syenite, porphyr.,	Pays boisé.	<i>Id.</i>
Marmato,	1426	20 <sup>o</sup> , 4	<i>Id.</i>	Contrée boisée.	<i>Id.</i>
Mandiva,	1427	23 <sup>o</sup> , 6	Grunstein,	Collines défrichées (douteuse).	<i>Id.</i>
La Canada,	1517	21 <sup>o</sup> , 2	Congl. porphyr.,	Plateau près Juanambù.	<i>Id.</i>
La Orqueta,	1520	19 <sup>o</sup> , 2	Syenite, porphyr.,	Forêts de Patia.	<i>Id.</i>
Medellin,	1547	20 <sup>o</sup> , 5	<i>Id.</i>	Plateau étendu.	<i>Id.</i>
Merida,	1619	22 <sup>o</sup> , 0	Grès,	Table assez étendue.	Rivero et Boussingault.
Cabullo, Venta,	1637	19 <sup>o</sup> , 4	Grunstein,	Llanos de Quilichao.	Boussingault.
Rodeo, Zupia,	1709	19 <sup>o</sup> , 2	Syenite, porphyr.,	Forêts.	<i>Id.</i>

(1) Ces localités sont toutes comprises entre le 11° degré de latitude N. O. et le 5° degré de latitude S.

LOCALITÉS.	ÉLEVATION.	TEMPÉR. MOYENNE.	NATURE du TERRAIN.	REMARQUES GÉNÉRALES.	OBSERVATEURS.
Estrella, Antioquia,	1721 <sup>m</sup>	18°,8	Syenite, porphyr.,	Pays montagneux.	Restrepo.
Quinchia,	1776	18°,8	<i>Id.</i>	Forêts.	Boussingault.
Anserma Viejo,	1788	17°,5	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>
Venta de Berruecos,	1789	17°,8	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>
Popayan,	1809	17°,5	Trachyte,	Pays très montagneux.	<i>Id.</i>
Riosucio, Zupia,	1818	19°,3	Syenite, porphyr.,	Domine le bassin de Zupia.	<i>Id.</i>
Ferme de Ortega,	1836	19°,1	Trachyte,	Pays boisé, près Pasto.	<i>Id.</i>
Baños,	1909	16°,7	<i>Idem.</i>	Forêts, près le Tunguragua.	<i>Id.</i>
Aznfal du Quindiu,	1977	16°,1	Micaschiste, trach.,	Forêts.	<i>Id.</i>
El Cedrito, Hervé,	2001	19°,5	Micaschiste,	Savanes.	<i>Id.</i>
Suatá,	2019	20°,0	Calcaire noir,	Sol aride.	<i>Id.</i>
El Moral, Quindiu,	2033	18°,0	Micaschiste,	Collines défrichées.	<i>Id.</i>
Loxa, Pérou,	2090	18°,0			De Humboldt.
Sameuga,	2101	17°,5	Trachyte,	Montagnes défrichées.	Boussingault.
Aguadas, Antioquia,	2108	16°,5	Syenite,	Végétation active.	<i>Id.</i>
Zotara, Popayan,	2256	16°,0	Trachyte,	Pays boisé.	<i>Id.</i>
Almaguer,	2260	17°,0			De Humboldt.
Ibarra,	2276	17°,2	Trachyte,	Sol aride.	Boussingault.
Pamplona,	3311	16°,5	Granite,	Pays découvert.	Rivero et Boussingault.
La Baxa,	2353	15°,0	Syenite, porphyr.,	Dans une gorge étroite.	Boussingault.
Alausi,	2430	15°,0			De Humboldt.
Ubata, Socorro,	2435	16°,5	Grès et calcaire,	Sec et aride.	Boussingault.
La Chorrera,	2493	16°,1	Trachyte,	Sol aride, près Quito.	<i>Id.</i>
Sonson, Antioquia,	2535	14°,0	Syenite,	Forêts.	<i>Id.</i>
Pelileo,	2541	15°,4	Schiste micacé,	Très aride, sables.	<i>Id.</i>
Ubaté,	2562	15°,5	Grès,	Plateau étendu.	Rivero et Boussingault.
Santa-Rosa de osos,	2579	14°,3	Syenite,	Petit plateau isolé.	Restrepo.

Chiquiquira ,	2597 <sup>m</sup>	16 <sup>o</sup> ,0	Grès ,	Plateau étendu.	Boussingault.
Pasto ,	2610	14 ,7	Trachyte ,	Vallée entourée de forêts.	<i>Id.</i>
Cuenca ,	2632	15 ,6	Grès ,		De Humboldt.
Paispamba ,	2634	13 ,0	Trachyte ,	Environné de forêts humides.	Boussingault.
Santa-Fé de Bogotà ,	2641	14 ,5	Grès ,	Plateau étendu.	Rivero, Boussing, et Caldas.
Puracé ,	2651	13 ,1	Trachyte ,	Sur la pente de la Cordillère.	Boussingault.
Ambato ,	2679	16 ,1	Sables volcaniques ,	Terrain très aride.	<i>Id.</i>
Mucchisa ,	2701	13 ,5		Près Yacunquer, forêts.	<i>Id.</i>
Guaranda ,	2722	15 ,0	Micaschiste ,	Pente vers Guayaquil.	Hall.
Santa-Rosa ,	2744	14 ,4	Grès ,	Plateau étendu.	Boussingault.
San-Pablo ,	2772	14 ,0	Trachyte ,	Prairies.	<i>Id.</i>
Tunja ,	2810	13 ,7	Grès ,	Plateau étendu.	<i>Id.</i>
Caxamarca , Pérou ,	2860	16 ,0		Plateau aride.	De Humboldt.
Latacunga ,	2861	15 ,5	Congl. ponceux ,	Plateau aride, sablonneux.	Boussingault
Riobamba ,	2870	16 ,4	Sol sablonneux ,	Terrain stérile.	<i>Id.</i>
Quito ,	2918	15 ,2	Trachyte ,	Plateau étendu , peu boisé.	<i>Id.</i>
Tusa ,	2943	11 ,0	<i>Id.</i>	Entouré de bois et de montagnes.	<i>Id.</i>
Chita ,	2970	12 ,0	Grès et calcaire ,	Entouré de hautes montagnes.	<i>Id.</i>
El Guayo , Riobamba ,	2971	11 ,0	Trachyte ,	Au pied du Chimborazo.	<i>Id.</i>
Mucuchies , village ,	2991	14 ,4	Grès ,	Sierra de Merida , aride.	Hall et Boussingault.
Pucará , près Ibarra ,	2995	14 ,7	Congl. trachitique ,	Plateau aride, sables blancs.	Boussingault.
Tulcan , village ,	3019	12 ,9	Trachyte ,	Assez boisé.	<i>Id.</i>
Malvasas , Popayan ,	3040	12 ,4	Micaschiste ,	Végétation active.	Caldas.
Tuqueres , village ,	3107	10 ,0	Trachyte ,	Terrain humide, Frelejon.	Boussingault.
Piñantura , ferme ,	3155	11 ,1	<i>Id.</i>	Au pied de la Cordillère,	<i>Id.</i>
Callo , ferme ,	3160	12 ,2	<i>Id.</i>	Au pied du Cotopaxi, plaine aride.	<i>Id.</i>
Paramo de Hervé ,	3167	10 ,3	Micaschiste ,	Environné de forêts.	<i>Id.</i>
Vetas , village ,	3218	9 ,5	Syenite , porphyr. ,	Entouré de hautes montagnes.	<i>Id.</i>
Cumbal , village ,	3219	10 ,7	Trachyte ,	Plateau étendu.	<i>Id.</i>
Alto de Salaza ,	3426	8 ,5	Grès ,	Sommet de la Cordillère de Chita.	<i>Id.</i>
Los Paramos ,	3500	8 ,5			De Humboldt.
Lisco , ferme ,	3549	8 ,9	Trachite ,	Près Quito.	Boussingault.
Pantano Vargas ,	3672	8 ,3	<i>Id.</i>	Au pied du Tolima.	<i>Id.</i>
Métairie d'Antisana ,	4072	4 ,4	<i>Id.</i>	Près Quito , table assez étendue.	<i>Id.</i>
Azufral de Juan ,	4119	3 ,9	<i>Id.</i>	Pic de Tolima.	<i>Id.</i>
Limite des neiges ,	4800	1 ,6			De Humboldt.
Glacier d'Antisana ,	5460	1 ,7			Boussingault.