

§ 2.—**Décroissement de la température dans l'atmosphère.**

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 les saisons, que la métairie d'Antisana, dont la latitude n'atteint pas 1° sud, mais qui est élevée de plus de 4,000 mètres, présente une température moyenne qui ne diffère pas sensiblement de celle de Saint-Petersbourg. Près de là, mais encore plus haut, le sommet du Cayambe est recouvert par un immense amas de neige, quoiqu'il soit traversé par la ligne équinoxiale.

On attribue le froid des hautes montagnes : à la dilatation que l'air des régions basses éprouve en s'élevant ; à une évaporation plus rapide de l'humidité ; à l'intensité du rayonnement nocturne, etc.

A latitudes et à élévations égales, les lieux placés dans les montagnes ont quelque fois des climats assez différents. La température qu'aurait une station parfaitement isolée est nécessairement modifiée par une foule de circonstances. Ainsi, le rayonnement de plateaux échauffés, la nature et la couleur des roches, l'abondance des forêts, l'humidité ou l'aridité du sol, le voisinage des glaciers, la prépondérance des vents plus ou moins froids, plus ou moins secs, l'accumulation des nuages, etc., sont autant de causes qui tendent à modifier les conditions météoro-

logiques d'une contrée. Le voisinage de volcans en activité ne semble pas affecter la température des stations. Ainsi, Puracé, Pasto, Cumbal, bien que dominés par des volcans enflammés, n'ont pas des climats plus chauds que Bogotà, que Santa-Rosa de Osos, le Paramo de Hervé, placés sur des terrains de grès ou de syénite. Je présenterai ici une partie des observations que j'ai faites dans les Cordilières, entre le 11° degré de latitude boréale et le 5° degré de latitude australe, pour déterminer la température moyenne à différentes hauteurs.

| Station | Hauteur (mètres) | Température moyenne (Celsius) |
|-----------------------------------|------------------|-------------------------------|
| Quito | 2,850 | 12.0 |
| Pastor | 2,800 | 11.5 |
| Sancti Spiritus | 2,700 | 11.0 |
| Sancti Augustini | 2,600 | 10.5 |
| Sancti Hieronymi | 2,500 | 10.0 |
| Sancti Petri | 2,400 | 9.5 |
| Sancti Pauli | 2,300 | 9.0 |
| Sancti Joannis | 2,200 | 8.5 |
| Sancti Martini | 2,100 | 8.0 |
| Sancti Vincenti | 2,000 | 7.5 |
| Sancti Stephani | 1,900 | 7.0 |
| Sancti Nicolai | 1,800 | 6.5 |
| Sancti Basilii | 1,700 | 6.0 |
| Sancti Leonardi | 1,600 | 5.5 |
| Sancti Gregorii | 1,500 | 5.0 |
| Sancti Laurentii | 1,400 | 4.5 |
| Sancti Joannis Baptistae | 1,300 | 4.0 |
| Sancti Petri ad Vincula | 1,200 | 3.5 |
| Sancti Pauli ad Vitis | 1,100 | 3.0 |
| Sancti Hieronymi ad Portam | 1,000 | 2.5 |
| Sancti Martini ad Vitis | 900 | 2.0 |
| Sancti Vincenti ad Vitis | 800 | 1.5 |
| Sancti Stephani ad Vitis | 700 | 1.0 |
| Sancti Nicolai ad Vitis | 600 | 0.5 |
| Sancti Basilii ad Vitis | 500 | 0.0 |
| Sancti Leonardi ad Vitis | 400 | -0.5 |
| Sancti Gregorii ad Vitis | 300 | -1.0 |
| Sancti Laurentii ad Vitis | 200 | -1.5 |
| Sancti Joannis Baptistae ad Vitis | 100 | -2.0 |
| Sancti Petri ad Vincula ad Vitis | 0 | -2.5 |

TABLEAU.

au-dessus de la ligne inférieure des neiges, sur la même montagne, à 6,000 mètres d'élévation, j'ai vu le thermomètre suspendu dans l'air et à l'ombre monter à 7°.

En considérant l'extension de la végétation vers les régions polaires, on reconnaît que les plantes se développent par de très-hautes latitudes sur des points dont la température moyenne est de beaucoup inférieure à celle que je crois être la limite de la vie végétale dans les montagnes des contrées équinoxiales. C'est que, dans ces climats rigoureux, la végétation est suspendue par l'intensité du froid durant la plus grande partie de l'année, et c'est uniquement par la chaleur estivale que des phanérogames sortent de leur long sommeil d'hiver. La Nouvelle-Zemble (lat. 73° N.) dont la moyenne de l'été est 1°,4 est peut-être, comme la ligne des neiges permanentes de l'équateur, le terme de l'existence des plantes. Vers l'extrémité boréale du continent asiatique, c'est aussi à la chaleur très-remarquable des étés, si du moins on la compare au froid intense des autres saisons, que l'homme doit de récolter dans ces tristes climats quelques végétaux alimentaires. Ainsi, à Iakoustk par 62° de latitude nord, où le mercure gèle pendant deux mois de l'année, la chaleur moyenne de l'été est de 17° 1/2. C'est là, comme l'observe M. de Humboldt, un *climat continental* bien caractérisé, et dont on trouve de fréquents exemples dans le nord de l'Amérique. A Iakoustk le froment et le seigle rendent quelquefois le quinzième grain, quoique à la

profondeur d'un mètre le sol qui les porte ne dégèle jamais (1).

Dans les montagnes de l'Europe, la limite des neiges perpétuelles étant beaucoup plus basse que dans les régions intertropicales, les cultures cessent à une moindre élévation. A 2,000 mètres les végétaux de la plaine ont disparu pour la plupart ; la température ne leur permet plus de se propager. Dans la Suisse septentrionale, la vigne ne dépasse pas une altitude de 550 mètres. Le maïs mûrit à peine à 870 mètres, lorsque dans les Andes il donne encore de riches moissons à 2,500 mètres. Sur le plateau de Los Pastos, on voit des champs d'orge à 3,100 mètres ; sur la pente nord du Mont-Rose, cette céréale manque à la hauteur de 1,300 mètres ; à la vérité, elle atteint près de 2,000 mètres sur le versant méridional, et cette grande variation dans la limite dernière de l'orge se présente fréquemment pour une même plante cultivée sur les pentes opposées d'une même chaîne. On attribue cette variation à des influences locales ; ainsi, c'est un fait bien constaté, que sur les montagnes de notre hémisphère, la végétation parvient à une plus grande altitude sur le revers méridional ; et s'il n'en est pas toujours ainsi lorsqu'il s'agit des champs entretenus par la main de l'homme, c'est que, comme l'observe très-judicieusement M. Charles Martins, les champs cultivés cessant là où ils ne peuvent plus payer les peines du

(1) Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 49.

cultivateur, leur limite est fonction d'éléments politiques et moraux, et non la simple conséquence du changement de climat (1). Ce qu'il y a de général, ce qu'on observe sous toutes les latitudes, c'est que plus on s'élève, plus les récoltes deviennent tardives; or, comme la chaleur de l'atmosphère décroît avec la hauteur, il s'ensuit qu'il existe évidemment une relation entre la durée des cultures et la température moyenne de la saison pendant laquelle elles s'accomplissent. C'est cette relation qu'il nous reste à examiner.

§ 3. — **Circonstances météorologiques sous lesquelles végètent certaines plantes dans des climats différents.**

En discutant sous quelles conditions de température se développent plusieurs plantes communes à l'Europe et à l'Amérique, on est conduit à des résultats d'un certain intérêt.

La connaissance de la température moyenne d'un lieu situé entre les tropiques donne déjà, comme nous l'avons vu, une idée assez précise de son agriculture; en effet, la température de chaque jour diffère peu de celle de l'année entière, durant laquelle la vie végétale s'exerce sans interruption aucune. Il en est tout autrement pour les régions placées en dehors de la zone torride. La chaleur moyenne annuelle n'est plus alors une donnée suffisante pour apprécier l'importance agricole d'une contrée. Pour

(1) Ch. Martins, note dans la *Météorologie de Kaemtz*, p. 209.

savoir ce que la terre produira, il faut connaître la chaleur particulière aux différentes saisons; en un mot, c'est la température moyenne du cycle dans lequel s'opère la végétation qu'il importe d'évaluer, pour savoir quelles sont les plantes utiles que l'on peut exiger du sol.

Dans l'examen de cette question, on cherche d'abord quel est le temps écoulé entre la naissance d'une plante et sa maturité; on détermine ensuite la température de l'espace qui sépare ces deux époques extrêmes de la vie végétale. En comparant ces données pour une même espèce de plante cultivée en Europe et en Amérique, on arrive à ce résultat curieux: que le nombre de jours compris entre le commencement de la végétation et la maturité est d'autant plus grand, que la température moyenne sous l'influence de laquelle la plante végète est moindre. La durée de la végétation sera la même, quelque différent que soit le climat, si cette température est identique de part et d'autre; elle sera ou plus courte ou plus longue, selon que la chaleur moyenne du cycle sera elle-même plus ou moins forte. En d'autres termes, la durée de la végétation paraît être en raison inverse de la température moyenne; de sorte que, si on multiplie le nombre de jours durant lesquels une même plante végète dans des climats distincts, on obtient des nombres à peu près égaux. Ce résultat n'est pas seulement remarquable en ce qu'il semble indiquer que sous toutes les latitudes, à toutes les hauteurs, la même

plante reçoit dans le cours de son existence une quantité égale de chaleur; il peut aussi trouver une application directe en permettant de prévoir la possibilité d'acclimater un végétal dans une contrée dont on connaît la température moyenne des mois.

Culture du froment en Europe.

En Alsace, en 1835 nous avons semé le froment le 1^{er} novembre, les froids sont survenus quelque temps après la levée de la plante. La récolte a eu lieu le 16 juillet 1836. La végétation des derniers jours de l'automne est tellement lente et irrégulière que l'on peut, sans erreur sensible, admettre qu'elle commence au printemps, lorsque les gelées ne se font plus sentir; c'est alors qu'elle continue sans interruption. Pour l'Alsace j'ai fixé cette époque au 1^{er} mars.

La durée de la culture a été de 137 jours, la température moyenne. 15° (1).

Le blé trémois, cette même année, a mis à mûrir. 131 jours, ayant une température moyenne de. 15,°8

A Paris, à partir du 1^{er} mars, la culture du froment dure ordinairement. 160 jours. la température moyenne étant. 13°,4

(1) En 1836, M. Herrensneider a trouvé à Strasbourg :

| | |
|----------------------------|-------|
| Mars, température moyenne. | 10°,4 |
| Avril..... | 10°,6 |
| Mai..... | 14°,3 |
| Juin..... | 20°,6 |
| Juillet..... | 22°,6 |

A Alais, le mois de février présentant généralement peu de jours de gelée, on peut le considérer comme l'époque où commence la végétation continue du blé semé en automne. La récolte ayant lieu le 27 juin, la durée de la culture continue est de. 146 jours, la température moyenne étant. 14°,4 (1).

Culture du froment en Amérique.

A Kingston (État de New-York), le froment est semé en automne; la végétation, suspendue pendant l'hiver, reprend au commencement d'avril. La moisson est faite vers le 1^{er} août (2).

(1) Trente-cinq années d'excellentes observations météorologiques faites à Alais par M. d'Hombres-Firmas, donnent :

| | | | |
|----------------------|------|---------------------|--------|
| Janvier, temps moy.. | 5°,0 | Juillet..... | 25°,25 |
| Février..... | 7,0 | Août..... | 25,5 |
| Mars..... | 10,5 | Septembre..... | 21,0 |
| Avril..... | 14,0 | Octobre..... | 15,5 |
| Mai..... | 18,5 | Novembre..... | 10,0 |
| Juin..... | 22,5 | Décembre..... | 6,25 |
| | | Moyenne annuelle... | 15,46 |

(2) Warden, *Description des Etats-Unis*

Les observations de M. Warden, faites à Kingston, latitude N., 41°,30, donnent :

| | | | |
|-------------------------|-------|-------------------|-------|
| Janvier, temps moy... — | 2°,5 | Juillet..... | 23°,3 |
| Février..... | — 2,0 | Août..... | 23,7 |
| Mars..... | 1,9 | Septembre..... | 19,4 |
| Avril..... | 11,4 | Octobre..... | 15,2 |
| Mai..... | 13,3 | Novembre..... | 4,7 |
| Juin..... | 20,0 | Décembre..... | 3,7 |
| | | Moyenne annuelle. | 10,7 |

La culture dure. 122 jours,
sous l'influence d'une température
moyenne de 17°,2

Dans la même localité les semailles de blé trémois
ont lieu au commencement de mai. La récolte est
faite vers le 15 août. Jours de culture. 106

Température moyenne. 20°

A *Cincinnati* (État de l'Ohio), le blé semé à la fin
de février est récolté dans la deuxième semaine de
juillet, soit le 15 (1). Durée de la culture. 137 jours;

Température moyenne. 15°,7

Région intertropicale.

Du froment récolté le 25 juillet 1824, à *Zimijaca*
(plateau de Bogotà), avait été semé dans les derniers
jours de février. Durée de la culture. 147 jours.

Température moyenne 14°,7(2).

(1) Warden, *Description des Etats-Unis*.

A *Cincinnati*, latit. 39° N., sept ans d'observations ont donné :

| | | | |
|-----------------------------|------|---------------------|-------|
| Janvier, temps moy. | 1°,2 | Juillet | 23°,6 |
| Février | 1,3 | Août | 22,9 |
| Mars | 6,7 | Septembre | 20,2 |
| Avril | 14,2 | Octobre | 12,8 |
| Mai | 16,3 | Novembre | 5,4 |
| Juin | 21,8 | Décembre | 1,4 |

Moyenne annuelle. 12,1

(2) En 1824, à Santa-Fé de Bogotà, j'ai trouvé :

| | |
|-------------------------------------|-------|
| Mars, température moyenne | 14°,5 |
| Avril | 14,7 |
| Mai | 14,9 |
| Juin | 14,7 |
| Juillet | 14,7 |

A *Quinchuqui*, près du lac de San-Pablo (équateur), la végétation du froment commence en février et finit avec le mois de juillet, soit 181 jours.

J'ai trouvé la température moyenne de 14°

A *Venezuela*, suivant M. Codazzi, le blé (*triticum aestivum*) met à mûrir :

92 jours à *Turmero*, température moyenne 24°

100 jours à *Truxillo*, id 22,3

Résumé des observations sur la culture du blé.

| | Produit des jours par la température. |
|----------------------------------|--|
| Alsace, blé d'automne | 2055 |
| blé d'été | 2069 |
| Paris, blé d'automne | 2161 |
| Alais, id | 2092 |
| Kingston, id | 2098 |
| blé d'été | 2120 |
| <i>Cincinnati</i> , id | 2151 |
| <i>Quinchuqui</i> | 2534 |
| <i>Turmero</i> | 2208 |
| <i>Truxillo</i> | 2230 |

Culture de l'orge.

De toutes les céréales, l'orge est celle qui atteint dans les Cordilières la plus grande élévation; elle réussit sous les climats les plus après des tropiques, dans des régions dont la température moyenne et constante ne dépasse pas 11°.

En *Alsace* (*Bechelbronn*), de l'orge semée à la fin d'avril 1836 a été récoltée le 1^{er} août. Durée de la culture. 92 jours.

La température moyenne a été de 19° (1)

| LOCALITÉS | ÉLEVATION. | TEMPÉRATURE moyenne. | REMARQUES (1). |
|---------------------------|------------|-------------------------|------------------------------|
| Cumana | mètres | degrés. | |
| San-Carlos | 0 | 27 5 | Humboldt, terrain aride. |
| Novita (Choco) | 169 | 27 5 | Venezuela, plaines étendues. |
| San-Martin | 180 | 26 1 | Forêts, marécages. |
| Maracay | 423 | 26 6 | Grès steppes du Rio Meta. |
| Mariquita | 439 | 25 5 | Gneiss, vallée d'Aragua. |
| Truxillo | 548 | 25 4 | Vallée de la Magdalena. |
| Caracas | 825 | 24 0 | Grès, Venezuela. |
| Cartago | 950 | 21 9 | Pays assez boisé. |
| Toro | 979 | 24 5 | Vallée du Cauca. |
| Anserma Nueva | 989 | 24 4 | Id. |
| Vega de Zupia | 1,050 | 23 7 | Id. |
| Marmato | 1,225 | 21 5 | Pays boisé humide. |
| Rodeo | 1,416 | 20 4 | Id. près Zupia. |
| Poyayan | 1,709 | 19 2 | Id. Id. |
| Riosucio | 1,809 | 17 5 | Trachyte, pays très-montagn. |
| Banos | 1,818 | 19 5 | Syenite près Zupia. |
| Pamplona | 1,909 | 16 7 | Forêts, près Tunguragua. |
| Sonson | 2,311 | 16 5 | Granite. |
| Pasto | 2,535 | 14 0 | Forêts. |
| Bogotá | 2,610 | 14 7 | Trachyte, forêts. |
| Santa-Rosa | 2,641 | 14 5 | Grès, plateau. |
| Latacunga | 2,744 | 14 4 | Grès. |
| Riobamba | 2,861 | 15 5 | Débris de ponces, aride. |
| Quito | 2,670 | 16 4 | Sol sablonneux, stérile. |
| Chita | 2,918 | 15 2 | Trachyte. |
| Pinantura | 2,970 | 15 0 | Grès. |
| Vetas | 3,155 | 11 1 | Trachyte. |
| Cumbal | 3,218 | 9 5 | Syenite. |
| Ferme de Lysco | 3,219 | 10 7 | Plateau aride. |
| Métairie d'Antisana | 3,549 | 8 9 | Trachyte. |
| Azufraal de Juan | 4,072 | 5 4 | Pâturage. |
| Limite des neiges | 4,119 | 3 9 | Volcan de Tolima. |
| Glacier d'Antisana | 4,500 | 1 6 | |
| | 5,460 | - 1 7 | |

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. LIII, 2^e série.

En discutant l'ensemble de mes observations, M. Bischof trouve que dans les Andes équatoriales, un degré de refroidissement correspond à 195 mètres de hauteur (1). En Europe, on a constaté que le décroissement de la chaleur dans les montagnes est plus rapide pendant le jour que durant la nuit, pen-

(1) Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 223.

dant l'été que durant l'hiver; par exemple, entre Genève et le Saint-Bernard, pour voir le thermomètre baisser d'un degré, il faut s'élever :

| | |
|--------------------|-------------|
| Au printemps de... | 179 mètres. |
| En été..... | 185 |
| En automne..... | 210 |
| En hiver..... | 232 |

Cependant il arrive quelquefois qu'en hiver, dans une zone peu élevée, la température croît avec la hauteur, ainsi que l'ont reconnu MM. Bravais et Lottin par le 70° degré de latitude. Dans un temps calme et pour une latitude de 4 à 500 mètres, cet accroissement allait jusqu'à 6° (1).

Nulle part sur le globe on ne s'aperçoit mieux de la diminution de la chaleur occasionnée par l'élévation que dans les montagnes équatoriales; et ce n'est pas sans étonnement qu'un Européen parvient, souvent en quelques heures, des régions brûlantes où poussent le bananier et le cacaoyer, aux régions stériles recouvertes de neiges éternelles. « Sur cha-
« que rocher de la pente rapide des Cordilières,
« dit M. de Humboldt, dans la série de climats su-
« perposés par étages, se trouvent inscrites les lois
« du décroissement du calorique et de la distribu-
« tion géographique des formes végétales (2). »

Dans les contrées les plus chaudes, les sommets des très-hautes montagnes sont constamment cou-

(1) Ch. Martins, *Aide-mémoire universel*, p. 367.

(2) Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 236.

verts de neiges; c'est que, dans les couches froides et élevées de l'atmosphère, la vapeur aqueuse se condense et tombe à l'état de grêle ou de grésil. Dans les plaines, la grêle fond presque instantanément; la fusion est plus lente sur les montagnes, et pour chaque latitude il est une certaine hauteur où la grêle et la neige ne fondent plus sensiblement: cette hauteur est la *limite inférieure des neiges perpétuelles*.

Les causes accidentelles qui tendent à modifier la température d'un climat agissent aussi pour élever ou abaisser la limite des neiges. C'est ainsi que sur le versant méridional de l'Himalaya cette limite ne parvient pas à la même hauteur que sur le versant septentrional; c'est encore ainsi que, par 14° à 16° de latitude sud dans le haut Pérou, M. Pentland a trouvé les neiges perpétuelles à 400 mètres au-dessus du point qu'elles occupent sous l'équateur. Voici les hauteurs de leur limite inférieure, telles qu'elles résultent des observations faites entre les tropiques (1).

TABLEAU.

(1) Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 147.

| LATITUDE. | MÈTRES. | |
|----------------------------------|---------|----------------------------------|
| S. 1° 1/2, Quito. | 4,820 | Bouguer, Humboldt, Boussingault. |
| N. 2° 1/4, Puracé. | 4,703 | Boussingault. |
| N. 4° 3/4, Tolima. | 4,678 | Humboldt, Boussingault. |
| N. 8°, Merida. | 4,550 | Codazzi, Boussingault. |
| N. 16 à 19°, Mexique. | 4,509 | Humboldt. |
| S. 16 à 19°, Haut Pérou. | 5,222 | Pentland. |
| EN DEHORS DES TROPIQUES. | | |
| S. 33° Chili. | 4,483 | |
| N. 30° Himalaya. | 5,067 | |
| S. 41 à 44° Chili. | 1,832 | |
| N. 42 à 43° Pyrénées. | 2,728 | |
| S. 53 à 54° Magellan. | 1,130 | |
| N. 53 à 54° Ounalaschka. | 1,070 | |

L'élévation au-dessus du niveau de la mer agit donc sur le climat comme un accroissement en latitude. Sur les montagnes, la végétation se modifie dans ses formes et disparaît vers la ligne de neige permanente, comme elle cesse au delà du cercle polaire, et cela par la même cause, l'abaissement de la température.

La constance et le peu d'amplitude des variations de la chaleur atmosphérique sous l'équateur, permettent d'indiquer avec quelque précision le minimum, le point de la température moyenne au-dessous duquel il n'y a plus de végétation. Ce point, je l'ai rencontré lors de mon ascension au Chimborazo, à 4,808 mètres, là où la température moyenne doit approcher de 4°, 5, et où par conséquent, dans le jour, une saxifrage qui adhère au rocher doit encore recevoir une chaleur de 5 ou 6 degrés, puisque, bien