

au bord du lac, on n'a pas vu le rivage s'éloigner; et la route suivie par Huyana-Capac, quand il partit de Quito pour aller faire la conquête de Otavalo, fixe encore aujourd'hui la limite des eaux. La Cordillère placée entre la vallée de San-Pablo et les côtes de la mer du Sud est couverte, sur la pente orientale, de forêts impénétrables. J'indique cette circonstance, parce que j'ai la conviction qu'un grand déboisement, qui aurait lieu au-dessous d'un lac alpin, même à une assez grande distance, influerait encore sur le niveau des eaux.

Je pourrais citer, sans m'éloigner beaucoup de la localité que je viens de faire connaître, le singulier lac de Cuicocha remplissant un bassin trachytique, dans lequel deux îles, examinées avec beaucoup de soin par le colonel Hall, attestent la stabilité et la constance de son niveau. L'étude du lac Yaguar-Cocha, ou le lac de Sang, nommé ainsi depuis que Huayna-Capac en rougit les eaux avec le sang de 30,000 Indiens Canares qu'il fit égorger, nous conduirait à un résultat semblable. Ces deux lacs n'ont aucune issue; mais j'ai choisi de préférence celui de Chilcapan, précisément parce qu'il a une ouverture naturelle au nord, par laquelle sort le Rio-Blanco. J'ai voulu montrer qu'ainsi que je l'ai dit précédemment, les observations faites sur des lacs ouverts n'étaient pas à rejeter. L'effet que doit tendre à produire un cours d'eau, en sortant d'un lac par une gorge, est celui de creuser, d'approfondir cette gorge, et, par suite, d'en abaisser les eaux. J'ai fait voir que, malgré cette

circonstance, les eaux du Chilcapan n'ont pas baissé sensiblement. En examinant avec attention la roche de trachyte, là où le Rio-Blanco fait irruption, je n'ai rien remarqué qui indiquât une action érosive du cours d'eau. Dans les nombreuses cascades que j'ai été à même d'examiner, je crois avoir reconnu qu'en effet une chute d'eau peut creuser profondément les pierres les plus dures; mais je n'ai pas observé que l'eau eut une action bien prononcée lorsqu'elle coule sur une roche, à moins qu'elle n'entraîne, comme c'est généralement le cas pour les torrents, des cailloux dont le frottement continuél use les surfaces sur lesquelles ils glissent.

Je terminerai ce que j'ai à dire sur les lacs de l'Amérique méridionale en parlant de celui de Quilatoa, déjà situé dans l'autre hémisphère, parce qu'il a été observé avec exactitude, à deux époques suffisamment éloignées l'une l'autre, en 1740 et en 1831.

Quand on séjourne à Latacunga, ville située à peu de distance du volcan de Cotopaxi, on entend souvent parler des merveilles de la Laguna de Quilatoa. De temps à autre ce lac, en jetant des flammes embrase les arbustes qui croissent sur ses bords; il produit de fréquentes détonations qu'on entend à une très-grande distance. Il n'en fallait pas davantage pour déterminer la Condamine à entreprendre, en septembre 1738, une excursion au lac de Quilatoa. Il reconnut à ce lac 200 toises de diamètre; car il est tout à fait circulaire: il s'en fal-

rapidité, et, en mettant un obstacle à l'évaporation. Qu'un sol ombragé d'arbres soit moins propre à favoriser l'évaporation qu'un terrain déboisé, c'est ce que tout le monde admettra sans difficulté ; mais pour bien observer les différences des deux conditions, il faut parcourir, après une saison pluvieuse, une route traversant successivement un pays découvert et un pays boisé. On remarque alors que la route de la forêt est encore couverte de boue, lorsque déjà le terrain découvert est entièrement sec.

C'est surtout dans l'Amérique méridionale que la difficulté de l'évaporation sur un sol garni par une abondante végétation est plus tranchée. Dans les forêts l'humidité y est constante, même longtemps après la saison des pluies ; les sentiers qu'on y pratique restent, pendant toute l'année, de véritables bourniers ; l'unique moyen de dessécher ces routes forestières est de leur donner une largeur de 80 à 100 mètres, ce qui revient à dire qu'il faut faire un véritable défrichement.

Une fois admis que les eaux courantes diminuent par l'effet des défrichements et de la culture, il convient d'examiner si cette diminution provient d'une moindre quantité de pluie, ou d'une évaporation plus active, ou bien encore si elle est due aux irrigations.

J'ai posé en principe qu'il devait être à peu près impossible de faire nettement la part de ces diverses causes. J'essayerai toutefois, en terminant, de les apprécier d'une manière générale. La discussion

gagnera déjà quelque chose si l'on prouve qu'il y a diminution d'eaux courantes par l'effet seul du défrichement.

En ce qui concerne l'irrigation, il faut nécessairement distinguer le cas où une grande culture est substituée à la forêt, et celui où un terrain aride, est rendu cultivable par l'industrie de l'homme. Dans le premier cas, il est assez probable que l'irrigation n'atténue que fort peu les eaux courantes ; car on doit admettre que la quantité d'eau consommée pour le compte de la végétation d'une surface donnée de forêts égale, si elle ne la surpasse pas, celle qui absorberait une même surface, livrée à la culture après le déboisement. Alors, l'influence exercée par ce terrain cultivé rentre dans la condition d'un sol défriché, agissant uniquement en favorisant l'évaporation. Dans le second cas, c'est-à-dire dans celui où une grande étendue de pays inculte aura été couverte de culture, il y aura évidemment consommation d'eau par la végétation qu'on aura favorisée ; l'introduction de l'industrie agricole tendra donc à diminuer les cours d'eaux qui sillonnent ce pays. C'est très-probablement à cette circonstance qu'il faut attribuer le dessèchement graduel des lacs où se rassemblent une grande partie des eaux vives du nord de l'Asie.

Dans les considérations sur les lacs de Venezuela, de la Nouvelle-Grenade et de la Suisse, j'ai dit qu'on pouvait attribuer la disparition d'une partie des eaux courantes tributaires de ces lacs à une

moindre quantité de pluies ; mais on soutiendrait avec tout autant de raison, qu'elle est simplement la conséquence d'une évaporation plus rapide. Il est effectivement des circonstances sous l'influence desquelles la diminution des eaux vives est occasionnée par une évaporation plus active. On a cité à ce sujet de nombreux exemples ; mais, dans une discussion de ce genre, ce sont surtout les faits bien avérés qu'il convient d'accepter. Pour ce motif, je me bornerai à rapporter deux observations : l'une recueillie à l'île de l'Ascension, par M. Desbassyns de Richemont ; l'autre, aux mines de Marmato où j'ai séjourné plusieurs années.

Dans l'île de l'Ascension, on a vu une belle source placée au bas d'une montagne, primitivement boisée, perdre son abondance et se tarir lorsqu'on eut coupé les arbres. On attribua la perte de la source au déboisement ; on boisa de nouveau, et quelques années après, la source reparut peu à peu, et coula bientôt avec son ancienne abondance.

La montagne métallifère de Marmato est située dans la province de Popayan, au milieu des forêts. Le cours d'eau sur lequel les bocards sont établis est formé par la réunion de plusieurs petits ruisseaux qui prennent naissance sur le plateau de San-Jorge.

En 1826, lorsque je visitais ces mines pour la première fois, Marmato se réduisait à quelques misérables cabanes habitées par des nègres esclaves. En 1830, cette localité offrait l'aspect le plus animé ; on

y voyait de grands ateliers, une fonderie d'or, des machines pour diviser et amalgamer le minerai. Une population libre, de près de 3,000 habitants, se trouvait échelonnée sur la pente de la montagne. C'est dire que d'importantes coupes avaient été faites, tant pour la construction des machines et des habitations que pour la fabrication du charbon. En vue de faciliter le transport, ces coupes avaient eu lieu sur le plateau de San-Jorge. Le défrichement durait à peine depuis deux ans, que déjà l'on s'aperçut que le volume d'eau dont on dispose pour les machines avait diminué notablement (1). La question était grave, car à Marmato une diminution dans la quantité d'eaux motrices sera toujours suivie d'une diminution dans le produit en or.

Il n'est nullement probable que des défrichements locaux et aussi limités aient pu influer assez sur l'état météorologique de l'atmosphère pour faire varier la quantité annuelle de pluie. Il y a plus, à Marmato, aussitôt qu'on eut constaté la diminution des eaux, on s'empressa d'établir un pluviomètre (2). Dans le cours de la deuxième année d'observation, on mesura une quantité de pluie plus forte que celle recueillie pendant la première année, bien que les défrichements aient continué, et sans qu'on ait remarqué une augmentation appréciable dans les eaux motrices.

(1) Un jaugeage exact fait à différentes époques a prouvé la diminution des eaux motrices.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXI, p. 167.

Sans doute les observations udométriques de deux années sont insuffisantes, même sous les tropiques, pour accuser une variation définitive dans la quantité de pluie; mais elles établissent toujours que la masse d'eau courante a diminué, bien qu'on ait jaugé plus de pluie. Il est donc vraisemblable que des déboisements locaux, très-peu étendus, sont capables d'atténuer et même de faire disparaître des sources et des ruisseaux, sans que cet effet puisse être attribué à une moindre quantité d'eau pluviale.

Les éléments nous manquent pour examiner si les grands défrichements, peuvent rendre les pluies moins abondantes. Les observations udométriques conduiront seules à résoudre la question, et, malheureusement les observations qu'il est permis de discuter sont trop peu anciennes, car, en Europe, elles n'ont commencé qu'alors que les grands déboisements étaient déjà effectués. Les États-Unis d'Amérique, où les forêts disparaissent avec une inconcevable rapidité, réuniront sans doute dans un temps qui n'est pas très-éloigné, une série de faits précieux.

En étudiant, sous les tropiques, le phénomène de la pluie, je suis arrivé à me former sur la question du déboisement une opinion que j'ai déjà fait partager à plusieurs observateurs.

Pour moi, il est constant qu'un défrichement très-étendu doit diminuer la quantité annuelle de pluie qui tombe sur une contrée.

On a dit depuis longtemps que dans les régions

équinoxiales, l'époque de la saison pluvieuse revient chaque année avec une étonnante régularité: le fait est exact, mais il ne faut pas l'énoncer d'une manière trop générale.

La régularité dans l'alternance des saisons sèches et pluvieuses est très-prononcée dans les contrées dont le territoire est extrêmement varié. Ainsi, un pays offrant à la fois des forêts et des rivières, des montagnes et de grandes plaines, des lacs, des plateaux étendus, a des saisons périodiques parfaitement tranchées (1). Il n'en est plus de même si le territoire est plus uniforme, s'il devient en quelque sorte spécial. L'époque du retour des pluies sera beaucoup moins régulière, si les terrains arides dominant, si des cultures d'une grande extension remplacent en partie les forêts; si les rivières sont moins communes, les lacs plus rares (2). Les pluies seront alors moins abondantes, et, dans un semblable pays on éprouvera de temps à autre des sécheresses d'une longue durée.

Si, au contraire, des forêts épaisses recouvrent la presque totalité du territoire; si les rivières sont multipliées, les cultures limitées, l'irrégularité dans les saisons aura encore lieu, mais alors dans un sens différent. Les pluies domineront, elles seront pour ainsi dire incessantes (3).

(1) Venezuela, les Llanos, plateaux de la Nouvelle-Grenade, de Quito, plaines de la Magdalena, province d'Antioquia, provinces de Guayaquil, de Cartagena.

(2) Provinces de Socorro, de Sogamoso, de Cumana, de Coro, de Cuenca, de Piura.

(3) Choco, forêts de l'Orénoque.

Le continent américain nous offre, sur un développement immense, deux régions placées sous les mêmes conditions de température, et dans lesquelles on rencontre successivement les circonstances les plus favorables à la formation de la pluie, et celles qui lui sont entièrement opposées.

A partir de Panama, en se dirigeant vers le sud, on trouve la baie de Cupica, les provinces de San-Buenaventura, du Choco et d'Esmeraldas; dans ce pays couvert de forêts qu'on ne pénètre qu'à la faveur de la multitude de rivières dont il est sillonné, les pluies sont presque continuelles. Dans l'intérieur du Choco, il ne se passe pas un jour sans pleuvoir. Au delà de Tumbez, vers Payta, commence un ordre de choses entièrement différent : les forêts ont disparu ; le sol est sablonneux, la culture à peu près nulle. Ici, la pluie est en quelque sorte inconnue. Lorsque je me trouvais à Payta, il y avait, au dire des habitants, dix-sept ans qu'il n'avait plu.

Dans la proximité du désert de *Sechura*, dans le voisinage de Lima, il pleut très-rarement : dans ces contrées les pluies y sont aussi rares que les arbres.

Ainsi, dans le Choco, dont le sol est couvert de forêts, il pleut toujours ; sur la côte du Pérou, dont le terrain est sablonneux, dénué d'arbres, privé de verdure, il ne pleut pas ; et cela, comme je l'ai dit sous l'influence d'une même température. Piura n'est pas d'ailleurs plus éloigné des andes de l'Assuay que ne le sont les plaines humides du Choco de la Cordillère occidentale.

Les faits que j'ai exposés semblent établir :

1° Que les grands défrichements diminuent la quantité des eaux vives qui coulent à la surface d'un pays ;

2° Qu'il est impossible de dire si cette diminution est due à une moindre quantité annuelle de pluie, à une plus grande évaporation des eaux pluviales, ou à ces deux effets combinés ;

3° Que la quantité d'eaux vives ne paraît pas avoir varié dans les contrées qui n'ont subi aucuns changements dus à la culture ;

4° Qu'indépendamment de la conservation des eaux vives, et en mettant un obstacle à l'évaporation, les forêts en ménagent et en régularisent l'écoulement ;

5° Que la culture établie dans un pays aride et non couvert de forêts dissipe une partie des eaux courantes ;

6° Que par des déboisements purement locaux, des sources peuvent disparaître, sans qu'on soit en droit de conclure que la quantité annuelle de pluie ait diminué ;

7° Qu'en se fondant sur des faits météorologiques recueillis dans les régions équinoxiales, il y a lieu de présumer que les défrichements diminuent la quantité annuelle de pluie.

lait de 20 toises environ pour que l'eau atteignît ses bords escarpés.

Le 28 novembre 1831, je me trouvais à mon tour près du lac de Quilatoa qu'on ne saurait mieux comparer qu'à un cratère dont l'eau occuperait le fond. J'ai trouvé qu'il est élevé de 3,918 mètres, c'est-à-dire qu'il appartient à la région froide; en effet, il est entouré de pâturages immenses, et 500 mètres plus bas se trouve la bergerie de Piliputzin; à l'est, la Cordillère occidentale des Andes est couverte jusqu'à la mer du sud, de forêts à peu près inconnues. Les renseignements que me donnèrent les bergers firent disparaître tout le merveilleux qu'on attribue au lac de Quilatoa; jamais ils n'avaient vu de flammes sortir de ses eaux, jamais ils n'avaient entendu de détonations. Le résultat de mon excursion fut de constater que les choses se trouvaient dans le même état où elles étaient à l'époque du voyage de la Condamine.

L'étude des lacs, si répandus en Asie, conduirait probablement à un résultat conforme à celui que j'ai déduit des observations faites dans l'Amérique méridionale, savoir, que les eaux courantes d'une contrée diminuent à mesure que les déboisements se multiplient, que la culture prend de l'extension. Les travaux récents de M. de Humboldt, en jetant un jour si nouveau sur cette partie du globe, semblent ne laisser que peu de doute à cet égard. Après avoir fait voir que le système de l'Atlaï va s'éteindre par une suite de coteaux dans les steppes de Kirghiz, et

que, par conséquent, la chaîne de l'Oural ne se lie pas à l'Atlaï, ainsi qu'on le croyait généralement, ce célèbre géographe montre que précisément là où l'on avait coutume de placer les monts Alghiniques, commence une région remarquable de lacs qui se continue dans les plaines traversées par les rivières d'Ichim, d'Omsk et d'Ob (1). On dirait que ces lacs nombreux sont le résidu de l'évaporation d'une grande masse d'eau dont le pays était couvert, et qui aurait été fractionnée en autant de lacs particuliers par la configuration du sol. En traversant la *steppe* de Baraba, pour se rendre de Tobolsk à Baraoul, M. de Humboldt a constaté que, partout, le dessèchement augmente rapidement par l'effet de la culture.

Il resterait à examiner les lacs de l'Europe au point de vue qui nous occupe. J'ai parcouru trop rapidement la Suisse pour que mon attention ait pu être suffisamment dirigée sur cette contrée intéressante. Heureusement, un observateur illustre nous a laissé des documents propres à fournir de nouvelles preuves de l'influence de la culture sur la diminution des eaux. Saussure, lors de ses premières recherches sur les lacs de la Suisse, sous le rapport de la température, examina ceux qui sont placés au pied de la première ligne du Jura.

Le lac de Neuchâtel a huit lieues de longueur; sa plus grande largeur ne dépasse pas deux lieues. Saus-

(1) Humboldt, *Fragments asiatiques*, t. 1, p. 40-50.

sure fut frappé, en le visitant, de l'étendue qu'il devait avoir autrefois : car, dit-il, les grandes prairies horizontales et marécageuses qui le terminent au sud-ouest, ont été indubitablement couvertes d'eau comme l'ont été les plaines que l'on suit jusqu'au lac de Bienna.

Le lac Morat est séparé du lac de Neuchâtel par des marais horizontaux, qui, à n'en pas douter, étaient submergés autrefois. Alors, ajoute Saussure, les trois grands lacs de Neuchâtel, de Bienna et de Morat, se trouvaient réunis dans un seul bassin (1).

En Suisse, comme en Amérique, comme en Asie, les anciens lacs, qu'on pourrait appeler les lacs primitifs, ceux dont le fond des vallées était recouvert lorsque le pays était inculte et sauvage, se sont divisés, par l'effet du dessèchement, en un certain nombre de lacs indépendants.

Je terminerai la tâche que je me suis imposée en utilisant, dans l'intérêt de la discussion que je cherche à éclaircir, les observations de Saussure sur le lac de Genève. Ce lac est, pour ainsi dire, le point de départ des admirables travaux de ce physicien célèbre. Personne ne l'a mieux étudié que lui.

Saussure admet qu'à une époque bien antérieure aux temps historiques, les montagnes qui dominent le lac étaient ensevelies sous les eaux ; une catastrophe occasionna une débâcle, et bientôt le courant n'oc-

(1) Saussure, *Voyages dans les Alpes*, t. II, p. xvi.

cupa plus que le bas de la vallée : le lac de Genève fut formé.

En se fondant sur les monuments construits par les hommes, on ne saurait douter que depuis douze à treize cents ans les eaux du lac de Genève ne se soient graduellement retirées. C'est évidemment sur les plages qu'elles ont abandonnées que le quartier de Rive et les rues basses ont été bâtis (1). Cet abaissement de la surface du niveau du lac, poursuit Saussure, n'est pas seulement l'effet du creusement du canal de décharge, il a été produit aussi par une diminution dans la quantité des eaux affluentes.

La conséquence qu'il est permis de tirer des observations de Saussure, c'est que depuis douze à treize cents ans les eaux courantes ont diminué graduellement dans les contrées voisines du lac de Genève. Personne ne contestera, je pense, que, durant cette longue période, il n'y ait eu en Suisse d'immenses défrichements et un progrès toujours croissant dans la culture de ce beau pays. Par l'examen du niveau des lacs, nous sommes arrivés à cette conclusion que, dans les contrées où se sont opérés de grands défrichements, il y a eu très-probablement diminution dans les eaux vives qui coulent à la surface du terrain.

Les forêts, auraient donc pour effet de conserver le volume des eaux en s'opposant à ce qu'elles se réunissent et s'écoulent avec une trop grande

(1) Saussure, *Voyages*, t. I, chap. vi.