

XII

(EXCURSIONS DE L'OUEST).



LES GEYSERS D'IXTLÁN

PAR

P. WAITZ.

LES GEYSERS D'IXTLÁN

(MICHUACAN).

PAR M. PAUL WAITZ.

(Avec un croquis géologique).

L'embranchement du Chemin de fer Central Mexicain qui de Yurécuaro se dirige vers le sud en passant par Zamora, Tinguindin, jusqu'à Los Reyes, commence, peu après Yurécuaro, à monter une large colline de basalte qui sépare les deux grands bassins de Yurécuaro et de Zamora.

Cette colline se prolonge vers l'ouest, où se forment quelques chaînes légèrement courbées vers le sud. Au milieu de ces chaînes se trouve la vallée d'Ixtlán et plus loin, le lac de Chapala.

Le Rio Duero, après avoir passé le bassin de Zamora, à l'est du village d'Ixtlán, a perforé la chaîne située plus au sud, et entre par une gorge dans la vallée d'Ixtlán; il débouche à quelques kilomètres à l'ouest de ce village dans le lac de Chapala. Comme la région, dont toutes les eaux se jettent dans le rio Duero, est très-étendue et que le bassin de Zamora n'a pas d'autres débouchés, de grandes quantités d'eau doivent passer par cette gorge, surtout à l'époque des pluies. En effet tout le sol de la vallée d'Ixtlán est saturé d'eau. C'est un véritable marécage pendant la saison des pluies, et alors les chemins, dans les parties qui sont au même niveau que la

vallée, sont intransitables. Pour cette raison la grande route de Zamora à Ixtlán suit presque continuellement le pied des chaînes basaltiques, laissant la vallée d'Ixtlán à gauche, dès qu'elle y est entrée par la gorge.

A une distance de $2\frac{1}{2}$ à 3 kms. avant d'arriver à Ixtlán, commence une bande de terrain peu fertile (il n'y a que des arbustes de Mesquite et quelques herbes), formée par trois brèches différentes. Cette bande a une largeur de 100 à 150 mètres et sépare le grand chemin de la partie marécageuse du sol de la vallée.

Sur toute l'étendue de ce terrain, couvert d'une mince couche végétale, on rencontre une multitude de puits de différentes formes. C'est la région geysérienne d'Ixtlán.

L'aspect particulier que présentent ces puits avec leurs colonnes blanches de vapeur, spécialement par une froide matinée, concorde avec la brillante description faite par M. Hochstetter de la région geysérienne de la Nouvelle Zélande, où ce phénomène a été sans doute plus splendide et plus grand que celui que présentent aujourd'hui les puits bouillonnants d'Ixtlán.

Lorsque, aux mois d'Avril et de Juin 1905, j'étudiais ces geysers et ces puits, j'ai pu en compter 600, entre geysers, sources d'eau toujours bouillonnante, puits, entonnoirs et réservoirs naturels sans eau ou avec eau chaude, tiède et froide.

La région des geysers commence à l'est par un petit cône boueux (16 de la carte) situé à côté de la grande route. Suivent ensuite d'autres puits contenant de l'eau chaude, des émanations de vapeur, des cônes et des entonnoirs de boue, plus ou moins alignés dans une direction N.O. jusqu'au coin du mur à 350 mètres environ à l'E. du village de Salitre, au point où le chemin, qui va à Zamora, fait une courbe vers le S.E.

Dans la petite étendue de terrain (350 mètres de long sur 150 mètres de large), située à l'intérieur du mur, nous trouvons la majeure partie (250 à 300) des puits, des sources et des geysers. Ce sont des puits groupés ensemble, sans direction linéaire, comme c'est le cas dans la première partie de la région geysérienne.

Le petit village de Salitre est situé sur un terrain peu élevé formé de dépôts détritiques durcis, amenés là par l'arroyo, qui sort du précipice qui se trouve au N. du village. Ce terrain, qui affecte une légère forme conique, interrompt la série des puits qui ne reprend qu'à l'ouest de l'autre côté du village.

A partir de ce point, les puits sont plus ou moins alignés jusqu'à Ixtlán suivant une courbe très-légère, ouverte au sud. La partie occidentale d'Ixtlán est également située sur la bande geysérienne; on doit tout au moins le supposer ainsi, parce que l'on rencontre de l'eau tiède dans tous les puits artificiels du village, bien qu'il n'y ait pas dans ce village des puits ou des sources naturels.¹

La majeure partie des puits naturels de cette région ne sont pas des geysers, ni des puits à ébullition permanente, ni des cônes ou des entonnoirs de boue, mais des réservoirs, des puits avec eau chaude, tiède ou froide, ou bien sans eau, enfin des émanations de vapeurs.

Quand je fis mes observations, j'ai compté de 200 à 250 réservoirs, des puits ou réservoirs sans eau ou avec eau froide ou tiède.

1 Au N. E. du village, dans un terrain élevé, le Docteur Sabas Munguía a perforé des couches siliceuses dures, et a rencontré de l'eau très-chaude à une profondeur considérable (N.º 17). Bien que l'entrée du tube soit à une vingtaine de mètres au dessus du niveau de la vallée, lorsque le forage du puits fut terminé il y eut une forte explosion, et maintenant l'eau monte jusqu'à la dite extrémité du tube et déborde continuellement.

300 à 350 puits avec eau chaude (plus de 70 degrés)
et émanations de vapeurs,

15 puits en permanente ébullition,

50 à 60 cônes et entonnoirs de boue et

13 geysers proprement dits.

Ces chiffres sont très-variables, car chaque jour s'ouvrent de nouveaux entonnoirs, de petite dimension, avec dégagement de vapeur, tandis que d'autres disparaissent. L'activité de ces puits varie également; c'est ainsi qu'un geyser intermittent peut se transformer en une simple source, qui paraît être en ébullition continue.

En somme, nous pouvons distinguer à Ixtlán les types suivants:

1.—Geysers,

2.—Sources bouillonnantes permanentes (de ces sources sort continuellement de l'eau chaude),

3.—Cônes et entonnoirs de boue,

4.—Puits et entonnoirs avec eau chaude (température au dessus de 70 degrés),

5.—Emanations de vapeurs,

6.—Puits, entonnoirs et réservoirs naturels sans eau ou avec eau froide ou tiède.

Comme véritables geysers intermittents, dignes de remarque, j'ai pu noter:

I. Le "Pozo (puits) de los Baños," N.º 1,

II. Le "Pozo del Coyote" appelé aussi "Pozo Grande," N.º 3,

III. Le "Pozo del Carbón," N.º 5,

IV. Le "Pozo blanco," N.º 6,

V. Un puits près du village de Salitre, N.º 7,

VI. Le "Pozo Tritubular," N.º 8,

VII. Le "Pozo Verde," N.º 9,

VIII.—Le puits du groupe situé à l'extrémité orientale de la région des geysers, N.º 14.

POZO DE LOS BAÑOS.

Le puits des bains est rempli de pierres, comme tous les geysers d'Ixtlán, excepté le "Pozo Verde."

Son tube est petit (un quart de mètre de diamètre), sans concrétions siliceuses à l'entrée; seulement les pierres, dont il est rempli, se couvrent d'une croûte mince de silice qui les rend blanches.

En Avril 1905, après une phase d'éruptions plus fortes, survint une période de calme. Quand les éruptions cessèrent, l'eau disparût dans le tube. Ensuite, lorsque l'eau monta de nouveau, on pût constater des éruptions faibles et de courte durée. Pendant les périodes de calme, l'eau descendit et remonta ensuite à un niveau un peu plus élevé. Une heure 15 minutes après l'éruption la plus forte, il s'en produisit une autre: l'eau sauta en forme de gouttes jusqu'à la hauteur de 50 centimètres, et il se dégagèrent des vapeurs en grandes quantités. Pendant cette période, le geyser laissait échapper beaucoup d'eau d'une température de 93,5° C. et par un conduit ouvert, celle ci était amenée à la maison des bains, située près du puits.

Cette eau est médicinale, on l'emploie pour diverses maladies. Le médecin d'Ixtlán croit qu'elle est radioactive, car il en a obtenu de bons résultats dans des cas de carcinome.

Pour l'analyse de cette eau, on peut voir les tableaux d'analyses joints à cette étude.

A quelques mètres au N. du geyser des bains, se trouvent deux entonnoirs, l'un plus grand que l'autre,

qui se remplissent d'eau chaude pendant la période de calme du geyser et qui s'épuisent quand celui-ci fait éruption. Le même phénomène s'observe, d'ailleurs, pour d'autres groupes, ce qui prouve que ces différents puits communiquent entre eux intérieurement.

POZO DEL COYOTE.¹

(Appelé aussi "Pozo Grande.")

En continuant vers l'est, on rencontre ensuite le "Puits du Coyote," qui figure sur la carte sous le N.º 3.

Actuellement l'orifice du tube s'ouvre au fond d'un entonnoir, dans une brèche, étant rempli de pierres. Probablement, ce geyser fût autrefois le plus grand et le plus beau de toute la région d'Ixtlán. A cause des pierres, qui couvrent et ferment presque complètement son entrée, on peut seulement évaluer son diamètre à un mètre, en tenant compte du diamètre du grand entonnoir, qu'il a perforé dans la brèche.

En Avril 1905, ce puits fit des éruptions dans des intervalles de deux heures. Alors, l'eau entraînait aussitôt en ébullition jusqu'au fond de l'entonnoir de la brèche, en degageant de grands nuages de vapeurs accompagnés d'un bruit comme de bourdonnements.

A l'époque des pluies, ce geyser a plus de force, et travaille dans des périodes plus courtes, dans des intervalles de $\frac{3}{4}$ d'heure.

Au S.O. de ce geyser, près de la maison de Salitre, il y a un puits (N.º 2), qui, en temps de sécheresse, bout d'une façon continuelle et donne une eau de haute tem-

¹ Le nom de ce puits a été donné par M. G. de J. Caballero, dans son travail "La región geiseriana al Norte del Estado de Michoacán." Mémoires de la Société "Alzate." Tome XXII. Pages 206 et suivantes.

pérature (93°). Pendant la saison des pluies, il se transforme en un véritable geyser; alors son éruption est très-violente et a lieu chaque dix ou douze heures. Il rejette une grande quantité d'eau. Quant l'éruption est terminée, il s'épuise et, après plusieurs heures, l'eau monte lentement sans déborder; c'est alors que recommence une nouvelle éruption.

POZO DEL CARBÓN.¹

Le troisième geyser (N.° 5 de la carte) est un entonnoir de forme irrégulière dont le diamètre, qui mesure plus de trois mètres, va en diminuant très-rapidement vers le fond.

Son tube est rempli de pierres, qui diminuent la force de l'eau, laquelle s'échappe en grandes quantités pendant la période d'éruption. Ces mêmes pierres empêchent l'étude de la forme et de la profondeur du tube.

Ses périodes sont espacées de deux heures en deux heures.

A trente pas de ces geyser, à l'ouest, il y a un puits (N.° 4) qui, en Avril 1905, fût en ébullition continue; l'eau chaude, qui en sortait, avait une température constante de 93°C.

Une dizaine de puits des environs semblaient éteints à cette époque et leurs petits entonnoirs étaient vides.

En Juin de la même année, au commencement de la saison des pluies, le pozo grande, qui était auparavant en ébullition continue, se transforma en geyser in-

1 M. Caballero appelle (loc. cit) "puits du charbon" un autre puits situé entre le "geyser des bains" et le "puits du Coyote." Non seulement le geyser, que mentionne M. Caballero n'a pas été tel, lorsque je fis mon étude, mais encore on m'apprit que le puits N.° 5 s'appelle "le puits du charbon." Cela se comprend facilement si l'on considère les dépôts de boue noirâtre qui se trouvent dans l'intérieur de ce geyser.

termittent; ses éruptions avaient lieu chaque dix ou douze heures, comme celles du puits situé près de la maison Salitre. Pendant ses éruptions, il s'échappait de l'eau très-chaude des bords du geyser, en plus grande quantité qu'auparavant en temps de sécheresse, quand c'était encore un puits en ébullition continuelle. Tous les petits puits environnants paraissaient également éteints pendant l'éruption du geyser. Quand celui-ci se calmait, ils se remplissaient d'eau chaude et se vidaient de nouveau quand l'éruption reprenait. C'est le même phénomène, que nous avons noté dans le geyser de los Baños.

POZO BLANCO.

Plus près du village de Salitre, nous trouvons le Pozo blanco, qui figure sur la carte sous le numéro 6. Ce geyser a déposé depuis longtemps des quantités considérables de matières siliceuses qui couvrent les herbes tout autour de son entonnoir. Un dépôt de mousse très-bien incrusté est très-bien conservé et entoure actuellement le geyser, en forme de banc, surtout au sud-ouest, où il atteint une hauteur d'un mètre.

Au mois d'Avril 1905, les éruptions de ce geyser avaient lieu toutes les deux heures et, au mois de Juin, saison des pluies, une fois par heure et demie.

L'aspect des éruptions et la manière dont elles ont lieu sont très-analogues au phénomène du Pozo de los Baños, avec la différence que les éruptions sont un peu plus fortes.

GEYSER DE SALITRE.

A l'est du village de Salitre, à quelques mètres au sud de l'endroit où commence la grande route pour Zamora, se trouve un puits en ébullition continuelle et

le geyser de Salitre. C'est le geyser N.º 7 de notre carte, avec son puits subordonné.

Le geyser travaille toutes les deux heures et dégage beaucoup d'eau pendant son éruption. Le puits situé à 3 mètres au N. du geyser est rempli d'eau quand celui-ci traverse une période de calme; il se vide entièrement quand le geyser est en éruption.

Les périodes du geyser sont un peu plus courtes pendant la saison des pluies, mais, dans le puits voisin en ébullition continuelle, on ne peut alors noter des altérations.

Comme je l'ai déjà dit, sur une faible étendue de terrain, au S.E. du village de Salitre, se trouve la plus grande partie des puits groupés sans règle. Mais entre ces puits il n'y a que deux geysers intermittents en communication avec quelques puits, qui sont leurs tributaires. Ces geysers intermittents sont le geyser tritubulaire et le Pozo Verde (puits vert).

GEYSER TRITUBULARIO.¹

Le geyser tritubulaire (N.º 8 de la carte) est formé de trois tubes de geyser intermittents, qui débouchent dans un réservoir naturel de forme ovale, dont le grand diamètre est de deux mètres et demi, le petit de 2 mètres. Ce réservoir est formé à sa partie septentrionale par un rebord en brèche dure d'1½ mètre d'épaisseur qui ne se continue pas du côté sud du dit réservoir. Il y manque, et alors le bord est formé à sa base, par une autre brèche qui contient beaucoup d'os pétrifiés. Deux des tubes ont un remplissage de pierres; le troisième mesure 30 cm. de

¹ Pour être plus concis, je me sers de cette désignation de tritubulaire, parce que les trois tubes se réunissent dans un petit enfoncement du terrain; d'ailleurs, les habitants n'ont pas donné d'autre nom à ce puits.

diamètre et ses parois s'enfoncent en ligne droite jusqu'à une profondeur d'un mètre. A cet endroit, des pierres empêchent l'étude des parties inférieures.

Le réservoir naturel en question peut contenir de un à deux hectolitres d'eau.

Aux environs immédiats du geyser tritubulaire, dans un terrain de 50 pas de longueur sur 40 de largeur, il existe un grand nombre d'autres puits.

Onze de ceux-ci sont en communication interne avec le geyser : ils se vident quand les trois tubes de ce dernier sont en activité. Dix autres contiennent de l'eau chaude et ne semblent pas être sous l'influence des périodicités du geyser. En outre, il y a une vingtaine de puits et entonnoirs, les uns contenant de l'eau froide, et une vingtaine de trous qui dégagent des vapeurs.

Le geyser tritubulaire travaille toutes les deux heures ; son eau de 93°5C. jaillit en gouttes jusqu'à une hauteur d'un mètre. Pendant cette phase, une grande quantité d'eau très-chaude se répand tout autour du réservoir (voir photographie).

Les onze puits mentionnés plus haut, qui paraissent être en communication interne avec le geyser, se vident au moment même, où celui-ci entre en activité.

POZO VERDE.¹

Le puits vert N.° 9 de la carte), qui est un peu séparé du gros des tubes de cette partie de la région geysérienne, est le plus grand de tous les puits actifs d'Ixtlán il est enfoncé à 4 mètres de profondeur dans la

¹ Sur le Pozo verde on trouve une notice par Eduard Mühlentfordt en "Versuch einer getr. Schilderung der Rep. Mejico" Bd. II. 361.

brèche dure et entouré d'un rebord¹ de mousse, recouverte de silicate, d'une hauteur de 25 centimètres. Ce bord du geyser a la forme ovale; son grand diamètre est de 3 mètres et son petit diamètre de 2 mètres; mais des parois surplombantes limitent l'eau qui est d'une très belle couleur verte. Au dessous du rebord, dans la brèche, s'est formé un trou par lequel s'écoule par intermittence l'eau du puits (la quantité d'eau qui sort, diminue chaque deux heures).

Le geyser travaille, comme nous l'avons dit une seule fois par an, mais avec beaucoup de force et de splendeur. En Avril 1905, la température de l'eau était de 74°; peu à peu elle s'est élevée et au mois de Juin elle atteignait 82°. Son éruption annuelle doit probablement se produire quand la température de l'eau arrive à 93°5 C.

Les habitants de Salitre disent que le marais près du Pozo Verde s'épuise pendant que ce geyser est en éruption.

A l'extrémité de la partie orientale de ce groupe de puits de Salitre, à 330 mètres à l'est de ce village, dans le coin du mur, on rencontre deux petits puits (N.° 10 de la carte), qui paraissent être de petits geysers intermittents, mais seulement à l'époque des pluies. Pendant la saison sèche, ils sont continuellement en faible ébullition.

1 Ce rebord paraît être le reste d'un dépôt siliceux qui a été formé par le puits vert, comme en ont formé le puits blanc et d'autres puits aujourd'hui probablement éteints, au nord du geyser tritubulaire. Actuellement, aucun puits ni aucun geyser ne forme de dépôt de silice.

Andrae (Neues Jahrbuch für M. G. u. P. 1893. II. p. 17.) croit que les geysers doivent forcément former des dépôts siliceux; c'est probablement là une condition pour que les geysers prennent naissance, car les incrustations de silice contribuent à faire les tubes lisses.

Mais pour la continuation du phénomène geysérien le dépôt de substance siliceuse n'est pas indispensable. Nous en avons la preuve précisément dans les geysers d'Ixtlán et dans les analyses qui ont été faites de leurs eaux.

En continuant le long du mur vers le sud, on trouve un autre puits (N.º 11 de la carte), qui est constamment en ébullition; ses dimensions sont un peu plus grandes et il travaille avec plus de force. Il ne paraît subir aucune altération avec le changement des saisons. Son eau, qui a toujours 93'5° C. déborde en quantités considérables.

Le dernier geyser intermittent, qui est petit et de peu d'importance, est situé à l'extrémité de la partie orientale de la région geysérienne d'Ixtlán; il figure sur notre carte sous le N.º 14.

Dans ce même endroit, on rencontre également de petits puits, dont l'eau bout légèrement et déborde (N.º 15).

Les geysers et les puits d'eau chaude sont remplacés dans cette partie de la région geysérienne par des entonnoirs et des cônes ou petits volcans de boue¹ plus ou moins alignés et par des dégagements de vapeurs. Ces dégagements ne font pas, d'ailleurs, défaut sur d'autres points de la bande de terrain geysérien.

Comme je l'ai déjà dit, ces puits de boue affectent deux formes différentes: Il y a des cônes ou de petits volcans de différentes grandeurs, formés par la boue jaillissante sous l'action de la force explosive des gaz et des vapeurs des entonnoirs de boue.

Ces cônes ressemblent beaucoup à de véritables volcans stratifiés (Stratovulkan). Ils ont une cheminée plus ou moins étroite dans un cône, construit par divers petits courants de boue et par des couches de cette même matière lancée dans l'air.

On peut quelquefois observer sur ces cônes des exca-

¹ A San Salvador, on désigne ces petits volcans sous le nom de "Infiernillos" et "Ausoles." Carl Sapper: "Dampfquellen und Schlammvulkane in San Salvador" Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellschaft 1896. p. 14.

vations rondes remplies d'une fange visqueuse¹ voir la photographie).

Quelquefois ces puits de boue ont la forme d'entonnoirs à parois droites, d'où sort une eau boueuse.

Quand un cône et un entonnoir sont très rapprochés, il semble qu'ils sont en communication interne. Tous les petits volcans de boue sont intermittents. Pendant leur phase de moindre activité, on entend jaillir la boue au fond de la cheminée; dans la fange de l'entonnoir, montent des bulles de vapeur qui provoquent au niveau de la boue un fort bouillonnement. Quand le petit volcan de boue commence à travailler en lançant de la boue chaude ou simplement en la laissant déborder, l'eau dans l'entonnoir devient plus calme.

Quelques uns de ces petits volcans lancent de la boue jusqu'à une hauteur d'un mètre et demi. L'excavation qui se trouve sur le cône (N.° 13 de la carte), et que l'on aperçoit sur la photographie, a eu, en Juin 1905, quelques éruptions. Alors, elle lançait de la boue jusqu'à 5 mètres de distance du cône.

La grandeur des petits volcans et des entonnoirs est variable. Il y a des cônes d'un décimètre de hauteur et d'un diamètre de moins d'un quart de mètre; d'autres, qui sont plus anciens, ont un mètre de hauteur et un diamètre de 2 ou 3 mètres. La même différence s'observe dans les dimensions des entonnoirs.

Le plus grand de tous ces puits de boue est un entonnoir boueux de 5 mètres sur 10 mètres. Il se trouve près du coin du mur déjà mentionné, qui est situé à 350 mètres à l'est du village de Salitre (N.° 12). Cet entonnoir,

¹ Ce phénomène d'un petit lac dans le cratère du cône rappelle le lac de lave liquide bouillante (feurigfluessig) dans le cratère du Kilauea en Hawaï.

aujourd'hui presque complètement éteint, à l'exception de quelques endroits où jaillissent des bulles de vapeur, est remarquable par une grande éruption. Il y a 50 ans, lors de sa formation, il lança de la boue à une distance de 80 à 100 mètres.

La température dans tous les cônes intermittents et dans tous les entonnoirs actifs arrive presque toujours à 93° et à 93.5° C.

Outre les geysers intermittents (avec leur puits communicants) et les cônes et entonnoirs de boue (qui sont souvent en communication interne), il faut citer les puits en ébullition permanente, dont quelques-uns ont déjà été mentionnés plus haut et en outre échappements de vapeur.

En Avril et Juin, existaient 200 de ces derniers. On ne saurait donner un nombre précis parce-que chaque jour il y en a qui s'éteignent tandis que d'autres se forment.

Le nombre des puits en ébullition continue est plus constant¹ (16 en Avril et Juin 1905), mais pour ceux-ci également on remarque que l'activité varie suivant les saisons.

En Avril et Juin 1905, il y avait en somme environ 170 tubes, entonnoirs et excavations de dimensions diverses, avec eau chaude à une température supérieure à 70 degrés.

Le nombre des tubes, entonnoirs et excavations, avec eau froide ou sans eau dépassait 150 à la même époque. Ce nombre augmentera probablement continuellement

¹ M. Caballero note dans son travail déjà cité un geyser intermittent appelé le Puits du Charbon (Voir la note page 7), entre le puits des Bains et celui du Coyote (Grand Puits). Au lieu de ce puits, j'ai trouvé un petit puits en ébullition continue, et, à côté de lui, un autre plus petit. Les deux ne paraissent pas être intermittents.

jusqu'à ce que toute la région geysérienne d'Ixtlán ne sera qu'une zone de puits éteints.

Les différentes théories sur le phénomène des geysers peuvent se diviser en deux groupes, dont les plus typiques sont : celle de Mac Kenzie (1811), et celle de Bunsen (1847).¹

On peut dire avec beaucoup de certitude, que la théorie de Bunsen est une théorie locale, et la seule correcte pour expliquer les phénomènes et les conditions du Grand Geyser d'Islande. La théorie de Mac Kenzie me paraît avoir un caractère plus universel, surtout quand on la simplifie.

Mac Kenzie suppose que le tube de geyser, étant droit à sa partie supérieure, se recourbe ensuite et se réunit à une sorte de dépôt d'eau ou de chaudière, de telle façon que la colonne d'eau du tube enferme la vapeur dans la dite chaudière jusqu'au moment où la tension de la vapeur est suffisante pour soulever la colonne d'eau du tube.

Le même effet est produit par des tubes droits ou recourbés qui ne débouchent pas dans le plafond du dépôt mais à un niveau plus bas. Dans ce cas, nous nous trouvons toujours en présence d'un geyser intermittent, si le tube, à sa partie supérieure, arrive à la surface du sol, si l'eau peut déborder du tube, et si le dépôt est pourvu de chaleur et eau suffisantes.

Comme dégagements de vapeur s'observent à la surface des tubes capillaires, qui débouchent au sommet du plafond de la chaudière.

¹ Voir la liste de la littérature sur les geysers : A. C. Peale M. D. 12. Annual Report of the U S. Geological and Geographical Survey for the year 1878. Part II. Washington 1880, p. 425 (jusqu'en 1878), Andrae I. c. et K. Honda et T. Terada : "On The Geyser in Atami, Japan" The Physical Review Vol. XXII. N.º 5, p. 300.

Quand un tube large débouche au sommet du plafond de la chaudière, c'est un réservoir en ébullition permanente parce-que toutes les bulles, qui se forment dans le dépôt montent tout de suite dans les tubes. Des irrégularités dans la forme du toit du dépôt peuvent occasionner des périodicités dans la forme du bouillonnement.

On ne pourra très probablement pas noter d'intermittence dans un tube étroit s'il n'existent pas quelques irrégularités sur son parcours ou dans son dépôt, irrégularités, qui retiennent une quantité considérable de vapeur, ou s'il n'y a pas une source de chaleur dans la partie supérieure du tube, comme l'a supposé Bunsen pour le Grand Geyser d'Islande.

On peut interpréter facilement l'intermittence du Grand Geyser en supposant qu'à l'endroit où Bunsen a rencontré la température la plus rapprochée du point d'ébullition (près de 10 mètres au dessus du fond du tube) et où entrent avec beaucoup de force des bulles de vapeur (comme l'a observé aussi Bryson), débouche, dans le tube du Grand Geyser, un autre tube d'un véritable geyser. Le tube du Grand Geyser est probablement un tube geysérien ancien, mais maintenant les éruptions ne commencent plus que dans sa partie inférieure. Il est possible qu'autrefois le fond de ce tube ait été une partie d'un dépôt geysérien et qu'avec le temps la communication entre le dépôt et le tube du Grand Geyser se soit obstruée.

Le phénomène des tubes subordonnés ou communicants qui se réunissent aux geysers N.º 1, 7, 8 et 9, et ceux qui entourent le réservoir en ébullition situé à l'O. du geyser du Carbón (N.º 7), ainsi que le phénomène des entonnoirs de boue qui sont en communication

interne avec les petits volcans, sont intéressants à observer parce qu'ils servent à confirmer l'explication des geysers par l'existence d'un dépôt ou d'une chaudière.

Pendant la période de calme du geyser et du volcan de boue respectivement, nous trouvons que les tubes subordonnés et les entonnoirs de boue sont remplis d'eau ou de boue chaude. Mais nous voyons qu'ils se vident ou tout au moins que leur niveau baisse, quand, dans les geysers ou dans les petits volcans de boue commence la période d'éruption.

Comme j'ai tenté de le démontrer théoriquement et expérimentellement dans mon petit travail intitulé: "Algunos experimentos en geysers artificiales."¹ (Quelques expériences de geysers artificiels), ce phénomène se produit quand un ou plusieurs tubes débouchent dans le même dépôt et plus bas que le tube du geyser intermittent.

De cette façon, il existe un système de tubes communicants; par le tube qui débouche plus bas que le tube du geyser descend l'eau au moment où dans le tube geysérien entre une quantité suffisante de vapeur; la colonne d'eau débordante diminue et par cela même diminue la pression sur l'eau et sur la vapeur contenues dans le dépôt.

Peut-être il est possible d'expliquer la situation et la genèse des geysers d'Ixtlán de la manière suivante:

La dépression, où sont situés le lac de Chapala et les plaines qui le bordent à l'est, me paraît devoir son origine à une énorme fosse d'effondrement (Grabenbruch), dont la direction générale de l'est à l'ouest.²

¹ Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo II, 1906, présenté à la Société le 6 Octobre 1905.

² N'ayant pas pu étudier la région en détail, l'hypothèse émise se base seulement sur des observations sommaires.

La bande méridionale, qui s'est maintenue à une hauteur considérable, forme le cerro de la Mula, et plus loin, des cerros situés plus à l'ouest comme ceux de Pajacuarán, etc. Sur tous ces cerros, on observe des pentes rapides jusqu'aux bords du lac de Chapala, et, en divers endroits, des glissements très-nets (Voir la photographie).

Une bande septentrionale, qui se maintient aussi à une hauteur considérable, marque, avec la bande méridionale déjà mentionnée, l'effondrement du terrain situé entre les deux. La cordillère que l'on aperçoit au nord, à une assez grande distance, depuis le chemin de fer de Yurécuaro—Guadalajara, entre Negrete et Ocotlán, n'est probablement autre chose que cette même bande.

La bande du cerro de la Mula est formée de différentes couches de courants basaltiques qui laissent voir sur divers points des structures générales de consolidation.

Au S.O. et N.E. d'Ixtlán, des collines de basalte limitent la dépression du lac de Chapala. Ce sont probablement des épanchements plus récentes, qui sont monté par les crevasses de la fosse d'effondrement en s'étendant après sur le terrain.

Entre deux de ces courants de basalte, se trouve la vallée d'Ixtlán et au pied méridional de la colline du N. s'étend la bande geysérienne d'Ixtlán.

Les tufs et les cendres volcaniques, qui couvraient auparavant les collines ou côteaux, ont été en majeure partie enlevés par les eaux et entraînés jusqu'au fond des vallées où elles forment maintenant des couches et des sédiments.

Ces cendres sédimentaires forment la base de la bande geysérienne. Dans les parties les plus profondes, elles ont été altérées par les vapeurs et par les eaux thermales,

formant une couche siliceuse très dure. Cette pierre ressemble, à première vue, à l'obsidienne de couleur grise. Cependant, on peut très bien voir les lignes de sédimentation et des cavités et des tubes, par lesquels ont circulé les eaux thermales.

Sur cette couche, qui concorde parfaitement avec la superficie de la pente douce du courant basaltique, se superposent trois brèches différentes, dont une ou deux sont quelquefois enlevées.

Ces trois brèches se distinguent par leurs diverses inclusions:

3. La plus haute contient de petits morceaux de basalte en quantités plus considérables que les autres.

2. La seconde renferme beaucoup de fragments de tessons (tepalcate).

1. La dernière, qui est la plus ancienne, contient des ossements de l'homme et de moutons.¹

Enfin, quelques geysers ont déposé des incrustations siliceuses sur leurs bords, parmi lesquelles on peut voir des gramens et d'autres herbes pétrifiées, très-bien conservées.²

Il faut supposer qu'au dessous de ces couches se trouve une crevasse par laquelle montent des gaz très chauds de HCl , SO_2 , P_2O_5 , et Bo_2O_3 , dont on trouve des quantités considérables dans les eaux.

La température de ces gaz doit être assez élevée, car c'est elle, qui donne aux eaux et à tout le terrain la cha-

1 Sur la grande route, près de la maison des bains, on a trouvé un squelette entier qui est maintenant dans le Musée de l'Etat de Michoacán, à Morelia. On rencontre aussi d'autres ossements dans la brèche près du geyser tritubulaire.

Mr. Ugalde a bien voulu classer la nature des os recueillis dans le Puits Tritubulaire et dans la brèche du côté de la route près du Puits des Bains.

2 La carte qui accompagne ce travail montre un profil schématique des faits géologiques mentionnés ci-dessus.

leur suffisante, pour que se puissent former les geysers.

Le fait que la quantité d'eau, qui déborde des puits, augmente et que les périodes de calme diminuent au commencement de la saison pluvieuse, fournit la preuve que dans leur majorité, les eaux viennent de la superficie de la contrée.

La crevasse, dont je suppose l'existence, doit se continuer à l'est, parce que l'on trouve dans cette direction, à une distance assez grande, des puits d'eau chaude, à Falconi, station de l'embranchement Yurécuaro-Los Reyes.

Nous donnons à la fin de ce travail la composition chimique des eaux de quelques puits, analysés par le Docteur V. de Vigier, en faisant ressortir que c'est pour la première fois que l'on trouve au Mexique de l'acide borique.

J'ai l'intention d'examiner plus tard, sur place, les eaux, la boue et les dépôts des puits d'Ixtlán relativement à leur radioactivité.

COMPOSITION DES EAUX DE QUELQUES PUIITS DE IXTLAN.

ANALYSÉES PAR LE DR. V. VON VIGIER.

	Pozo de los Baños. (1).	Pozo Blanco. (6).	Pozo Verde. (9).	Puit numero 15.
Si O ₂	0.1792	0.2168	0.2398	0.2129
S O ₂	0.2402	0.2540	0.2430	0.2626
C O ₂		0.0071	0.0008	0.0090
Cl	0.4083	0.3933	0.4706	0.4085
P ₂ O ₅		0.0026	0.0039	
B ₂ O ₃	0.0778	0.0706	0.0850	0.0303
Al	0.0110	0.0011	0.0027	0.0046
Fe	0.0033	0.0002	0.0011	0.0004
Ca	0.0166	0.0171	0.0201	0.0160
Mg				
N H ₄	0.0011	0.0012	0.0007	0.0021
Na	0.4236	0.4186	0.4366	0.4090
K	0.0218	0.0056	0.0063	0.0128
O (bas)	0.0780	0.0664	0.0704	0.0810
(K ₂ Mn O ₄)	(0.0043)	(0.0046)	(0.0060)	(0.0050)
Total	1.4611	1.4546	1.5810	1.4492
Résidu	1.4708	1.4618	1.5876	1.4674

Densité de toutes 1.001.

Composition de l'eau boueuse d'une salse (N.° 13 de la carte)
de Ixtlán.

Analysée par le Dr. V. von Vigier.

1,000 gr. de l'eau boueuse donnent un résidu de 106,957 gr.; de celui-ci 0.3306 gr. sont solubles dans l'eau chaude.

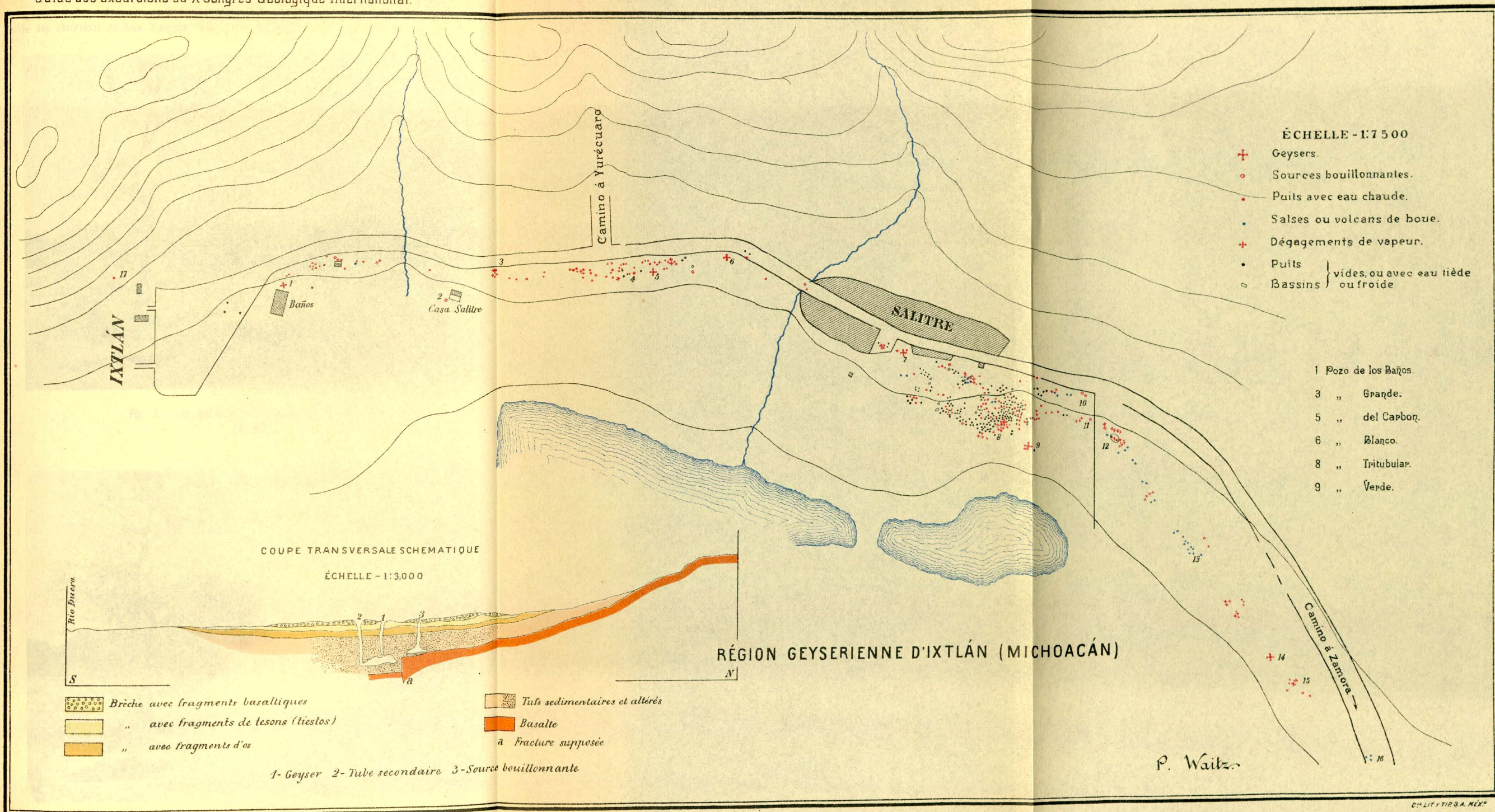
Le reste de la boue insoluble séché à 120° se compose de:

H ₂ O au rouge	7.17 %.
C et matière org.	1.77 „
P ₂ O ₅	0.36 „

Geysers d'Ixtlán.—2*

Si O ₂	59.86	%
Al ₂ O ₃	14.04	"
Fe ₂ O ₃	7.95	"
Fe O.....	0.44	"
Ca O.....	3.41	"
Na ₂ O.....	2.42	"
K ₂ O.....	1.34	"
	99.60	%





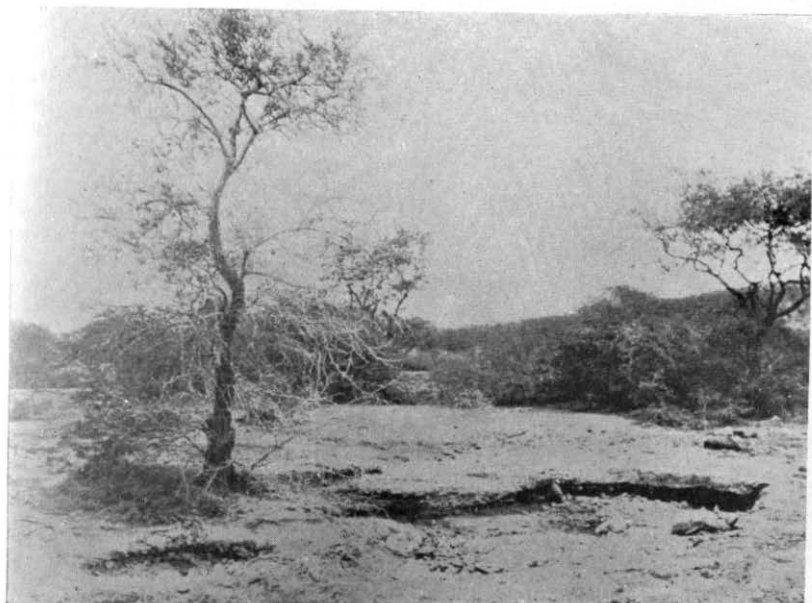


Fig. 1.—Le geyser tritubulaire, période d'inactivité.
IXTLAN.



Fig. 2.—Le geyser tritubulaire en activité.
IXTLAN.

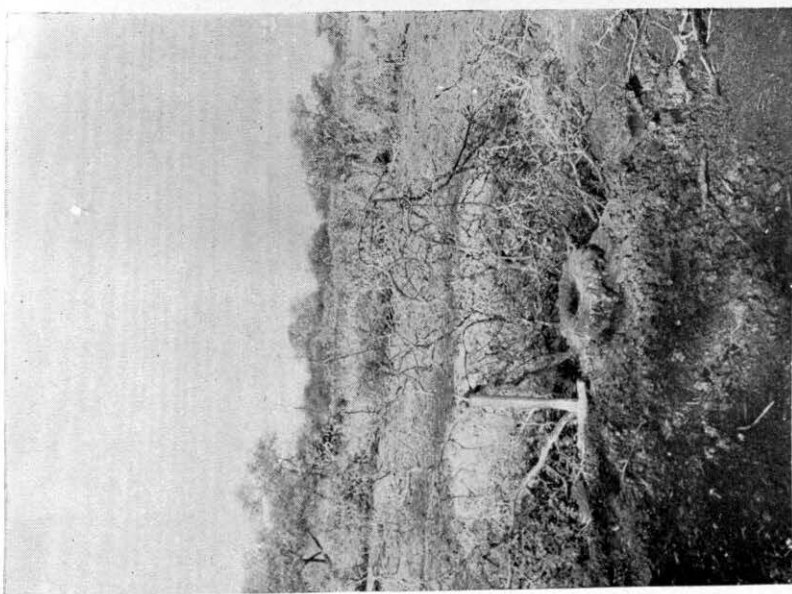


Fig. 3 — Une saïse.

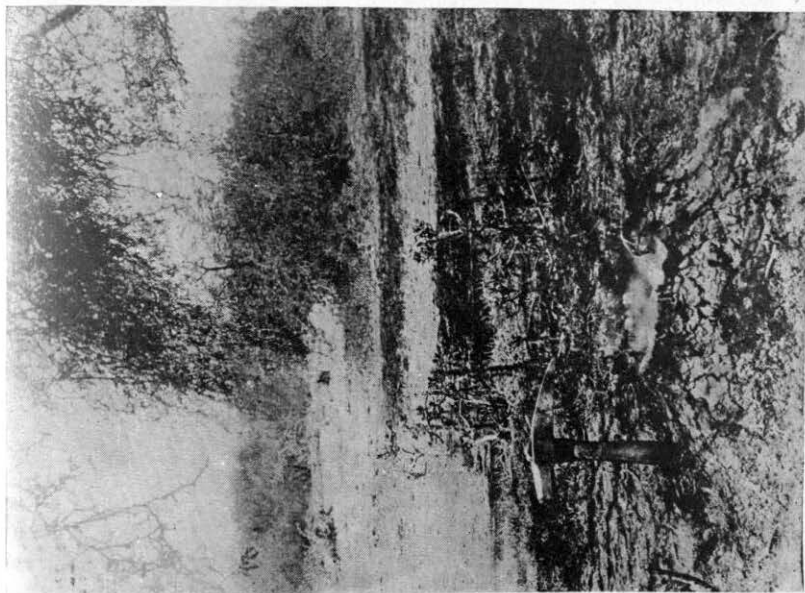


Fig. 4 — Une saïse.

IXTLAN.

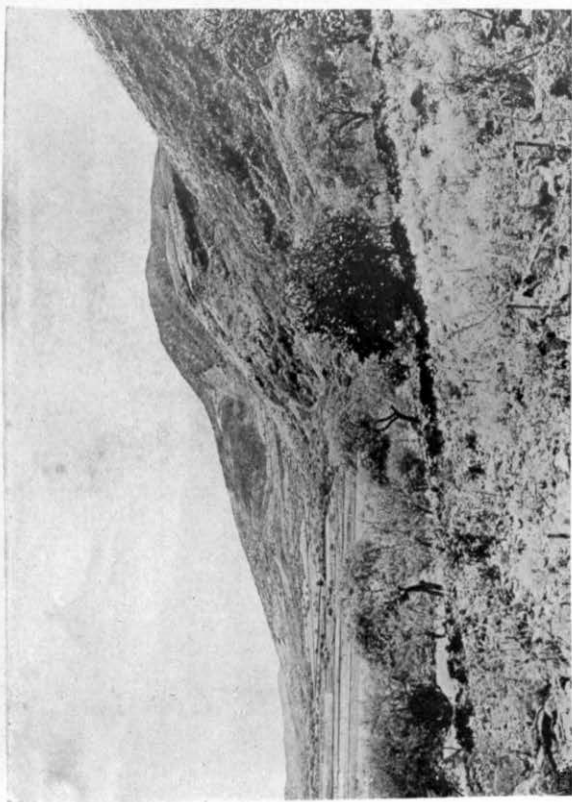


Fig. 5—Surface de glissement aux pives du Lac de Chapala.