

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

Tome XVII

(Deuxième série, tome VII)

ANNÉE 1903

BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADEMIES ROYALES DE BELGIQUE

112, rue de Louvain, 112

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

BRUXELLES

TOME XVII — ANNÉE 1903

LE VOLCANISME

PAR LE

Baron O. VAN ERTBORN (1)

La terrible catastrophe qui, le 8 mai dernier (1902), détruisit de fond en comble la malheureuse ville de Saint-Pierre en Martinique, faisant des milliers de victimes; les éruptions successives du Mont-Pelée pendant cette même année; celles de la Soufrière en l'île Saint-Vincent; enfin celles de la région volcanique du Guatémala, nous ont montré la périphérie du golfe du Mexique en pleine ébullition. Quoique ces phénomènes aient affecté une région circonscrite, celle-ci n'en occupe pas moins une surface considérable, démontrant une connexion intime entre ces diverses manifestations souterraines et excluant toute idée d'accident purement local.

De nombreuses hypothèses ont été émises sur les causes provoquant les phénomènes volcaniques; les événements désastreux de l'an 1902 en firent éclore de nouvelles. Les infiltrations d'eau marine, les actions chimiques, les courants magnétiques, l'action luni-solaire, etc., servirent de bases à ces hypothèses; l'accord est loin de s'établir et les divergences d'opinion, qui ne font que s'accroître, semblent démontrer qu'aucune d'elles ne donne de solution satisfaisante et surtout complète de cette question complexe. Aussi M. Bonney, l'éminent profes-

(1) Communication faite à la séance du 16 janvier 1903 de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie. — Voir les Procès-Verbaux, où le résumé du présent travail se trouve suivi d'un exposé relatif à cette communication, présenté par M. E. Van den Broeck sous le titre : *Nouvelle théorie de l'explosion volcanique, basée sur la combinaison des vues de M. van Ertborn avec les expériences et thèses de M. A. Gautier et A. Brun et avec la théorie de M. A. Stübel.*

seur de géologie à l'Université de Londres, émet-il l'espoir que la découverte d'une loi physique nouvelle en fournira l'explication. En tout cas, si la cause qui maintient ou rend les roches à l'état de fusion est encore obscure, il n'en est pas moins certain que deux causes fort différentes provoquent le mouvement ascensionnel des déjections volcaniques, soient :

1° La force expansive de la vapeur d'eau et des gaz ;

2° L'action de la pesanteur.

La première provoque les courants impétueux qui entraînent les poussières, les cendres, les lapilli, les ponces, les éléments légers en un mot ; à l'état explosif, elle projette les bombes volcaniques et les débris de roches ; tous les mouvements violents et rapides sont donc son œuvre.

La seconde, amenant les mouvements lents, ne peut être que l'action de la pesanteur, agissant par contre-pression, et amenant lentement les laves jusqu'au cratère et leur déversement sur les flancs de la montagne. M. William Digby cite à ce sujet la phrase typique de M. Bonney (1) : « L'écoulement souvent régulier et pour un temps continu, des laves par une fissure et leur intrusion dans les couches font naître l'idée que la masse fluide est expulsée, comme nous le ferions en pressant un tube compressible contenant de la couleur à l'huile. »

Remarquons ici que l'idée de compression est nettement émise par l'éminent professeur de l'Université de Londres.

M. Stanislas Meunier, dans le volume si intéressant qu'il vient de publier (2) et que nous avons eu l'honneur de résumer pour les comptes rendus bibliographiques de la Société, consacre un chapitre au volcan ; l'auteur ne paraît pas partager les idées exposées précédemment sur l'extravasement des laves. Ses idées, dont quelques-unes sont en désaccord avec celles généralement admises, peuvent se résumer de la manière suivante :

L'auteur considère le volcan comme un appareil hydraulique par lequel l'eau accomplit une circulation verticale. On évalue à une vingtaine de milliers de mètres cubes la quantité d'eau supposée liquide rejetée par jour pendant une éruption. La cheminée et le cratère ne sont que les chemins de décharge du laboratoire où les substances rocheuses destinées à devenir lave ou cendres sont soumises à la haute température de la liquéfaction complète, en même temps qu'ils sont les

(1) *Natural Law in terrestrial Phenomena*, p. 70.

(2) STANISLAS MEUNIER, *La Géologie générale*, Paris, 1903.

sources d'où dérive l'eau qui doit s'incorporer par occlusion dans le magma, de manière à le rendre FOISSONNANT.

Nous soulignons cette dernière phrase et tout spécialement le dernier mot, souligné par l'auteur lui-même; nous ne saurions assez insister sur son importance dans le sujet que nous allons traiter.

Reprenons le texte de l'auteur. Celui-ci fait remarquer que l'idée la plus simple, c'est que la cheminée volcanique se prolonge au travers de toute l'écorce rocheuse et s'alimente dans le noyau non encore solidifié; il se demande ensuite si, sous l'influence de l'eau surchauffée parvenant à son contact, la matière des zones moins profondes et par conséquent solidifiée ne deviendrait pas pâteuse et même liquide, de façon à pouvoir surgir par la cheminée. Il fait remarquer ensuite que par les expériences réalisées d'après la méthode de Sénarmont, on voit des roches et des minéraux perdre leur forme et par conséquent leur consistance bien au-dessous de leur point de fusion. Il lui paraît difficile, sinon impossible, d'admettre que les infiltrations puissent pénétrer à soixante kilomètres, épaisseur probable de l'écorce solide du globe.

« Notre opinion, ajoute M. S. Meunier, fondée sur plusieurs ordres de considérations, c'est que le volcan est alimenté en eau par l'éroulement le long des failles souterraines, de blocs pourvus de l'eau d'imprégnation, qui caractérise les assises les moins profondes de la croûte du globe. » On avait déjà opposé à cette idée, émise précédemment par l'auteur, que les volcans émettent aussi d'autres gaz et que ceux des îles Hawaï rejettent, non de la vapeur d'eau, mais de l'acide chlorhydrique; des chlorures, comme le sel gemme, pourraient produire ce dernier gaz.

L'auteur fait remarquer ensuite que les laves, même les plus anciennes, contiennent des cavités et en sont même criblées; le peu de densité, le caractère poreux des lapilli et des cendres volcaniques sont trop connus pour qu'il y ait lieu d'insister à leur sujet.

Enfin l'eau de carrière contenue dans les roches effondrées abaisserait, en se volatilissant, le point de fusion des roches et leur communiquerait la propriété foissonnante, qui les rend volcaniques. Plus loin, M. S. Meunier ajoute encore : « La vue des éruptions volcaniques nous apprend que l'ascension des laves jusqu'au sommet de l'Étna, c'est-à-dire à 3 000 mètres de hauteur, est en tout point comparable à l'extravasement d'une eau gazeuse ou du vin de Champagne, hors de la bouteille restée debout, mais dont le bouchon a été brusquement enlevé. »

Cette théorie, telle que l'expose M. Stanislas Meunier, nous paraît tout

au moins incomplète. Le phénomène de l'écoulement des laves est toujours lent et ne se produit pas brusquement; l'auteur n'indique pas la force souterraine qui le rend continu, au moins pendant un certain temps; nous en parlerons plus loin. Il n'admet pas que les eaux d'infiltration puissent traverser l'écorce solide du globe, épaisse d'une soixantaine de kilomètres, selon toutes probabilités, mais il admet que les laves peuvent suivre le chemin inverse et provenir d'une très grande profondeur. Il est incontestable que l'eau ne peut parcourir, en cheminant comme *eau de carrière*, toute l'épaisseur de la croûte terrestre, mais il est de fait que les régions volcaniques sont caractérisées par de grandes et nombreuses failles, que la cheminée se trouve probablement au point d'intersection de deux d'entre elles, que les mouvements sismiques si nombreux et si puissants dans les régions volcaniques ont dû fissurer les roches en tous sens et ouvrir des voies faciles d'infiltration aux eaux.

L'accès des eaux en profondeur n'est donc pas aussi difficile que paraît le croire M. S. Meunier, et cela d'autant plus que leur mouvement est activé par l'action directe de la pesanteur.

Il est incontestable que des parties de roches peuvent se détacher des parois de la cheminée, des massifs considérables même formant partie de l'écorce terrestre et servant de soubassement à la montagne, peuvent aussi s'effondrer dans le magma liquide, se fondre et donner naissance à une certaine quantité de vapeur d'eau; mais l'eau de carrière seule nous paraît insuffisante pour en fournir une quantité aussi considérable, d'autant plus que les roches primaires ne sont guère poreuses; on peut même se demander si les éléments constitutifs de ces roches ne pourraient pas fournir l'un des gaz générateurs de l'eau.

Personne n'ignore que le plus grand nombre des volcans sont situés dans le voisinage de l'Océan, mais il en est d'autres, dans les Andes, qui en sont distants de plus de 250 kilomètres, quoiqu'une telle distance, dans la question qui nous occupe, puisse être considérée comme minime. On cite, il est vrai, un volcan situé en Mandchourie, éloigné d'un millier de kilomètres de la mer. Il est possible que dans ce cas isolé, les eaux souterraines agissent comme les eaux marines. Leur action si importante en géologie n'est étudiée que depuis peu et cette étude n'a pas encore dit son dernier mot.

Dans une communication des plus intéressantes, faite à la séance de la Société du 16 décembre dernier, M. Kersten nous disait, au sujet du coup d'eau survenu au charbonnage du Levant du Flénu, en juillet dernier, que la quantité s'élevait à plus de 50000 mètres cubes; cette

eau fossile, car elle ne pouvait, vu sa composition chimique, provenir des morts-terrains, contenait par litre 56 grammes de chlorure de sodium en dissolution, soit près de 1 700 tonnes de ce sel. En contact avec de la lave, cette eau aurait produit de l'acide chlorhydrique, comme le fait remarquer M. A. E. Verrill dans *The American Journal of Science* (1). Dans la plupart des volcans, dit-il, la température de la lave doit atteindre 3 000°; si cette lave vient en contact brusque avec de l'eau marine, le chlore du sel sera dissocié du sodium et se combinera avec une partie d'hydrogène. Cette combinaison constituera de l'acide chlorhydrique à l'état gazeux.

Le sondage de Beerigen a rencontré dans le Houiller un amas d'eau saturé de sel. Les gisements de l'espèce ne sont donc pas bien rares et leur rôle dans les éruptions ne peut être considéré comme une impossibilité.

Il nous semble donc que les eaux de toutes provenances peuvent intervenir dans les éruptions volcaniques, et l'avenir nous apprendra peut-être de quelle manière dans chaque cas se produit leur intervention.

La partie de la théorie de M. St. Meunier qu'il nous paraît difficile d'admettre est celle où il attribue l'entraînement et le déversement des laves à une hauteur considérable, à une action absolument semblable à celle que produit l'extravasement du vin de Champagne, lorsque la bouteille est brusquement débouchée.

Les événements de la Martinique ont, semble-t-il, élucidé la question; s'il y eut débouchage brusque, ce fut bien en ce point, et les laves auraient dû être entraînées comme un torrent le 8 mai, et cela avec d'autant plus de raison que l'éruption eut lieu par une fissure latérale de la montagne et non par le cratère. Or il n'en fut rien, et l'écoulement de la lave ne commença à se produire que vers la mi-décembre, soit plus de sept mois plus tard.

Le caractère explosif n'a donc aucun rapport avec les épanchements de laves à des hauteurs considérables, et tout semble indiquer que c'est la contre-pression, soit l'action de la pesanteur, qui permet aux laves de s'épancher à 3 000 et même à 6 000 mètres de hauteur. Elles montent donc comme un bouchon abandonné au fond de l'eau remonte à la surface et comme l'aérostat s'élève dans les airs sous l'action de la

(1) Vol. XIV, July 1902, pp. 72 à 74. Voir aussi le présent BULLETIN, t. XVI, Traductions et Reproductions, pp. 66 à 68. Trad. de M. Halet.

pesanteur. Le bouchon dans l'eau, le ballon dans l'air, servent à constituer, par leur présence, une colonne d'eau ou d'air moins dense que celles qui les environnent. Par suite de la pression de ces colonnes plus denses sur le pied de la colonne moins dense, celle-ci est entraînée, ainsi que les corps qui s'y trouvent en suspension. Si l'on pouvait réduire brusquement de moitié la densité du milieu aérien qui entoure le ballon, sans modifier celle de la colonne d'air qui le surmonte, l'aérostat serait refoulé et écrasé sur le sol.

Le *foisonnement* ayant réduit dans des proportions considérables la densité de la colonne de lave, qui se trouve au pied de la cheminée, celle-ci se trouve refoulée en hauteur par des masses plus denses qui se trouvent dans le voisinage et, sous l'effet de cette pression, peut s'élever à plusieurs milliers de mètres au-dessus du niveau de la mer.

Une différence de densité d'un dixième seulement exigerait une colonne de 66 000 mètres pour faire contrepoids à une colonne de 60 000 mètres, épaisseur supposée de l'écorce terrestre, et permettrait aux laves de s'épancher par le cratère des plus hauts volcans.

La détente brusque, le débouchage instantané ne peuvent donc rendre compte de l'épanchement lent d'une coulée de lave, à l'instar de la couleur à l'huile sortant d'un tube compressible. Il faut, pour produire ce dernier phénomène, une pression lente et continue, une action qui assure la persistance du phénomène pendant un laps de temps relativement long.

En tenant compte du *foisonnement*, qui amène la diminution de densité, le phénomène serait identique à celui qui se produit dans l'appareil élévateur d'eau nommé « compresseur à air » (1), et dont nous avons eu l'honneur d'entretenir la Société à la séance du 21 mai 1902.

Cet appareil est basé sur le foisonnement de l'air et de l'eau, diminuant la densité de cette dernière par mélange.

L'air comprimé, insufflé par le bas dans une colonne d'eau, élève celle-ci à une hauteur considérable. L'appareil se compose d'une pompe à air, d'un réservoir à air comprimé G pour régulariser le débit, d'un tuyau à air *t*, recourbé à sa partie inférieure, amenant l'air comprimé au pied du tuyau H, destiné à élever le liquide, comme le font voir les figures ci-jointes 1 et 2.

La pompe à air mise en marche, un manomètre fixé sur le réservoir indique la pression. Supposons que celle-ci doive atteindre 8 atmosphères pour rompre, dans le cas qui nous occupe, la résistance due à

(1) Désigné aussi sous le nom d'*émulseur*, « *Mammoth pompe* », etc.

Fig. 1.

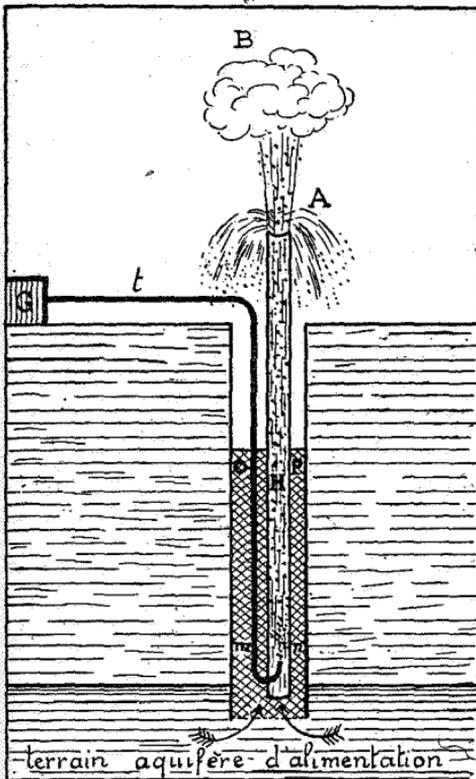


Fig. 2.

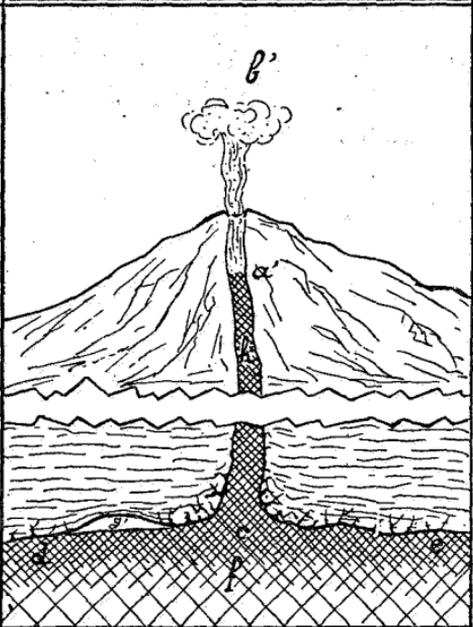
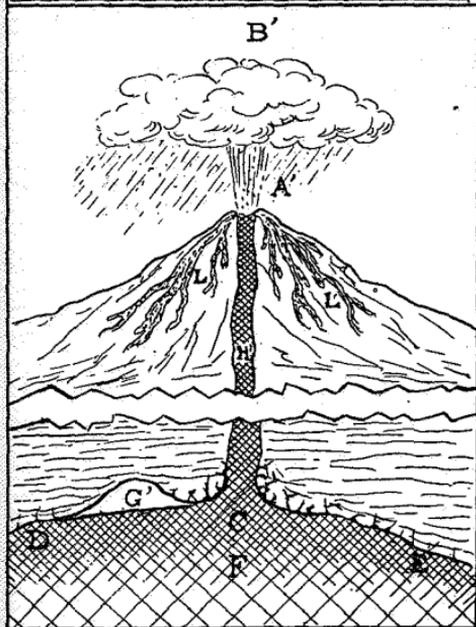
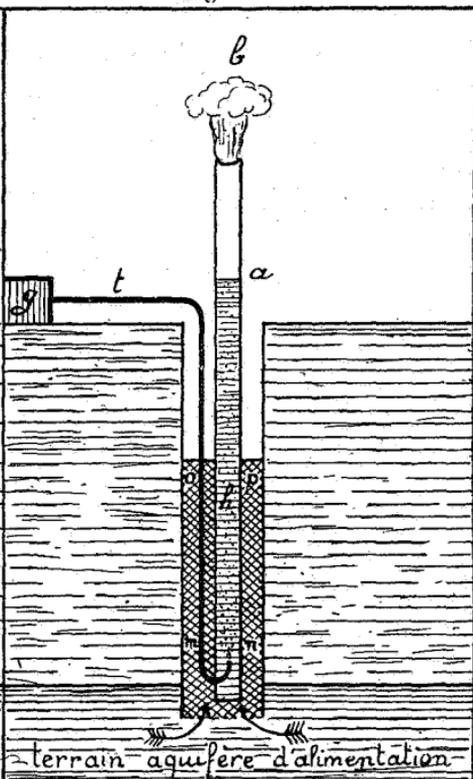


Fig. 3.

Fig. 4.

l'inertie de la colonne d'eau remplissant le tuyau destiné à lui servir de conduite d'ascension. Il se produit tout à coup une brusque secousse, un genre de détonation, et l'appareil se met à fonctionner. A l'instant, la pression tombe environ de moitié et l'ascension de l'eau continue à se produire pendant tout le temps que fonctionne la pompe à air.

L'eau et l'air se sont mis à *foisonner*, constituant un mélange de densité beaucoup moindre que celle de l'eau, densité qui, par exemple, ne sera que de 0.33, si, par litre d'eau, nous envoyons dans le liquide 2 litres d'air.

L'appareil n'est nullement un objet de cabinet de physique : il est entré dans la pratique, et les Américains en ont construit qui débitent 15 mètres cubes par minute (1).

L'appareil provoque donc le *foisonnement de l'eau et de l'air* ; mais ce n'est pas celui-ci qui élève l'eau, c'est la colonne *m n, o p* extérieure au tuyau d'ascension, dont la densité est restée 1.0, qui presse sur la base de la colonne, dont la densité est 0.33, et la refoule.

Il faudra donc, dans le cas cité plus haut, une colonne trois fois plus haute, de densité 0.33, pour faire équilibre à la colonne *m n, o p*, dont la densité est 1.00.

Si nous coupons le tuyau d'ascension en A (fig. 1), en dessous du niveau piézométrique du mélange d'eau et d'air, il y aura, d'une part, d'abord jet violent, puis déversement de l'eau en A, et celle-ci fera cascade tout autour du tube d'amenée, par le fait de la pesanteur.

D'autre part, l'air continuera à s'élever, produisant en B un souffle très sensible.

Si nous pouvions colorer cet air, comme les hydrologues colorent les sources, nous verrions en B un panache en forme de pin-parasol, comme on en voit un au-dessus du cratère d'un volcan en éruption. (Voir fig. 3.)

Diminuant ensuite la venue d'air, la densité de la colonne ascendante augmentera ; elle ne pourra plus atteindre (voir fig. 2) la partie supérieure du tuyau et produira, à un niveau inférieur *a*, un bouillonnement, tout comme il s'en produit un dans un volcan, lorsque la lave,

(1) Au peignage de laines d'Hoboken, on a :

Longueur du tuyautage	403 mètres.
Débit d'eau par minute	700 litres.
Débit d'air	5 mètres cubes.
Pression en atmosphères	6 ¹ / ₄

par faute de pression, n'arrive pas à être déversée par le cratère, se maintient au-dessous de son niveau. (Voir fig. 4, en *a'*.)

Si nous remontions le pied du tuyautage en *o p*, tout en le maintenant plongé dans l'eau, les phénomènes ne se produiraient plus. C'est donc la *contre-pression* en *m n* (fig. 1 et 2) qui provoque l'ascension du liquide.

L'appareil à air comprimé est donc un volcan en miniature, où l'air remplace la vapeur d'eau surchauffée et où les gaz et l'eau remplacent les laves, présentant absolument les mêmes phénomènes que les volcans.

L'eau dans le tuyautage du compresseur, la lave dans la cheminée du volcan s'élèvent donc, non pas comme le vin de Champagne, mécaniquement entraîné par le dégagement du gaz, *mais bien sous l'action de la pesanteur*, phénomène absolument différent. Il paraît cependant étrange à première vue que la lave puisse s'élever à 5 000 mètres et plus par la seule action de la pesanteur. Il ne peut y avoir cependant d'autre cause.

On se demandera certainement où, dans l'intérieur du globe, peut se produire une contre-pression capable de soulever la colonne de lave. Cette contre-pression peut se produire sous l'action d'agents fort différents. Les laves non *foisonnantes* peuvent comprimer la base de la masse où ce phénomène se produit; de la vapeur d'eau et des gaz à une haute tension, emprisonnés dans des cavités (voir *G'* et *g*, fig. 3 et 4), peuvent exercer une pression considérable sur le magma visqueux; enfin les régions volcaniques sont caractérisées par de grandes cassures de l'écorce terrestre. Les tremblements de terre ne peuvent qu'en provoquer le tassement et des massifs considérables peuvent peser sur la masse en fusion. Un coup d'œil jeté sur la carte nous fait voir le golfe du Mexique comme un gigantesque cratère d'effondrement, ayant scindé le nouveau monde en deux fragments et dont la Martinique, Saint-Vincent, etc., forment les limites effondrées du côté oriental; un tassement infime dans le voisinage des cassures peut provoquer l'ascension et le déversement de quelques milliers de mètres cubes de lave, sans qu'il en paraisse de modifications appréciables à la surface.

Comme nous l'avons vu précédemment, M. Bonney reconnaît l'existence d'une pression lente provoquant l'évacuation des laves; sa comparaison typique en fait foi. L'hypothèse du *foisonnement* amenant, lors de l'explosion finale, à l'arrivée au jour, la formation des poussières, des lapilli, des ponces entraînés par les torrents de vapeur et de gaz, est fort plausible : ces matériaux légers et poreux seraient l'éparpillement de l'écume résultant du *foisonnement*. Ce phénomène peut faciliter

l'ascension des laves, mais ne peut la provoquer. Ce fait nous paraît bien établi.

Quant à considérer le volcan comme un appareil hydraulique, il y a bien des réserves à faire. En tout appareil hydraulique, l'eau joue un rôle plutôt passif et n'agit que par sa pesanteur; tandis que son action dans les volcans est le résultat de la détente de sa vapeur, comme dans les machines, et à ces points de vue, il y a une différence radicale dans les deux actions.

Comme conclusion de cette notice, nous exprimons l'avis que le foisonnement des laves étant admis, il faut qu'une contre-pression, causée par des éléments plus denses, provoque leur ascension dans la cheminée, régularise et maintienne ce mouvement pendant un certain temps. Dans l'état actuel de nos connaissances, nous n'apercevons d'autre cause que celle indiquée par nous qui puisse produire le phénomène de continuité.

