Zeitschrift: Archives des sciences et compte rendu des séances de la Société

Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève

Band: 43 (1990)

Heft: 3: Archives des Sciences

Artikel: Deux sciècles après H.-B. de Saussure : mesures de température dans la grotte de Balme, au Salève (Haute-Savoie, France)

Autor: Sesiano, Laurence / Sesiano, Jean

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-740136

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Archs. Sci. Genève	Vol. 43	Fasc. 3	pp. 419-427	1990

DEUX SIÈCLES APRÈS H.-B. DE SAUSSURE: MESURES DE TEMPÉRATURE DANS LA GROTTE DE BALME, AU SALÈVE (HAUTE-SAVOIE, FRANCE)

PAR

Laurence et Jean SESIANO *

RÉSUMÉ

Des mesures de la température de l'air, de l'eau et du sol, ces dernières à l'endroit même des observations de de Saussure, ont été faites durant deux ans dans la grotte de Balme. Etant suffisamment loin du versant de la montagne, les influences saisonnières ne sont plus sensibles, et les valeurs relevées représentent bien les conditions climatiques actuelles. Au vu de nos mesures, on tente de montrer que les températures à l'époque de de Saussure (1779) étaient très similaires aux nôtres.

Mots-Clé: spéléoclimatologie, hydrogéologie, grotte de Balme, Saiève, Haute-Savoie, France.

ABSTRACT

Temperature measurements of air, water and ground were made during two years in the Balme cave, close to Geneva. Seasonal fluctuations aren't felt anymore deep within the cave. We try to show that climatic conditions at de Saussure's time (1779) were about the same as the ones we encounter nowadays.

Key-words: speleoclimatology, hydrogeology, Balme cave, Salève, Haute-Savoie, France.

INTRODUCTION

Le grand naturaliste H.-B. de Saussure, dans son célèbre ouvrage « Voyages dans les Alpes», a rapporté ses nombreuses expériences dans divers domaines des Sciences comme la géologie, la minéralogie, le magnétisme et la météorologie, entre autres. Bien que très sporadiquement, il s'est même intéressé à la formation des grottes, y faisant bien avant l'heure, de la spéléologie scientifique. En effet, la grotte de Balme,

* Département de Minéralogie, Université de Genève, 13, rue des Maraîchers, 1211 Genève 4.

au-dessus de Cluses dans la vallée de l'Arve, a été visitée et décrite par lui, ainsi que deux cavités plus voisines de Genève: il s'agit d'une grotte à laquelle il a donné le nom d'Orjobet, du nom du paysan qui l'y avait guidé, et de la grotte de Balme, appelée également plus récemment grotte des Noctambules. Toutes deux sont situées au Salève, chaînon de 1300 m d'altitude, dominant au SE la ville de Genève. C'est au retour de la visite de la grotte d'Orjobet, le 4 mars 1779, qu'il s'arrête à la grotte de Balme (celle du Salève). Voici ce qu'il en dit, au chapitre VII du tome I de son ouvrage:

...§. *233. Je vifitai en defcendant une autre grotte, connue depuis long-tems fous le nom de* Grotte de Balme. *Elle eft fituée à un petit quart de lieue au-deffus du village du Coin, à la hauteur d'environ 200 toifes au-deffus du lac.*

Elle pénetre dans l'intérieur de la montagne, à une plus grande profondeur que celle d'Orjobet; mais c'eft un canal fi tortueux & fi étroit qu'il faut une réfolution bien déterminée pour s'y engager. Si je n'avois pas été excité par le defir de faire une épreuve fur la chaleur de l'intérieur de la montagne, je n'aurois pas entrepris d'y entrer; mais l'étroiteffe même de ce canal rendoit l'épreuve plus intéreffante, parce qu'elle donnoit lieu de croire que l'air extérieur n'auroit que peu ou point affecté la température du fond de la caverne. Je me traînai donc, mais avec une fatigue incroyable, jufqu'à une profondeur que j'eftimai d'environ 160 pieds.

La j'enfonçai mon thermometre dans de la terre glaife, qui étoit difpofée par lits fur les côtés de la grotte. Il n'auroit rien fignifié d'éprouver la chaleur de l'air; car dans un efpace fi étroit, le flambeau que je portois, altéroit bien promptement fa température. Le thermometre, plongé à différentes reprifes & à différentes places dans cette argille, donna conftammemt 7 degrés 1/2. J'eus encore plus de peine à reffortir que je n'en avois eu à entrer, parce que le canal va en defcendant du dedans au-dehors, & quoiqu'il femble que le poids du corps doit aider à forcer fon paffage dans les parties les plus étroites du canal, cette fituation d'avoir la tête plus baffe que les pieds, augmente confidérablement la fatigue. On n'a pas la reffource de defcendre à reculons, parce que ce couloir fe subdivife en plusieurs endroits, & qu'il faut avoir la tête en avant, pour voir où l'on s'enfile.

En reffortant je trouvai le thermometre expofé au foleil à l'entrée de la grotte, à 10 degrés; mais cette chaleur étoit due en grande partie à la réverbération des rochers nus & perpendiculaires, qui dominent cette place, & qui la tenoient à l'abri d'un violent vent du Nord, qui regnoit ce jour là; car en rafe campagne, le thermometre, même au foleil, ne montoit qu'à 4 degrés.

Il feroit curieux d'éprouver en été la chaleur du fond de cette grotte; mais j'avoue que je ne penfe pas à m'y enfoncer de nouveau. Je dirai, pour l'inftruction de ceux qui, avec un corps plus mince & plus fouple, feroient curieux de répéter cette épreuve, que là où le canal fe divifoit, je tirai toujours à la droite, & qu'ainfi j'arrivai au fond d'un cul-de-fac, à la diftance, comme je l'ai dit, d'environ 160 pieds de l'entrée. Si

l'on tiroit à gauche, on iroit, à ce qu'on dit, beaucoup plus loin encore; on prétend même dans le pays qu'on n'eft jamais parvenu jufqu'au fond de ce canal.

Quant à la caufe de la formation de cette grotte, il faut que ce foit une fente ou une crevaffe accidentelle qui ait donné paffage aux eaux, & que ces eaux l'ayent enfuite arrondie & augmentée: ou qu'il ait exifté là une veine d'une matière plus tendre, qui peu-à-peu fe fera affaiffée, & aura été entraînée par des eaux fouterraines. Les parois de ce canal, irrégulieres, tortueufes, parfemées de cavités arrondies, manifeftent encore l'action de cet élément.
NB: 160 pieds ≅ 50 m; 7,5° R = 9,4° C; 10° R = 12,5° C et 4° R = 5° C.

A la figure 1, nous donnons le plan de cette cavité qui se trouve dans la partie inférieure droite du cirque des Etiollets, à l'altitude de 790 m, au-dessus du village

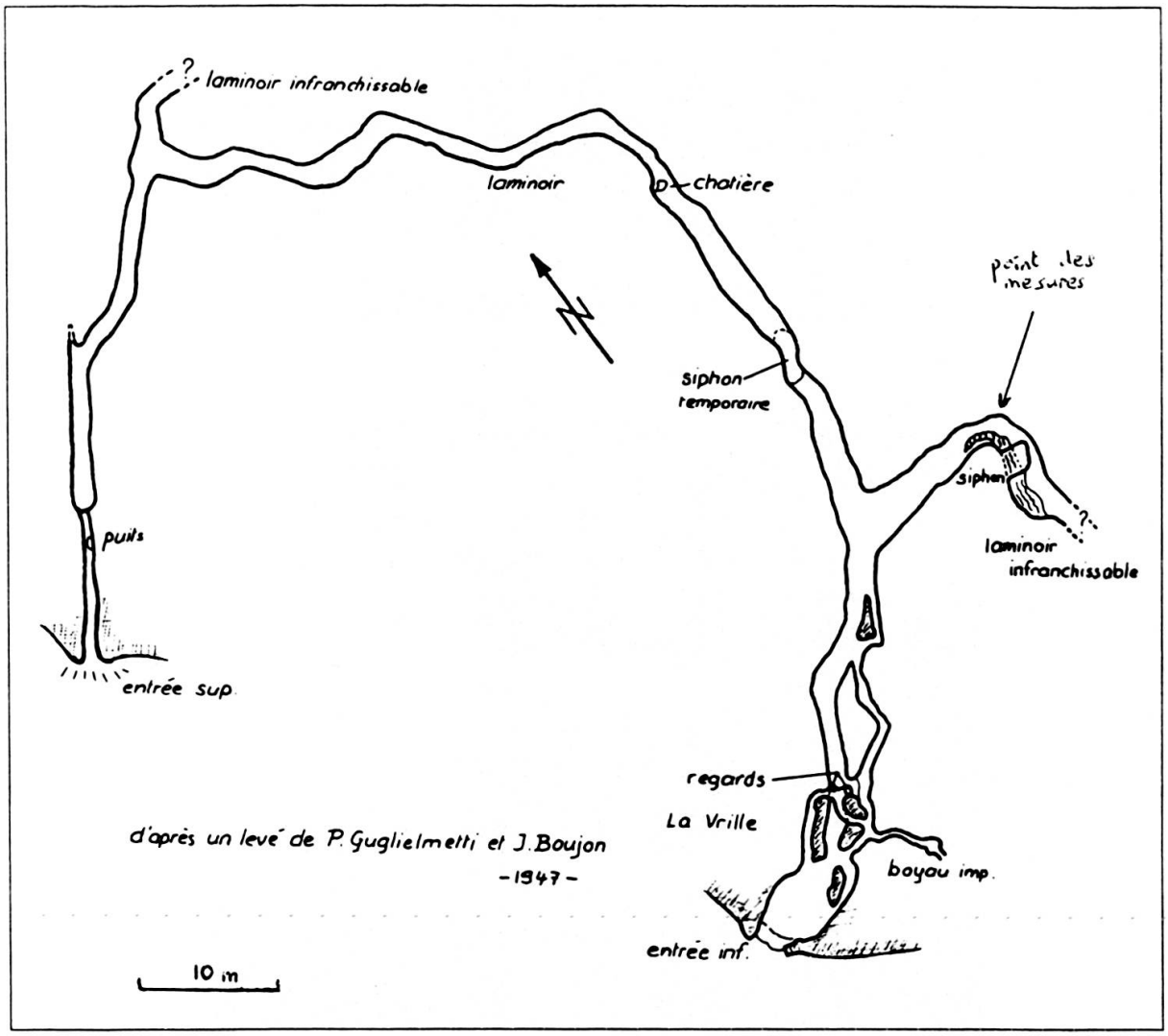

FIG. 1.

Plan de la grotte de Balme (Pittard, 1979).

du Coin. Grâce à l'avant-dernier paragraphe du texte de H.-B. de Saussure, il est facile de localiser le boyau dans lequel il s'est insinué afin d'y faire des mesures de température. C'est du reste le seul diverticule important. Il en sort à la fonte des neiges et après d'abondantes précipitations, un ruisseau issu d'un siphon impénétrable (fig. 2). Il peut tarir totalement en été et en automne. Quant à sa dernière remarque concernant l'extension de la grotte, on sait aujourd'hui que son développement ne fait qu'environ 130 m! Elle consiste en fait en un boyau qui ressort 10 m plus haut et 50 m à vol d'oiseau de l'entrée inférieure. Cette grotte est creusée dans le calcaire jurassique (Kimméridgien), pratiquement sur le plan du décrochement du Coin. On

FIG. 2.

L'entrée inférieure de la grotte de Balme.

observe du reste un épais filon de calcite dans la paroi, au-dessus et à droite de l'entrée. Il est probable que l'érosion régressive de la falaise a tronçonné la partie aval du réseau. A l'entrée et à l'intérieur, le pendage des couches est de 12° vers le SSE. A part les mesures de H.-B. de Saussure, seul P. Strinati (1955) semble y avoir fait des observations concernant la faune: il a relevé la présence de quelques insectes, de rares chauve-souris et de quelques batraciens occasionnels. C'est pourquoi, il a semblé intéressant à l'un des deux auteurs (L. S.), alors étudiante au Collège de Saussure (!), de répéter au même endroit, mais 206 ans plus tard, les mesures du naturaliste genevois.

OBSERVATIONS

Du mois de juillet 1984 au mois d'août 1986, deux fois par mois, des mesures de la température de l'air, de l'eau et du sol (argile) ont été effectuées, à l'endroit présumé de celles de de Saussure. De plus, quelques mesures de contrôle ont été faites en 1987 et 1990. La température de l'air à l'extérieur de la grotte, à l'ombre, a également été relevée, ainsi que le débit du ruisseau. C'est un thermomètre à mercure qui a été utilisé. Assez souvent, on l'a comparé à un thermomètre à mercure servant d'étalon, à graduation plus précise (0.1°C): l'écart n'a jamais dépassé 0.2°C. Les résultats sont consignés dans la Table 1.

D'autres observations ont été faites sur l'origine de la grotte, la minéralisation de l'eau qui en sort et la composition du mondmilch qui recouvre une partie du sol et des parois. On trouve ces valeurs dans les Tables 2 et 3.

DISCUSSION

Avant d'aborder le problème des températures, discutons l'origine de l'eau. Si l'on regarde le plan de la grotte, on constate que l'eau semble provenir d'une direction qui est à peu près celle du décrochement du Coin, soit N 148°, selon Joukowsky et Favre (1913). Elle s'écoule donc à contre-pendage, en suivant une diaclase parallèle au décrochement. Son bassin d'alimentation pourrait ainsi être une partie du cirque boisé entre le Chafardon et les Etournelles (altitudes de 900 à 1050 m): une surface d'un hectare avec 10% d'infiltration est à même d'alimenter le ruisseau durant une année, avec un débit moyen de 2 l/mn. Le ruissellement de surface, important à cause de la forte pente, se ferait transversalement aux diaclases du décrochement; il serait suivi d'une infiltration partielle selon l'un des plans de fracture. L'eau émergerait plus bas à la faveur de l'intersection presque orthogonale entre ce plan et la fissure responsable de la galerie d'entrée, bien visible dans toute sa première partie. L'eau du ruisseau, assez riche en calcaire (Table 2), a une minéralisation semblable à celle

Table 1.

MESURES FAITES A LA GROTTE DE BALME AU SALEVE - 790 m. d'altitude

Températures de l'air (3 cm. au-dessus du sol), **de l'argile et de l'eau** dans la petite salle argileuse en cul-de-sac

Date	Air int.	Argile	Eau	Air ext.	Débit ruisseau
	Températures en °C				l/mn
01.07.1984	11,5	9,5	9,3	-	0
16.07.1984	10,2	9,8	9,7	-	-
01.08.1984	9,8	10,1	9,7	env. 16,0	0
15.08.1984	10,0	9,7	9,5	" 12,0	0
01.09.1984	10,3	9,8	9,6	" 23,0	0
16.09.1984	10,2	9,7	9,1	12,5	8
30.09.1984	10,0	9,6	9,4	17,0	env. 1
15.10.1984	9,7	9,8	9,5	" 11,0	1,5
01.11.1984	9,8	9,6	9,3	" 13,5	2
15.11.1984	9,5	9,5	9,6	6,0	env. 1
01.12.1984	8,5	9,3	9,0	0,0	6
15.12.1984	8,5	9,1	9,3	4,3	2
02.01.1985	7,0	8,4	9,2	- 3,5	env. 1
16.01.1985	5,0	7,0	9,0	- 8,0	env. 0,2
31.01.1985	8,9	8,9	9,0	7,5	180
14.02.1985	8,8	8,8	9,1	3,5	6
28.02.1985	9,2	8,8	9,0	6,0	90
16.03.1985	8,5	9,0	9,0	0,1	30
30.03.1985	10,0	8,9	9,0	13,8	15
16.04.1985	11,8	8,6	8,9	11,0	12
02.05.1985	8,5	8,9	8,8	14,6	env. 3
16.05.1985	9,4	9,3	9,0	17,0	10
01.06.1985	10,0	9,2	9,0	11,0	6
16.06.1985	11,0	9,3	9,1	13,0	6
01.07.1985	11,5	9,2	9,0	24,0	12
03.08.1985	11,0	9,9	9,8	22,0	env. 0,5
18.08.1985	10,4	9,9	9,7	20,0	" 0,1
15.09.1985	10,8	9,9	9,6	14,0	0
12.10.1985	11,7	9,7	9,8	18,0	0
16.11.1985	7,8	8,7	9,3	1,5	0
15.12.1985	7,9	8,3	8,1	3,0	0
16.01.1986	8,2	8,7	9,0	0,0	6
15.02.1986	6,3	7,0	8,9	1,5	0
16.03.1986	8,4	8,7	9,0	3,0	6
25.03.1986	-	-	8,9	2,0	12
27.03.1986	-	8,5	9,0	3,5	10
15.04.1986	12,3	8,5	9,0	11,0	12
15.05.1986	10,0	9,2	9,0	11,0	12
15.06.1986	9,8	9,5	9,1	21,0	3
15.07.1986	11,2	9,6	9,1	22,5	0
15.08.1986	12,0	9,4	9,5	19,0	0
14.02.1987	9,8	8,8	9,3	-	-
24.03.1987	12,0	9,0	8,8	-	15
04.04.1990	9,2	9,2	9,2	8,2	2

du ruisseau de la grotte d'Archamp, 2 km au SW. Cependant, pour cette dernière, le sodium est plus abondant, peut-être à cause d'un bassin d'alimentation occupé par des pâturages. Ces mesures physico-chimiques, variables avec le temps, mais dans certaines limites, sont du même ordre de grandeur que celles observées dans d'autres sources karstiques de Haute-Savoie, quoiqu'un peu plus faibles pour le sodium et le potassium (Sesiano, 1989). Relevons que de Saussure, dans le dernier paragraphe du texte cité, a pressenti l'origine de la grotte puisqu'il parle de «fente ou crevasse accidentelle qui a donné passage aux eaux». En ce qui concerne le reste de la grotte, il suit exactement le pendage des couches de calcaire, puisqu'avec une valeur de 12° et une distance de 50 m à vol d'oiseau entre les deux entrées, on obtient 10 m de dénivellation, ce qui est effectivement mesuré. L'entrée supérieure et la galerie qui suit est également orientée selon une diaclase. Discutons maintenant les mesures de température. Le savant genevois les a certainement faites dans une galerie en cul-de-sac afin d'éviter des perturbations dues à la circulation de l'air entre les deux entrées. Pourtant, nos mesures de la température de l'air montrent des fluctuations saisonnières (attention à la perturbation due à la présence de l'observateur!). C'est la température de l'eau issue du siphon qui est la plus stable, mais c'est finalement dans l'argile que de Saussure a fait ses mesures. Ce dépôt est assez abondant dans la grotte de Balme, accompagné de mondmilch, qui est un carbonate de calcium amorphe hydraté (Table 3). Alors que ce dernier minéral est d'origine récente, l'argile date du comblement de la cavité durant la dernière période glaciaire, il y a environ 16.000 ans.

Table 2.

Analyse (L 237) du mondmilch de la grotte de Balme :

SiO_2	8,73	Na_2O	0,13
Al_2O_3	1,63	K_2O	0,23
TiO_2	0,10	M_nO	0,01
$FeO + Fe_2O_3$	0,80	P_2O_5	0,08
CaO	48,49	$H_2O + CO_2$	39,32 (perte au feu)
MgO	0,34		
Somme	99,86		

Table 3.

Prélèvement d'eau dans la grotte de Balme (21.1.1986), au siphon :

Température	:	9°C	Calcium	:	66,29 mg/l
Débit	:	3 l/mn (env.)	Magnésium	:	1,6 mg/l
Conductibilité	:	340 µS s/cm	Sodium	:	0,51 mg/l
pH à 25°C	:	7,82	Potassium	:	0,37 mg/l
Dureté totale	:	17,18 °Fr			
Degré d'alcalinité	:	15,61 °Fr			

En de nombreux endroits, la reprise du ruissellement y a creusé un chenal, et c'est ce que de Saussure décrit comme «une disposition en lits sur les côtés de la grotte». L'endroit où nos mesures (et celles de de Saussure) ont été faites se trouve environ 50 m à l'intérieur du Salève. Les fluctuations saisonnières n'y sont donc plus sensibles: elles s'évanouissent en effet dans le sol à une dizaine de mètres de profondeur. Cependant, nous constatons que les variations de température de l'air, et de l'eau dans une bien moindre mesure, ont affecté nos mesures de température dans l'argile, bien que le thermomètre y fût enfoncé d'une dizaine de centimètres. Il serait donc trop simpliste de prendre nos mesures (du mois de mars) et de les comparer avec celles de de Saussure; il faut replacer les unes et les autres dans leur contexte. Si l'on prend la moyenne des 43 mesures faites entre 1984 et 1990, on obtient pour l'eau 9.2 °C et pour l'argile 9.1 °C. Dans notre fourchette d'erreur, on peut considérer ces températures comme identiques. Il est évidemment hasardeux, bien que tentant, de comparer ce chiffre avec la seule et unique valeur mesurée par de Saussure le 4 mars 1779, soit 9.4 °C dans l'argile. Sa mesure est-elle représentative? Afin de voir si sa période d'observation (mois, année, décennie) n'était pas «anormale», on pourrait essayer de comparer non seulement la moyenne mensuelle du mois de mars 1779 (soit 5.3 °C) avec celles des mois de mars durant nos mesures: 1984 (3.5 °C), 1985 (3.1 °C), 1986 (4.7 °C) et 1987 (3.6 °C), mais encore, afin de minimiser l'influence d'événements ponctuels extrêmes, de comparer les moyennes annuelles et décennales actuelles et à l'époque de de Saussure. On obtient alors en 1779: 10.3 °C; en 1984: 9.4 °C; en 1985: 9.1 °C; en 1986: 9.7 °C et en 1987: 9.8 °C. 1779 semble donc avoir présenté un mois de mars plutôt chaud et été une année chaude. Cela pourrait expliquer sa mesure dans l'argile supérieure à la nôtre de 0.3 °C. On admet ici la fiabilité de son thermomètre, ce qui semble plausible de la part d'un naturaliste sérieux comme il l'était. Si l'on prend les moyennes décennales, 1771-1780, on trouve 10.1 °C, et pour notre décennie, encore inachevée, 1981-1989, on obtient 9.9 °C. L'écart s'est encore réduit, se montant à 0.2 °C.

On constate donc que les conditions de température à l'époque de de Saussure étaient sensiblement les mêmes que les nôtres, avec peut-être, une toute petite différence positive (0.2 °C). Celle-ci semble se traduire dans sa mesure par une valeur très

légèrement supérieure à celle que nous avons mesurée, sur une plus longue période, de 0.3 °C. Il est clair que pour tenir ce raisonnement, nous avons supposé une assez grande inertie du système qui amortit, dans une certaine mesure, de fortes mais brèves fluctuations (par exemple l'épisode très froid de l'hiver 1985: −19 °C le 9.I.1985 et −17 °C le 21.II.1985; ou très chaud comme 34 °C le 26.VII.1985 et le 30.VII.1986, valeurs relevées à l'aéroport de Genève-Cointrin). D'autre part, de Saussure a eu, si l'on peut dire, beaucoup de chance, ou d'intuition, d'effectuer sa mesure au début du mois de mars. En effet, si l'on observe notre suite de valeurs pour l'eau et l'argile, on constate que les intervalles de temps qui suivent les solstices (janvier à mars, et juillet à septembre) sont les plus stables du point de vue des températures, les autres périodes présentant des pentes positives ou négatives.

En conclusion, on peut affirmer que les conditions de température il y a deux siècles étaient, à Genève, presque les mêmes que celles de la présente décennie. Cependant, et cela a été montré en maints endroits, la tendance sur une plus longue échelle de temps (le siècle, par exemple) est vers une légère augmentation des températures moyennes, se montant à environ 0.5 °C, mais cela depuis le milieu du siècle passé environ. Elle avait elle-même été précédée par une faible baisse des températures moyennes. La mesure de de Saussure reflète donc bien les plus lentes fluctuations de faible amplitude qui affectent notre climat régional.

REMERCIEMENTS

Nous nous devons de remercier le Laboratoire des Eaux des Services Industriels de la Ville de Genève pour l'analyse physico-chimique de l'eau de la grotte de Balme (Table 3), ainsi que le Département de Minéralogie de l'Université de Genève pour l'analyse de l'échantillon prélevé dans la grotte (Table 2). Nos remerciements s'adressent également à Madame Berthoud du Département de Minéralogie, qui a bien voulu dactylographier ce manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

De Saussure, H. B. (1779). *Voyages dans les Alpes.* 4 tomes, Neuchâtel.

Joukowsky, E. et J. Favre (1913). Monographie géologique et paléontologique du Salève. *Mém. Soc. Phys. Hist. nat.,* Genève, *37,* 295-523.

Pittard, J. J. (1979). *Le Salève souterrain.* Tribune Editions, Genève.

Sesiano, J. (1989). Les importantes émergences de Magland, dans la vallée de l'Arve (Haute-Savoie, France): physico-chimie et origine des eaux. Karstologia No. 14, 47-53.

Strinati, P. (1955). La grotte de la Balme (Salève, Haute-Savoie). Stalactite No. 4, 5-6. *Rev. Soc. suisse Spéléologie.*