

La profondeur des lacs et leur origine glaciaire

Autor(en): **Monard, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **43 (1917-1918)**

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-88606>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

La profondeur des lacs et leur origine glaciaire

PAR A. MONARD

LIC. ÈS SC. UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL

Le problème de l'origine des lacs a suscité chez les géologues et les glaciologues de nombreuses recherches et des discussions passionnées. Les uns — HEIM, DE LAPPARENT, ROMER, SCHARDT au premier rang — attribuent la formation des cuvettes lacustres à un affaissement, général ou partiel, du massif, tandis que les autres — RAMSAY, TYNDALL, DAVIS, PENCK, BRÜCKNER, DE MARTONNE — admettent que le principal agent générateur des lacs a été le glacier, possédant alors la puissance d'éroder, d'affouiller son substrat au-dessous du niveau de base d'érosion fluviale. De nombreux arguments, qui n'ont pas besoin d'être rappelés ici, militent en faveur de cette dernière théorie, et c'est à son appui que nous désirons présenter ici les résultats d'une étude comparée entreprise sur les lacs d'origine glaciaire.

Les tabelles suivantes ne contiennent que les lacs échelonnés sur le cours d'un même lobe glaciaire, et rangés par ordre d'altitude. Les lacs isolés, comme les lacs insubriens, restent donc en dehors de cause.

1. Lacs suisses.

Glacier	Lac	Prof. max. m.	Alt. niv. m.	Alt. fond. m.
Rhône	Léman	309,7	371,9	62
	Neuchâtel	153	432,4	279
	Bienne	75,1	432,1	357
Aar	Brienzi	261,9	566,9	305
	Thoune	217	560	343

Glacier	Lac	Prof. max. m.	Alt. niv. m.	Alt. fond. m.
Reuss	Quatre-Cantons	214	436,9	223
	Zoug	198	416,7	219
	Sempach	87	506	419
	Baldegg	66	466	400
	Hallwyl	47	451	404
Aa	Lungern ¹	68	657	589
	Sarnen	52	473	421
	Alpnach	39	436,9	398
Linth	Wallenstadt	151	423	272
	Zurich	143	409	266
Rhin	Constance sup.	252	395	143
	» inf.	46	395	349
Inn	Sils	71	1800	1729
	Silvaplana, Campfer	77	1794	1717
	St. Moritz	44	1771	1727

2. Lacs de l'Autriche et du Tyrol.

	Lac	Prof. max. m.	Prof. moy. m.	Alt. niv. m.	Alt. fond. m.	Long. km.
1.	St. Wolfgang	114	47,10	539	425	10,5
	Mondsee	68	36	479	471	10,5
	Irrsee	32	15,30	553	521	4,7
	Wallersee	23	—	504	481	10,5
2.	Walchen	196	—	803	607	
	Starnberg	114	—	586	472	
	Ammer	78	—	534	456	
3.	Hallstätter	125 [*]	—	494	369	
	Traun	191	—	422	231	
4.	Reschen	22,5	—	1478	1456	
	Mitter	17	—	1474	1457	
	Haider	16,5	—	1450	1434	
5.	Achensee	133	—	929	796	
	Tegernsee	71	—	726	655	
6.	Weissensee	97	—	918	821	
	Millstättersee	140	86,45	580	440	
	Ossiachersee	46,5	19,9	494	448	
	Wörthersee	84	43,2	439	355	

¹ Avant la correction qui a abaissé de 30 m. son niveau.

3. Lacs d'Ecosse.

On doit au « Scottish Lake Survey » dirigé par S. John Murray, Fred. et Laurence Pullar, la connaissance précise des nombreux lacs glaciaires de ce pays. Nous donnons ici les principaux lacs ou « Lochs » remplissant les conditions énoncées plus haut. Les profondeurs et altitudes sont en pieds, les longueurs en milles.

Bassin	Lac	Alt.	Long.	Profondeur		Longueur	
				max.	moy.	max.	moy.
Roe	Crocach	350	1,40	71	16	104	440
	An Tuire	200	0,81	39	10	109	428
Kirkaig	Veyatie	364	4,05	126	41	170	521
	Fionn	356	2,40	90	20	129	622
Garvic	Lurgain	173	3,87	156	60	131	336
	Bad a Ghail	165	2,13	180	61	62	182
	Owskeich	71	1,56	153	46	53	173
Teith	1. Voil	414	3,5	98	40	189	451
	Lubnaig	405	4	146	42	145	493
	2. Katrine	364	8	495	199	85	211
	Achray	276	1,25	97	36	68	218
	Vennachar	270	4	111	42	190	498
Tay	Ericht	1153	14,5	512	189,2	150	405
	Rannoch	668	9,7	440	167	116	306
	Tummel	454	2,75	128	48	113	302
Morar	Morar, 1 ^{re} fosse	30,5	11,68	1017	284	61	217
	» 2 ^{me} »	»	»	928	»	»	»
	» 3 ^{me} »	»	»	708	»	»	»
	» 4 ^{me} »	»	»	712	»	»	»
Shiel	Shiel, 1 ^{re} fosse	11,5	17,40	419	81,65	219	1125
	» 2 ^{me} »	»	»	420	»	»	»
	» 3 ^{me} »	»	»	385	»	»	»
	» 4 ^{me} »	»	»	224	»	»	»
	» 5 ^{me} »	»	»	112	»	»	»
Conon	1. Fannich	821	6,92	282	108	130	336
	Luichart	249	5,05	164	66,8	163	399
	2. à Chroisg	508	3,47	168	73,8	109	248
	Luichart	249	5,05	164	66,8	163	399

Bassin	Lac	Alt.	Long.	Profondeur		Long.	Prof.
				max.	moy.		
Beaully	1. Affric	747	3,20	221	93,6	76	181
	Beinn à Mead'hoin	—	2,64	167	63,3	83	213
	2. Lungard	761	1,44	129	63,6	59	119
	Mullardoch	—	4,16	197	77,5	111	283
	3. Monar	664	4,10	260	98	83	220
	Bunacharan	366	1,26	113	50	59	133
1004	4. Calavie	1128	1,12	84	38	70	156
	An Tachdaidh	—	0,62	62	18	53	183
	An Gead	—	1,21	30	11	213	566
Ness	1. Quoich	556	6,95	281	104,6	131	351
	Garry	257	4,9	213	78	121	232

4. Lacs scandinaves.

Nous regrettons de ne pouvoir donner une plus longue liste de lacs glaciaires scandinaves. Mais les données limnologiques sont disséminées dans un grand nombre de publications et il est fort difficile souvent de se les procurer.

1. Le Torne-Träsk, situé sur le cours supérieur du Tornelvf se compose de 3 bassins successifs dont la longueur totale est de 68 km.

Abiskobäcken	prof. max. 164 m.
Kaisenjarkabäcken	» 135 »
Nakervarebäcken	» 121 »

2. Le Stora Lule, long de 140 km., comprend 9 bassins.

1. Alemusjaure	67 m.	6. Stuorlulejaure	19 m.
2. Suorvajaure	92 »	7. »	28 »
3. Kärtjejaure	81 »	8. »	23 »
4. Päijebjaure	73 »	9. »	16 »
5. Langasjaure	27 »		

3. Sur la Luspe Strom, affluent de la Stora Lule :

Lac	Altitude m.	Longueur km.	Profondeur m.
Saggat	303	26	83
Skalka	295	25	30
Randi	283	11,5	27
Purkijaure	—	—	14,5

4. Plus au sud se trouve le complexe lacustre de Hornafvan.

Lac	Altitude m.	Longueur km.	Profondeur m.
Hornafvan	425	63	221
Uddjaure	419	25	15 ?
Storafvan	418	39	21

Cette énumération de près de 100 lacs, quelque incomplète qu'elle soit pour les lacs suédois, suffit cependant à démontrer la proposition suivante :

Toutes les fois que, sur le cours d'une même langue glaciaire, se trouvent deux ou plusieurs lacs glaciaires échelonnés, *la profondeur de ces lacs diminue à mesure que l'on s'éloigne du centre d'irradiation des glaciers.*

Les quelques exceptions, signalées par un astérisque, s'expliquent facilement par des circonstances locales d'alluvionnement postglaciaire.

Bien plus, la même loi semble s'appliquer dans un même lac aux fosses successives : les lacs du Torne-Träsk et de Stora-Lule illustrent suffisamment la chose ; le Léman se compose de 6 fosses successives : Evian 310 m., Nyon 76 m., Tougues 70 m., Coppet 66 m., Chevrans 70 m., Bellevue 50 m. Les lacs, originellement unis, actuellement séparés par les alluvions d'un affluent latéral rentrent naturellement dans ce cas.

Une pareille diminution de la profondeur si régulièrement en rapport avec l'éloignement du centre de glaciation, ne peut être le fait du hasard, et doit être attribuée à un déterminisme quelconque. Pour le saisir nettement, il est nécessaire de redire en quelques mots le mode d'action des glaciers.

Tout prouve que l'avancée et la retraite des glaciers se sont faites toujours graduellement, par légères progressions ou légers reculs successifs. Toutefois la théorie du surcreusement des lacs considère d'abord le glacier à l'état stationnaire¹, puis passe à l'étude du glacier vivant, soit qu'il se déplace en avant, bouleversant ses moraines frontales, soit qu'il recule, abandonnant alors de nouvelles moraines, traces et témoins de sa déchéance. L'étude des moraines ainsi bouleversées et des stratifications qui en résultent a été faite d'une façon magistrale par LÉON DUPASQUIER. Mais cette étude de la retraite doit aussi s'appliquer au déplacement de la cuvette de surcreusement, et là, nous nous trouvons en présence d'un

¹ HESS. Die Gletscher.

facteur puissant : le temps d'action du glacier. Il est clair que plus longtemps le glacier séjourne en un point, plus il érode. En outre, DE MARTONNE (1911) a fait remarquer que le maximum de frottement du glacier, donc d'érosion, a lieu aux ruptures de pente. Il en résulte qu'une cuvette une fois commencée à la faveur d'une première et légère rupture de pente ou d'un étranglement quelconque, tendra toujours à s'approfondir par les retours subséquents du glacier, et cela d'autant plus que le temps d'affouillement est plus long. L'action du glacier sera donc d'autant plus grande que le point envisagé est plus voisin du centre d'irradiation. Cela peut s'observer non seulement dans les lacs, mais aussi dans les formes des vallées ; les plus rapprochées des glaciers actuels présentent certainement des caractères glaciaires plus accentués que celles du Jura par exemple, plus éloignées, qui ont aussi subi l'érosion glaciaire, mais incomparablement moins longtemps. DE MARTONNE a remarqué aussi que la profondeur des lacs subalpins est due « moins à leur qualité de bassins terminaux qu'à leur position en un point où la topographie préglaciaire commandait le creusement ». On peut ajouter à ce facteur de la conformation préglaciaire de la surface — qui a déterminé l'emplacement actuel de nos lacs — le facteur temps d'action qui en a déterminé la profondeur.

Ainsi le glacier du Rhône a travaillé beaucoup plus longtemps, et avec une pression plus considérable, dans le lac Léman que dans celui de Neuchâtel puisqu'il y a eu pour chaque oscillation double du glacier, deux époques pendant lesquelles le second de ces lacs était libre de glaces tandis que le premier était encore glacié. L'action affouillante s'exerce donc pendant des temps différents, suivant l'éloignement du centre de glaciation, et comme cette action augmente avec le temps, *les lacs les plus rapprochés du centre en question seront les plus profonds*, au moins à l'origine. C'est ce que tendent à démontrer les chiffres ci-dessus.

Une constatation encore : les glaciologistes envisageant un glacier à l'état stationnaire, placent le maximum de vitesse vers les deux tiers de la langue glaciaire, comptés depuis l'origine. Le maximum de surcreusement glaciaire a des chances de se produire en cet endroit. La pente amont est donc plus douce que la contrepente aval, et le maximum de profondeur d'un lac doit se trouver vers les deux tiers de sa longueur. Or, ce maximum, malgré l'alluvionnement postglaciaire, est ordinairement situé à l'extrémité amont du lac. Que faut-il en conclure sinon qu'il n'est pas permis d'envi-

sager le surcreusement de nos lacs par un glacier stationnaire, mais qu'il faut considérer ce dernier avançant petit à petit, se retirant de même, usant donc beaucoup plus aux endroits où son séjour s'est prolongé.

DE MARTONNE a proposé, comme nous le verrons plus bas, une équation de frottement du glacier. L'érosion e dépend naturellement de ce frottement f , d'un certain coefficient a dépendant de la nature des roches érodées et du temps T pendant lequel le glacier a agi. On est donc conduit à la formule suivante : $e = a f T$, qui, avec des unités adéquates (c'est bien là que réside la difficulté !) permettrait d'établir la valeur de l'érosion et du surcreusement glaciaire.

Ce principe, dont on ne peut nier la justesse théorique, suppose nécessairement que les autres conditions, dureté des roches, attitude des couches, pente générale, soient identiques ou du moins comparables dans les deux bassins lacustres successifs en question. Il s'en faut de beaucoup que ces conditions soient réalisées ; cherchons donc à étudier ces facteurs séparément et à se rendre compte de leur influence sur la profondeur des lacs. Ces facteurs sont : la conformation de la surface préglaciaire, l'inégale dureté des roches érodées, la succession de quatre glaciations distinctes, l'inégale épaisseur des glaciers, les actions postglaciaires.

1. La *conformation de la surface préglaciaire*, peu connue, dont la reconstitution présente de singulières difficultés est de tous ces facteurs le plus important à considérer. PENCK, d'accord avec W.-M. DAVIS, conçoit le massif alpin comme poussé jusqu'à une maturité préglaciaire assez avancée. C'est à des vues pareilles que se rallie LAUTENSACH au moins pour le bassin du Tessin qu'il a étudié. E. DE MARTONNE, au contraire, s'appuyant sur l'idée que l'érosion glaciaire a besoin d'être amorcée par des ruptures de pentes, croit à une topographie préglaciaire rajeunie par un soulèvement datant de la fin du tertiaire et du commencement du quaternaire. Quoi qu'il en soit, le glacier a dû se mouler, s'adapter à cette surface et son érosion a été influencée et guidée en grande partie par cette topographie. Si celle-ci, déterminée par l'érosion fluviale tertiaire se rapprochait, suivant PENCK, de la surface parabolique classique à laquelle tend toute contrée, elle présentait nécessairement des pentes plus fortes au centre du massif que sur les bords. Or la formule de DE MARTONNE $F = g v h P A \cos \alpha$ (F = frottement, v = vitesse, P = pression, A = adhérence, α = angle de pente) montre : 1° que l'érosion glaciaire est limitée aux paliers, tandis que

la torrentielle l'est aux gradins ; 2° que le frottement du glacier, donc son pouvoir érosif, varie avec le cosinus de l'angle de pente, toutes autres conditions étant égales. En appliquant cet important résultat au surcreusement des lacs, en supposant d'autre part les autres conditions identiques et notamment le temps d'action, on trouve que le glacier aurait dû éroder davantage à sa périphérie qu'en son centre, puisque la pente y est plus douce. C'est précisément le contraire qui a lieu : d'autres facteurs plus puissants ont donc dû se superposer à l'angle d'inclinaison de façon à en voiler complètement les effets. Ce ne peuvent être qu'un moindre temps d'action et une moindre pression de la glace.

Si on suppose au contraire une topographie rajeunie, un profil complexe avec ruptures de pente, paliers et gradins successifs, les pentes seront, dans leur ensemble, plus considérables encore dans le centre du massif que sur ses bords, et le même raisonnement peut s'y appliquer.

2. La *dureté* différente des roches, l'*inclinaison* diverse des couches peuvent largement influencer l'érosion glaciaire. Ce facteur, en liaison intime avec la structure géologique des bassins, demande donc une discussion pour chaque cas particulier. Cependant certains lacs, Neuchâtel et Biemme, Baldegg et Halwyl, sont creusés, les premiers, dans le crétacique et la mollasse, les deuxièmes, dans la mollasse et présentent donc des conditions très comparables. Or le premier de chacun de ces groupes est plus profond que l'autre. De même dans le Léman, la fosse d'Evian, creusée, en partie du moins, dans la masse des nappes préalpines est plus profonde que les fosses suivantes fouillées dans la mollasse. De même pour les lacs de Walenstadt et de Zurich. Un autre facteur, plus puissant, a donc surmonté l'effet de l'inégale dureté des roches, et ce facteur ne peut être que le temps de glaciation.

3. Les *actions postglaciaires d'alluvionnement* dont le rôle a dû être considérable, ne sont pas parvenues au moins dans les grands lacs, à voiler le phénomène en question. Lorsque deux lacs sont situés successivement sur le même cours d'eau — Baldegg et Halwyl, Brienz et Thoune — la rivière dépose nécessairement dans le bassin supérieur où elle entre en premier lieu la totalité de ses alluvions. Elle ressort limpide du premier lac et ne dépose dans le bassin inférieur qu'une infime quantité de matériaux. Les affluents latéraux, de moindre importance ordinairement, ont un bassin d'alimentation moins étendu, et leur action est dépassée par celle de l'affluent principal. D'autre part, le lac démolit ses rives ; à la

longue des falaises, une beine apparaissent pendant que le fin limon se dépose sur tout le plat-fond. Cette action d'érosion est toutefois comparable dans deux lacs de conditions semblables. Il résulte de tout ceci que le facteur postglaciaire principal est l'alluvionnement fluvial ; que son action tend à combler plus rapidement la cuvette supérieure que l'inférieure et que par conséquent, actuellement, les premières devraient être moins profondes que les deuxièmes. Or la nature nous montre précisément le cas opposé : les différences de profondeurs ont donc été, immédiatement après les glaciers, plus considérables qu'à présent, puisqu'elles sont arrivées à se maintenir encore.

Toutefois les lacs de faibles dimensions, parcourus par un cours d'eau important, tels que ceux de la Haute-Engadine, ont subi puissamment l'influence de l'alluvionnement. La loi de diminution des profondeurs brutes ne s'y applique donc pas.

4. *Les temps glaciaires* se sont étendus sur une très longue période pendant laquelle les glaciers ont subi quatre oscillations doubles principales avec un grand nombre d'oscillations secondaires. Il en résulte que le facteur « temps de glaciation » a dû être plus considérable dans le centre du massif alpin que sur les bords ; son influence a été multipliée par le nombre total des oscillations. Ce fait ne sert donc qu'à rendre plus vraisemblable encore le principe étudié.

5. A cette action du temps s'ajoute encore l'action d'une *pression de glace* plus forte au centre qu'à la périphérie. Ces deux facteurs contribuent puissamment à créer les remarquables différences de profondeurs qu'on observe dans les lacs échelonnés.

RÉSUMÉ

1° La profondeur de plusieurs lacs glaciaires échelonnés sur le cours d'un même glacier, diminue en même temps que croît la distance qui les sépare du centre d'irradiation.

2° L'altitude du point le plus profond du lac croît dans la même proportion, si les altitudes de niveau ne sont pas très considérables.

3° La dureté des couches, la surface d'érosion préglaciaire, les alluvionnements postglaciaires, fluvial et littoral tendraient plutôt à un résultat contraire.

4° Ce phénomène est dû aux deux causes suivantes :

a) à la pression plus grande au centre du massif que sur les bords, à cause d'une accumulation plus grande de glaces.

b) à ce que le glacier a agi pendant un temps plus long dans les cuvettes voisines de son centre. Le fait de quatre glaciations successives avec de nombreuses oscillations secondaires a multiplié cette influence du temps dans l'érosion glaciaire et rend l'hypothèse encore plus probable¹.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Atlas Andrée et Atlas Stieler.*
2. *Dictionnaire géographique suisse.*
3. *Cartes Siegfried.*
4. OTTO SJÖGREN. Geografiska Studier. *Sveriges geologiska Undersökning.* C. 219, 1905.
5. J. FRÖDIN. Geografiska Studier. *Sveriges geologiska Undersökning.* C. 257, 1914.
6. HESS. Die Gletscher. 1904.
7. PENCK et BRÜCKNER. Die Alpen im Eiszeitalter. 1909.
8. DE MACTORME. L'érosion glaciaire et la formation des vallées alpines. *Annales de Géographie*, 1910, 1911.
9. LAUTENSACH. Die Uebertiefung des Tessingebietes. *Geogr. Abhandl.*, Bd. X, 1912, I. Heft.
10. N. KREBS. Länderkunde der Oesterreichischen Alpen. Stuttgart, 1913.
11. COLLET. Le mode de formation et le régime des lacs suisses. *Le Globe.* Mémoires, t. LX, p. 27.
12. COLLET. Le service des lacs d'Ecosse. *Rev. der Hydrobiologie und Hydrographie*, vol. I, p. 193.
13. AHLENIUS. Beiträge zur Kenntnis der Seenkettenregion in Schwedisch-Lappland. *Bull. géol. Just. Upsala*, 1900, p. 28.
14. J. MÜLLER. Die Seen am Reschen-Scheideck. *Geogr. Abhandl.*, VII, I.
15. E. RICHTER. Seestudien. *Geogr. Abhandl.*, Bd. VI, Heft 2.
16. E. BRÜCKNER. Die Vergletscherung des Salzachgebietes. *Geogr. Abhandl.*, Bd. I, Heft 1.
17. J. MÜLLER. Die Seen des Salzkammergutes. *Geogr. Abhandl.*, Bd. VI, Heft 1.
18. MURRAY and PULLAR. Bathymetrical Survey. Part I à XIII. *The geogr. Journal*, 1900 à 1908. *London and Scottish geographical Magazine*, 1900 à 1904.

¹ Nous nous acquittons ici d'un agréable devoir en remerciant vivement M. le professeur ARGAND, qui nous a ouvert les trésors de sa riche bibliothèque et qui nous a fourni de précieux conseils pour la rédaction de ce travail.