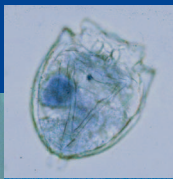
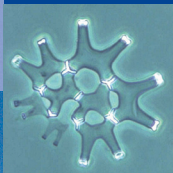
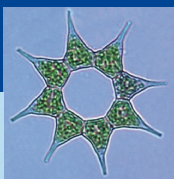
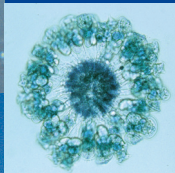
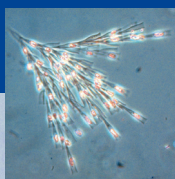
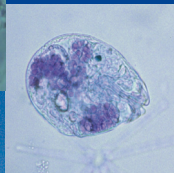
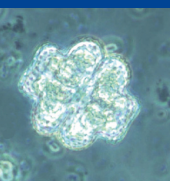


Le Léman et sa vie microscopique

J.-C. Druart et G. Balvay



éditions
Quæ

Le Léman et sa vie microscopique

Le Léman et sa vie microscopique

Jean-Claude Druart
et Gérard Balvay

Éditions Quæ
c/o Inra, RD 10, 78026 Versailles Cedex

Avertissement

L'analyse des données et leur interprétation n'engagent que les auteurs.

Table des matières

Préface de Jacques Piccard	1
Introduction	5
Chapitre 1. Le Léman	7
Le bassin versant du Léman	9
Le bassin versant du Rhône à Chancy (Suisse)	11
Les affluents et l'émissaire du Léman	11
Que représente le Léman par rapport aux autres lacs ?	12
Chapitre 2. Le suivi scientifique du Léman	15
Qu'est-ce que la Cipel ?	15
Historique et nature des études	16
Fréquence des prélèvements	17
Méthodologie d'étude du plancton	18
Chapitre 3. L'écosystème aquatique	21
Le biotope	22
Transparence de l'eau	22
Thermique du Léman	24
Oxygène dissous	26
La biocénose	27
Le bactérioplancton	27
Le phytoplancton	29
Le zooplancton	30
Autres organismes planctoniques	33
Les poissons du Léman	34
Chapitre 4. Le réseau trophique du Léman	39
Les circuits de production et de récupération	42
Interactions entre la biocénose et le biotope	48
Chapitre 5. Le plancton	53
Cycles saisonniers et interannuels du phytoplancton	57
Importance relative du nanoplancton et du microplancton	57

Évolution à long terme du phytoplancton	58
Évolution de quelques espèces principales dans le Léman	59
Production primaire du phytoplancton	64
Évolution à long terme de la production primaire phytoplanctonique	66
Cycles saisonniers et interannuels du zooplancton	66
Variations saisonnières des rotifères	66
Variations saisonnières du zooplancton crustacéen	66
Répartition verticale du zooplancton	68
Migration nyctémérale du zooplancton	71
Évolution à long terme du zooplancton	73
Chapitre 6. Problèmes causés par le plancton	75
Nuisances engendrées par le phytoplancton	75
Incidences sur la baignade	75
Incidences sur la production d'eau potable	75
Problèmes liés à la présence du zooplancton	77
La dermatite du baigneur	78
Chapitre 7. Les applications des recherches sur le plancton	81
Plancton et qualité des eaux	81
Phytoplancton	81
Zooplancton	82
Phytoplancton et paléolimnologie	83
Diatomées et criminalistique	84
Chapitre 8. Exemples d'altérations (d'origine anthropique) de la qualité des eaux	87
Évolution du phosphore	87
Évolution de l'ion chlorure (Cl ⁻)	88
Métaux et pesticides (phytosanitaires) dans l'eau	89
Métaux lourds et organo-étains dans les moules	89
Métaux lourds et organochlorés dans les poissons	90
Rejets divers dans le lac	90
Chapitre 9. Relations climat – lac	91
Chapitre 10. Quel est le degré de trophie du Léman ?	95
Phosphore total	96
Transparence moyenne annuelle	96
Transparence minimale	97
Teneur moyenne annuelle en chlorophylle <u>a</u>	97
Teneur maximale annuelle en chlorophylle <u>a</u>	98

Conclusion	101
Remerciements	103
Glossaire	105
Inventaire du phytoplancton du Léman	109
Embranchement Protocaryotes	109
Embranchement Eucaryotes	113
Embranchement Chlorophytes	135
Inventaire du zooplancton et autres micro-organismes du Léman	147
Rotatoria	147
Crustacea, Branchiopoda, Cladocera	152
Copepoda	155
Harpacticoida	156
Ostracoda	156
Branchiura	157
Mollusques	157
Cnidaires	157
Références bibliographiques	159
Crédit photographique	179

Préface

La plainte du plancton

Nous sommes comme une race de maudits cachés au fond d'une mare. Et pourtant, si nous disparaissions, toute la vie sur terre en serait modifiée, peut-être même disparaîtrait-elle.

Tout le monde nous déteste, et pourtant c'est nous qui sommes à l'origine de toute une immense chaîne alimentaire. Quand nous ne nous mangeons pas entre nous, nous nous faisons manger, par une série d'animaux divers et parmi eux les plus grands de la terre.

Et nous sommes les plus petits, souvent microscopiques, quelquefois verts, quelquefois rouges, quelquefois incolores et transparents, mais il est vrai, c'est plus rare.

En bref, nous sommes surtout deux grandes familles, comme des cousins germains qui ont deux modes de vie différents. Et c'est cette différence entre nos deux peuplades qui fait que nous sommes souvent en guerre. Tant qu'il y a de la lumière, nous sommes condamnés à vivre côte à côte. Au-delà, nous les Zoos, nous sommes seuls et cela va beaucoup mieux. Quelle chance que les Phytos ne puissent pas vivre dans l'obscurité des abysses. D'ailleurs, pour monter en surface beaucoup d'entre nous attendent la nuit. Cela évite bien des difficultés avec les Phytos et cela nous permet d'en manger tranquillement pendant qu'ils dorment.

Nous nous disputons souvent car notre philosophie et notre mode de vie sont totalement différents.

En vous écrivant aujourd'hui, c'est au nom de toute ma race que je parle. Mon nom, comme celui de tous les miens, est Zoo, Zoo Plancton. Prénom « Zoo », nom de famille « Plancton ». Nous nous appelons tous comme ça, car nous sommes tous semblables.

Et si je vous disais tous les surnoms que nous ont donnés ceux qui nous mettent dans leurs éprouvettes, vous n'y comprendriez rien. Bref, si vous voulez connaître notre civilisation, oubliez nos surnoms auxquels nous-mêmes ne nous habituerons jamais.

Je vous écris donc aujourd'hui de la part de notre race, les Zoos. Nous sommes de vrais animaux, personne ne peut nous enlever ce privilège. Nous mangeons comme eux, nous respirons comme eux, avec de l'oxygène, nous fabriquons du CO₂ comme eux. Et si nous mangeons nos petits cousins, les Phytos, c'est parce que le bon Dieu nous a fait herbivores, alors qu'eux, ils ne sont que des plantes. D'ailleurs, nous sommes très bons à manger, au point que les plus grandes baleines de la Terre nous choisissent systématiquement pour leurs repas. Il y en a qui font des milliers de kilomètres pour nous trouver. Les plus grands mangent toujours les plus petits,

comme disait déjà Alexandre le Grand avec une pointe de regret, et pourtant, il faisait bien la même chose...

Les « spécialistes » nous accusent de polluer l'eau, de la rendre verte. Mais c'est faux. Ce ne sont guère que les Phytos qui rendent l'eau verte. Ceux qui la polluent, ce sont eux, et nous, au contraire, on les mange, ces vilains Phytos. Nous sommes les plus anciens écologistes de l'histoire. Mais nos vrais ennemis, ce sont les poisons, ces produits chimiques avec lesquels les agriculteurs nous menacent sans cesse et qui souvent nous exterminent.

Il faut dire que c'est très compliqué, car les Phytos adorent certains de ces toxiques, comme les phosphates par exemple. Ils les adorent, s'en nourrissent et en deviennent verts de plaisir. Il faut reconnaître que le vert, c'est beau, mais les écologistes modernes qu'on appelle pourtant souvent les « Verts » n'aiment pas toujours cette couleur et, comme ils n'ont jamais pu se mettre d'accord sur une autre couleur, ils ont décrété que les lacs devaient être transparents. Un compromis bien démocratique. Mais sauf quelques petits lacs de montagne où les Phytos trouvent qu'il y fait trop froid l'hiver, les lacs ne sont plus jamais vraiment transparents comme ils l'étaient « avant la guerre », comme on dit. Pour l'instant donc, ce sont bien nos petits cousins les Phytos qui peuvent crier victoire... mais la guerre continue et les lacs redeviendront peut-être plus transparents un jour ou l'autre. Mais alors, j'y pense, que mangerons-nous, nous qui sommes herbivores ?

Les spécialistes et les écologistes disent, avec une certaine raison, il faut bien le reconnaître, que le vert c'est pour les prés et les forêts ; le transparent, c'est pour l'eau qui est, comme dit le Petit Larousse : « incolore, transparente, inodore et insipide ».

Mais pour nous, les Zoos, c'est différent. C'est bon l'eau polluée, c'est nourrissant et fortifiant. Évidemment, il faut éviter les bicyclettes, les bouteilles et les boîtes de diverses boissons. Mais les petits Phytos, c'est tellement bon.

Vous savez, les spécialistes, c'est très bien, mais ils ne doivent quand même pas aller trop loin. Nous sommes d'accord pour qu'ils remettent de l'ordre dans la nature. Les hommes l'ont beaucoup abîmée. Mais ils ne devraient pas aller au-delà de ce que la nature avait décidé au départ. Nous étions sur la terre bien avant eux. Ils n'ont pas le droit de nous éliminer. D'ailleurs, en nous éliminant, ils élimineraient aussi, on l'a vu, tous les poissons qui mourraient alors de faim. On leur a fait la farce à Annecy où pendant un temps il n'y avait plus de poissons et où il aurait fallu recharger l'eau en matières organiques pour rétablir un cycle plus ou moins naturel. Nous aussi, nous pourrions les éliminer, les écologistes, et tous leurs spécialistes avec. Ce serait bien facile, nous pourrions très bien un jour muter tant soit peu pour devenir formidablement toxiques. Les écologistes et leurs amis mourraient tous d'empoisonnement simplement en buvant l'eau qui aurait été en contact avec nous. Quand on pense qu'ils viennent nous ramasser avec des filets dont ils calculent exactement la taille des mailles pour attraper juste ce qu'ils veulent, un jour des Phytos, le lendemain des Zoos. Parfois, ils nous attaquent par la famine en privant les Phytos de phosphates. Évidemment, nous en souffrons, nous aussi, tout autant.

Mais en fait, les écologistes et les scientifiques en général, ne nous connaissent encore que très mal. Ils croient que nous ne parlons pas parce que nous nous taisons dès qu'ils arrivent. Mais nous avons mille façons de nous exprimer.

Imaginez qu'ils ont fabriqué un faux grain de plancton absolument gigantesque (bathyscaphe) qui peut dériver dans l'eau comme nous mais qui est si grand qu'on voit tout de suite que c'est un faux. Et alors pour mieux nous surprendre, les spécialistes se cachent eux-mêmes dans leur plancton géant, tout comme les Grecs se cachaient dans le Cheval de Troie. C'est très dangereux pour nous car avec tous les petits soleils qu'ils ont installés autour de leur drôle de machine plongeante, ils nous voient très bien, ils nous étudient, ils nous photographient et grâce à l'*effet Tyndall*^{*}, ils nous filment. Ils nous capturent aussi et nous emprisonnent dans des éprouvettes, ils nous font grandir des centaines de fois, même parfois, avec leurs microscopes électroniques, des centaines de milliers de fois mais, pour nous venger, nous prenons une expression si horrible que nous ressemblons alors à des monstres affreux et c'est comme s'ils avaient, tout à coup, peur de nous : imprudents, négligents, ils nous jettent dans l'évier en croyant que nous sommes morts.

Mais souvent, au contraire, nous parvenons vivants jusqu'au lac ou jusqu'à la mer, à travers leurs égouts, les rivières et les fleuves et nous pouvons raconter à nos frères les secrets de laboratoire que nous avons pu surprendre. Une fois même, nous avons pu nous reproduire si vite que nous avons envahi toute une partie de la Méditerranée. Nous nous sommes alliés pour cela à une algue prolifique et dévastatrice, la *Caulerpa taxifolia*. Quel beau nom ! Ce fut une de nos plus belles victoires. Nous en avons si bien gardé le secret qu'ils sont morts de peur à l'idée que nous pourrions recommencer. Même à vous, je ne dirai pas comment nous avons fait.

Et la guerre continuera et nous serons toujours plus forts que leurs spécialistes parce que nous vivons depuis beaucoup plus longtemps qu'eux. Eux, ils sont sur la terre depuis peut-être un million d'années, nous depuis plus d'un milliard. Alors, vous voyez bien que nous sommes les plus forts. Mais, comme disent les philosophes, tant qu'il y aura de la vie sur Terre, il y aura des guerres. Et cela à tous les échelons, entre petits et grands, entre grands et petits.

Petits cousins Phytos, laissez-nous donc vous manger, nous ne vous ferons pas de mal. Nous voudrions tant vivre en paix avec tout le monde, même avec les écologistes et les spécialistes. Et un lac un peu vert ne nous dérange pas... pourvu seulement que ce soit raisonnable, qu'on puisse quand même y retrouver son chemin et y respirer librement.

Un lac transparent, c'est comme un ciel sans nuage. Mais un ciel sans nuage, c'est une nature sans pluie, et une nature sans pluie, c'est un lac sans eau, et un lac sans eau, ce n'est plus un lac et ce serait notre mort à tous. Ah oui ! Il faut un peu de tout sur la terre. Un lac pur et totalement transparent, c'est comme pour le poète, parlant de « cette pierre où [il la vit] s'asseoir » (Lamartine, *Le lac*).

Laissez-nous vivre, nous sommes aussi utiles à quelque chose, comme tout ce qui est naturel sur terre, au fond des lacs et au fond des mers, même si vous ne savez pas encore pourquoi.

* Les termes en *italique gras* dans le texte (première occurrence) sont définis dans le glossaire.

« Et un jour Phyto dit à Zoo :

— Vous avez bien sujet d'accuser la nature. Vous êtes si gros qu'on vous pêche sans peine, si visible que vous polluez nettement trop.

Et Zoo répondit :

— Vous polluez beaucoup plus que nous. Nous, nous sommes innocents et d'ailleurs les écologistes nous aiment beaucoup plus que vous. »

Et pendant qu'ils parlaient ainsi, vainement, un gros nuage jaune, un magnifique produit moderne et « polyvalent », certainement, surgit à leur horizon, les enveloppa tous, les étouffa, les fit mourir par millions et ils eurent juste le temps de trouver le nom du nuage : *Raminagrobis*. Et Raminagrobis n'épargna que ceux qui eurent le temps de se cacher au fond de quelque grotte. Quand il eut passé, Phyto et Zoo pleurèrent beaucoup. Le lac se mourait d'un excès de « pureté », les poissons disparurent. Phyto et Zoo étaient presque seuls. Le lac resta transparent quelques jours.

Pendant ce temps les spécialistes furent ravis. Mais bien sûr, chacun de leur côté, Phyto et Zoo se remirent au travail et se reproduirent si rapidement que très vite le lac redevint vert.

N.B. Cette histoire n'engage que Phyto et Zoo qui l'ont racontée spontanément à « l'auteur »...

Jacques Piccard

Océanographe suisse, Jacques Piccard est né en 1922 à Bruxelles. Après des études d'économie, d'histoire et de physique à Genève, il aide son père Auguste Piccard à construire le bathyscaphe « Trieste » avec lequel, en 1960, il établit un record de plongée (10 916 m) dans la fosse des Mariannes, en compagnie de Donald Walsh. Il construit ensuite le *mésoscaphe* « Auguste Piccard » et dirige une expédition internationale pour étudier le Gulf Stream. Depuis lors, il se consacre à l'observation des lacs de Suisse. À Cully (Vaud), il a créé et dirige la Fondation pour l'étude et la protection des mers et des lacs (FEPML).

Introduction

Il y a plus d'un siècle, le savant suisse François-Alphonse Forel, à la suite de ses études menées sur le Léman durant plus de trois décennies, créait la *limnologie*, science nouvelle relative à l'étude des lacs et définie comme l'océanographie des eaux douces (Forel, 1892).

L'existence d'un lac est liée à la présence d'une contre-pente, d'un barrage naturel (moraine, glissement de terrain, etc.), de la dissolution ou effondrement ou creusement d'une partie centrale formant cuvette, qui ralentit ou arrête l'écoulement de l'eau. Il n'existe pas de terminologie universelle pour définir un lac, mais on peut admettre qu'il s'agit d'un plan d'eau d'origine naturelle, ne communiquant pas avec l'océan, avec une profondeur suffisante et une durée de séjour des eaux assez longue pour qu'il existe une zone *pélagique* où s'installe une stratification thermique stable pendant une partie de l'année.

Partie intégrante et élément valorisant du paysage, un plan d'eau est souvent considéré à l'échelle humaine comme une structure pérenne de l'environnement. Mais à l'échelle géologique un lac naît, évolue en fonction des caractéristiques et de l'utilisation de son bassin versant, et finit tôt ou tard par disparaître, en général par comblement progressif de la cuvette lacustre ou lorsque l'évaporation est très nettement supérieure aux apports par les affluents et les précipitations. Il existe également des lacs intermittents comme le lac Eyre (Australie) apparu en 1949 à la suite de fortes précipitations, atteignant 7 800 km² et qui s'est ensuite progressivement asséché pour disparaître en 1953 (Touchart, 2000).

L'âge des lacs est très variable, de plus de 2 millions d'années pour le lac Baïkal à moins d'un siècle pour le lac de Vallon (Haute-Savoie), apparu en mars 1943 à la suite d'un glissement de terrain dans la vallée du Brevon. L'âge du Léman est évalué à environ 18 000 ans, après la régression définitive du glacier du Rhône à la fin du Würm.

Les lacs sont souvent considérés comme des eaux stagnantes ou dormantes, par opposition aux eaux courantes. Ce n'est qu'une impression car la masse d'eau est soumise à de nombreux déplacements internes ou de surface : courants engendrés par les affluents et par l'exutoire du lac, courants de convection thermique, vagues et courants dus au vent, courants de densité par remise en suspension des sédiments par les vagues à proximité des rivages, seiches (oscillations créées par des différences de pression atmosphérique) entraînant des dénivellations temporaires rythmiques, courants induits par la rotation terrestre (force de Coriolis), voire même courants de marées bien que celles-ci soient de faible amplitude (4,4 mm à Genève, en marées de vives eaux).

Un peu d'étymologie

Le nom « Léman » remonte au 1^{er} siècle avant notre ère. Parti en l'an -58 de Genève et du *Lacus Lemannus* pour combattre les Helvètes, Jules César a contribué à valoriser ce terme. Cette dénomination, attestée par des inscriptions romaines à Genève et Vidy, a résisté à la concurrence de patronymes plus récents : « lac de Lausanne » au II^e siècle, « lac de Genève » à partir du XVI^e siècle, cette dernière appellation ne concernant en fait que le Petit Lac et devant être proscrite pour l'ensemble du plan d'eau.

Ce n'est que depuis le milieu du XIX^e siècle que l'appellation « Léman » a commencé à supplanter celle de « lac de Genève ». Cette dénomination a été officialisée par les États riverains dans leurs cartes nationales : carte Dufour (1845-1864) pour la Suisse, cartes d'état-major sarde (1858) et française (1861), (Guichonnet, 1994). L'administration a également entériné ce terme pour plusieurs communes : Anthy-sur-Léman, Chens-sur-Léman, Maxilly-sur-Léman.

On devrait employer uniquement le terme « Léman », suivant en cela la judicieuse réflexion de Forel (1904) : « L'usage tend à s'établir en géographie, et cela avec raison, de préférer, partout où il en existe, le nom personnel d'un lac au nom de la ville située sur ses bords... » Tel est le cas pour le Bodan (lac de Constance), le Verbano (lac Majeur), le Benaco (lac de Garde) ou le Sebino (lac d'Iseo). Cependant, en ce qui concerne la littérature étrangère, on ne trouve jamais « Léman », ce qui est regrettable, rarement *lake Leman*, mais presque toujours *lake of Geneva*, *Genfersee* ou *lago di Ginevra*, dénominations qui devraient être définitivement invalidées.

Chapitre 1

Le Léman

Élément important du paysage, le Léman est un lac de piémont (bas de la montagne) reliant les Alpes au Jura, la France à la Suisse. L'origine du Léman pose toujours problème actuellement, les avis des géologues étant divergents. Quel est le processus initial qui a favorisé la formation du lac : phénomène tectonique lié à la surrection des Alpes, érosion glaciaire, érosion fluviale ? Le débat scientifique reste ouvert ! La cause dominante serait un effondrement tectonique, proche d'une zone de subduction due à l'*orogénèse* alpine, dépression ultérieurement érodée par l'action fluviale et surtout par les glaciers, en particulier par celui du Rhône dont la disparition progressive à la fin de la dernière glaciation quaternaire du Würm a permis l'installation du Léman dans une cuvette enfin libérée des glaces.

Le plan d'eau se compose de deux unités géographiques dont la *bathymétrie* est connue depuis plus d'un siècle (Delebecque, 1890, 1898) :

- le Grand Lac en amont (lac préalpin dans sa plus grande partie et alpin dans le Haut Lac à l'est), globalement orienté est/ouest et caractérisé par une plaine centrale étendue,
- le Petit Lac en aval (lac jurassien), plus étroit et moins profond, d'axe nord-est/sud-ouest (photo 1 – planche 1 –, tableau 1 et figure 1), comparable à un large fleuve dont le fond est constitué d'une succession de cinq cuvettes peu importantes.

Le renouvellement des eaux lacustres est fonction du volume de la cuvette et de l'importance des apports annuels ; il est extrêmement variable, de moins d'un mois, voire quelques jours en hiver dans le Grand Lac Jovet en Haute-Savoie (Balvay et Blavoux, 1981) à plus de trois siècles (lac Baïkal). Le renouvellement théorique des eaux du Léman s'effectue en moyenne tous les 11,4 ans avec des valeurs extrêmes de 9,1 ans (1981) et 15 ans (1976). Le temps de séjour moyen des eaux du Léman varie également selon la profondeur : 5 ans pour la strate 0-20 m, 10 ans entre 50 et 250 m, 20 ans au-delà (Hubert *et al.*, 1970).

Le Léman est un système dynamique dont les eaux se renouvellent sans cesse et sont constamment en mouvement ; le niveau du plan d'eau varie en fonction des apports (affluents, précipitations) et des pertes (*émissaire* à Genève, évaporation, pompes). Autrefois, le Léman était soumis à des crues importantes (Forel, 1892). La convention du 17 décembre 1884 et le règlement du 7 octobre 1892 ont été

édités afin de contrôler le niveau du Léman pour limiter les risques d'inondation. La régulation artificielle du niveau du lac à la cote légale 372,05 m date de 1889 avec la construction du barrage du Pont de la Machine, remplacé en 1995 par le barrage du Seujet. L'abaissement volontaire du niveau du Léman en hiver entraîne un marnage annuel du lac de l'ordre de 0,5 m (0,8 m en année bissextile) avec les basses eaux en hiver permettant de recevoir la fonte des neiges au printemps. Le fait d'abaisser le niveau de 0,8 m en année bissextile permet le nettoyage des rives et des ports (élimination de la vase, entretien des maçonneries immergées, etc.).

Le contrôle du niveau du Léman par le barrage à l'émissaire permet à longueur d'année d'être en mesure d'admettre et d'évacuer des apports excessifs d'eau par les affluents et surtout par le Rhône à la suite de précipitations très importantes sur le bassin versant. Ce contrôle limite les risques d'une inondation catastrophique comme cela s'est produit en mai 1999 au lac de Constance, dépourvu d'ouvrage de régulation, et dont 33 km² de terrains riverains ont été submergés.

Le rivage est très varié, avec les falaises de Meillerie plongeant dans le Léman, les nombreuses grèves de galets et la grande plage de sable d'Excenevex. Les rives lacustres ont été fortement dégradées depuis le XIX^e siècle. Elles sont actuellement à 74 % artificielles (quais et ports, murs, enrochements, voies de communication), 23 % semi-naturelles (prés et cultures) et seulement 3 % naturelles (Demierre & Durand, 1999).

Le Léman représente une très importante zone d'hivernage pour plus de 150 000 oiseaux aquatiques appartenant à 60 espèces (Maumary, 1999). Le lac se trouve à la limite sud de la zone d'extension naturelle de l'omble chevalier (photo A) et à la limite nord de la zone de nidification de la sterne pierregarin en Rhône-Alpes (photo B).

Tableau 1. Fiche signalétique du Léman (Cipel, 2005).

Données morphométriques	Léman	Grand Lac	Petit Lac
Altitude du Léman (m)	372,05		
Superficie du plan d'eau (km ²)	580,1 (100 %)	498,9 (86 %)	81,2 (14 %)
Répartition de la superficie du lac entre la France et la Suisse (km ²)	France : 234,8 Suisse : 345,3 (dont Genève : 36,7 – Vaud : 298 – Valais : 10,6)		
Superficie de la zone 0-12 (km ²)	43,70 (100 %)	24,47 (56 %)	19,23 (44 %)
Volume (km ³)	89 (100 %)	86 (96 %)	3 (4 %)
Profondeur maximale (m)	309,7	309,7	76
Profondeur moyenne (m)	152,7	172	41
Longueur dans l'axe (km)	72,3	49	23,3
Largeur maximale (km)	13,8	13,8	4



Photo A. Omble chevalier (*Salvelinus alpinus*)



Photo B. Sterne pierregarin (*Sterna hirundo*)

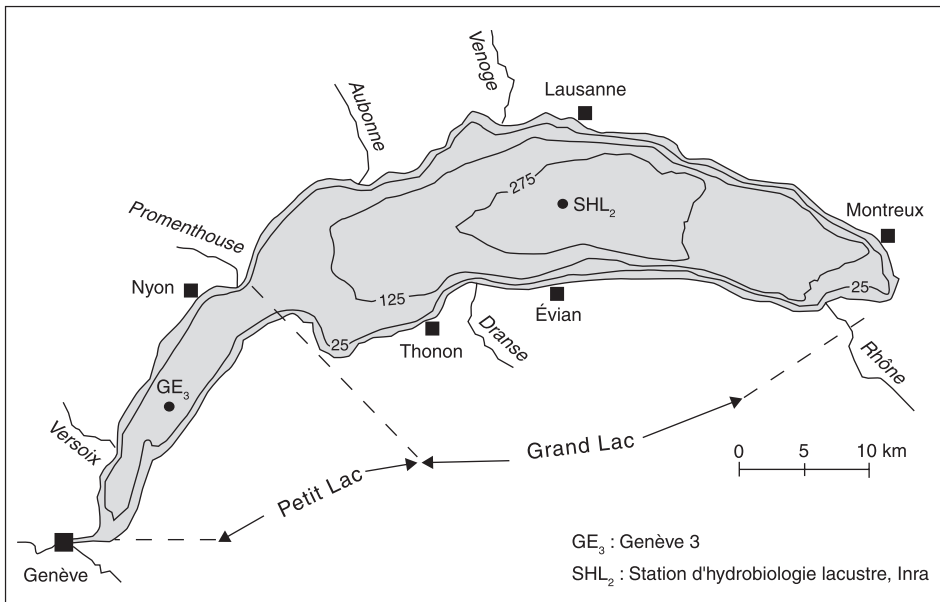


Figure 1. Carte et bathymétrie schématique du Léman.

» Le bassin versant du Léman

Le bassin versant englobe une partie des Alpes et du Jura (figure 2, tableau 2) ; il est 12,75 fois plus étendu que le Léman, chaque mètre carré de sol influençant 0,08 m² de surface du lac et 12 m³ d'eau. Le lac ne peut être dissocié de son bassin versant car les conséquences des activités agricoles, industrielles, urbaines et humaines sont concentrées sur une surface d'eau 13 fois moindre.

Le bassin versant du Léman est contigu du nord-ouest à l'est au bassin du Rhin, à l'ouest à celui du Doubs et au sud au bassin du Pô. Il héberge une population permanente de 948 240 personnes (dont 122 410 en France) et une population

touristique de 615 610 personnes (dont 169 370 en France) (données du 1^{er} janvier 2003 *in* Cipel, 2005).

Les modes d'utilisation des sols les plus importants concernent :

- les terres incultes (34,5 %) ;
- les forêts (22 %) ;
- les pâturages (23 %) ;
- les terres cultivables (20,5 %) dont les herbages (63,1 %), les terres ouvertes (26,7 %), les vignobles (6,6 %), les vergers intensifs (2,6 %) et les cultures maraîchères (1 %).

Tableau 2. Fiche signalétique du bassin versant du Léman (Cipel, 2005).

	Total	France	Suisse
Superficie, lac inclus (km ²)	7 975	1 125	6 850
Superficie, lac exclu (km ²)	7 395	890	6 505
Indice de glaciation (%)	9,4		
Altitude moyenne (m)	1 670		
Altitude maximale (m)	4 634		4 634 (Pointe Dufour)
Longueur des rives (km)	200,2	58,0	142,2
			Vaud : 102,0 Valais : 7,6 Genève : 32,6

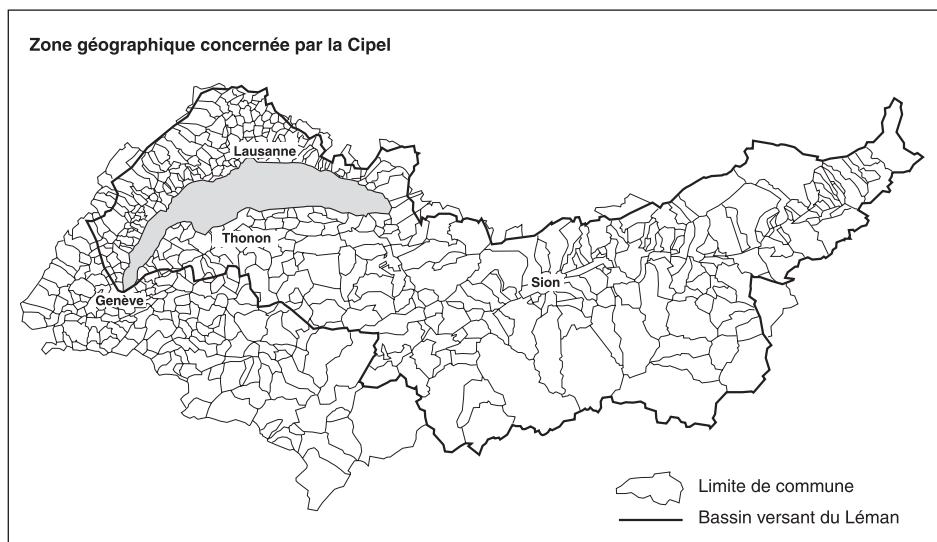


Figure 2. Carte du bassin versant du Léman (document Cipel).