

Ecosystèmes lacustres

Éva Andrzejewski, Aristide Drouot, Elsa Lanaud

2017-2018

- 1 Typologie des lacs
 - Mécanismes de leur formation
 - Caractéristiques physiques
- 2 Aspects physique de leur fonctionnement
 - Échanges avec l'environnement
 - Réactions physico-chimiques
 - Réactions biologiques
- 3 Stratification et phénomène de retournement
 - Stratification
 - Phénomène de retournement
 - Conséquences de ces phénomènes sur la qualité de l'eau
- 4 Le compartiment biotique
- 5 Pressions
 - Micro-polluants
 - Eutrophisation

Typologie des lacs I



Figure – Lac du Bourget



Figure – Lac d'altitude

Typologie des lacs II



Figure – Retenues d'eau



Typologie des lacs III



Figure – Étang



Figure – Gravière de Lauterbourg

Grands lacs



Figure – Affluents et bassin versant

Mécanismes de leur formation

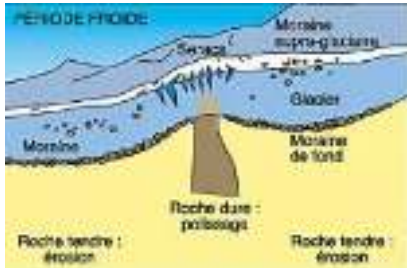
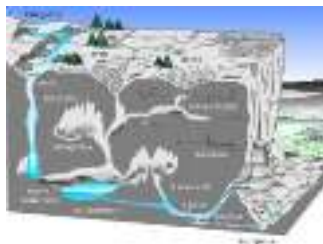
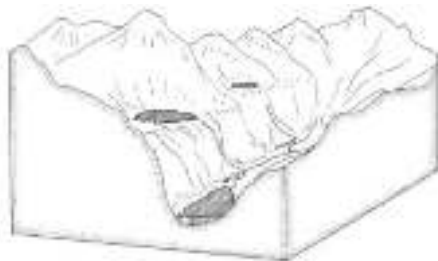


Figure – Surcreusement glacière



Figure – Heurts de deux glaciers

Approvisionnement en eau



Caractéristiques physiques : Fiche signalétique du Léman et de son bassin versant I

Position géographique moyenne	46°17' lat. N 6°17' long. E (en Genevois)			
Altitude moyenne annuelle du plan d'eau (1960-2000) *	172,08 m	min	171,78 (1968)	
		max	172,38 (1973)	
Superficie du plan d'eau **	198,3 km ²			
	dont :			
	- France :	134,6 km ²		
	- Suisse :	63,7 km ²		
	- Vaud :	10,0 km ²		
		- Valais :	10,0 km ²	
		- Genève :	0,7 km ²	
Volume moyen :	22 milliards m ³ soit 80 km ³			
Débit moyen annuel du Rhône amont (à la Porte du Léman) (1950-2000) *	182 m ³ /s			
	dont :			
	- France (1970) :	117 m ³ /s		
		- Suisse (1970) :	117 m ³ /s	
Débit moyen annuel du Rhône à Genève (à Genève) (1950-2000) *	190 m ³ /s			
	dont :			
	- France (1970) :	117 m ³ /s		
		- Suisse (1970) :	108 m ³ /s	
Temps de séjour théorique des eaux (volume/débit moyen)	11,1 ans			
Longueur de son lac	71,3 km			
Profondeur maximale	308,7 m			
Profondeur moyenne	151,7 m			

Échanges avec l'environnement I

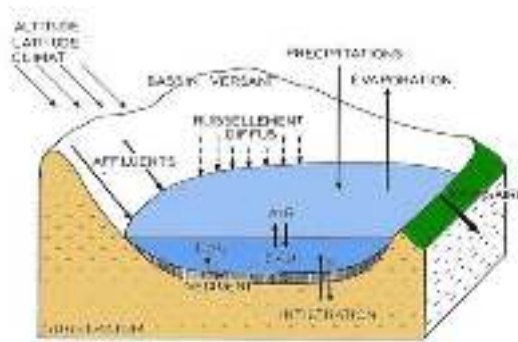


Figure – Principaux échanges d'énergie et de matière d'un lac avec son environnement

Réactions abiotiques

Processus	Équation chimique	Processus	Équation chimique	Processus	Équation chimique
Photosynthèse	$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{h\nu} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$	Respiration	$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$	Hydrolyse	$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2HCO_3^-$
Précipitation	$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3 \downarrow$	Précipitation	$Ca^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow CaSO_4 \downarrow$	Précipitation	$Ca^{2+} + PO_4^{3-} \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \downarrow$
Dissolution	$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2HCO_3^-$	Dissolution	$CaSO_4 + H_2O \rightleftharpoons Ca^{2+} + SO_4^{2-}$	Dissolution	$Ca_3(PO_4)_2 + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons 3Ca^{2+} + 2H_2PO_4^-$
Précipitation	$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3 \downarrow$	Précipitation	$Ca^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow CaSO_4 \downarrow$	Précipitation	$Ca^{2+} + PO_4^{3-} \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \downarrow$
Dissolution	$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2HCO_3^-$	Dissolution	$CaSO_4 + H_2O \rightleftharpoons Ca^{2+} + SO_4^{2-}$	Dissolution	$Ca_3(PO_4)_2 + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons 3Ca^{2+} + 2H_2PO_4^-$
Précipitation	$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3 \downarrow$	Précipitation	$Ca^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow CaSO_4 \downarrow$	Précipitation	$Ca^{2+} + PO_4^{3-} \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \downarrow$

Figure – Réactions chimiques au sein du lac de nature abiotique

Réactions biotiques

Site	Profondeur (m)	Température (°C)	pH	Conductivité (µS/cm)	Chlorophylla a (µg/L)	Chlorophylla b (µg/L)	Chlorophylla c (µg/L)	Chlorophylla total (µg/L)	Chlorophylla a/b ratio	Chlorophylla a/c ratio	Chlorophylla b/c ratio
Lac de St. Pierre	0	12.5	7.8	150	10	5	2	17	5.0	2.5	2.0
	10	10.0	7.5	150	10	5	2	17	5.0	2.5	2.0
Lac de St. Hubert	0	12.5	7.8	150	10	5	2	17	5.0	2.5	2.0
	10	10.0	7.5	150	10	5	2	17	5.0	2.5	2.0
Lac de St. Jean	0	12.5	7.8	150	10	5	2	17	5.0	2.5	2.0
	10	10.0	7.5	150	10	5	2	17	5.0	2.5	2.0

Figure – Réactions chimiques au sein du lac de nature biotique

Transparence I



Figure – Disque de Secchi

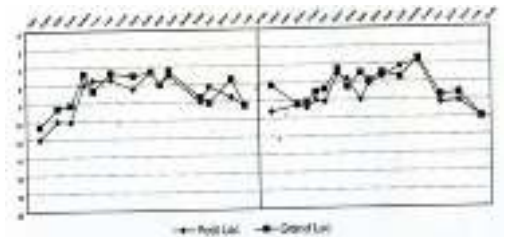


Figure – Evolution saisonnière de la transparence en mètres en 2002 et 2003

Transparence II

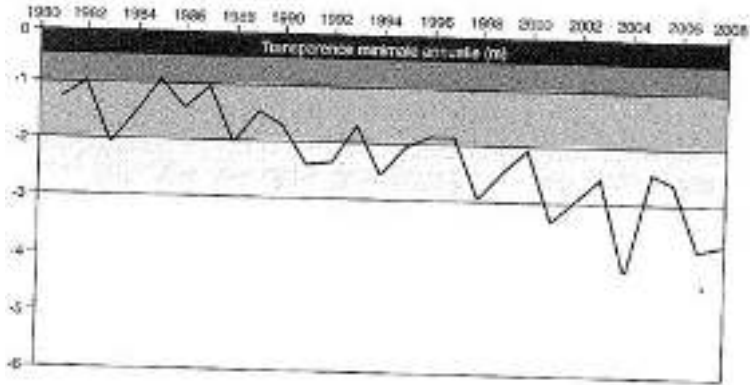


Figure – Evolution de la transparence de l'eau du Lac du Bourget

Equilibre calco-carbonique

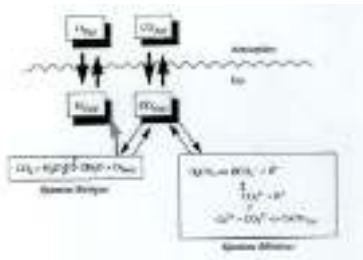


Figure – Les différentes réactions qui régissent l'équilibre des carbonates, les transferts de CO_2 et d' O_2 dans les eaux de surface

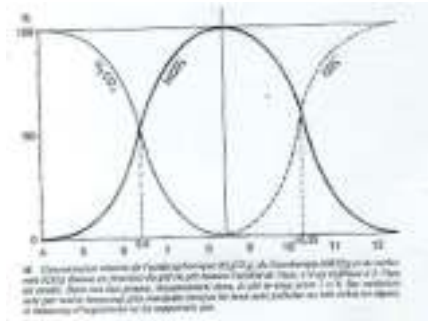


Figure – Equilibre carbonique

Cycle de l'azote dans un lac

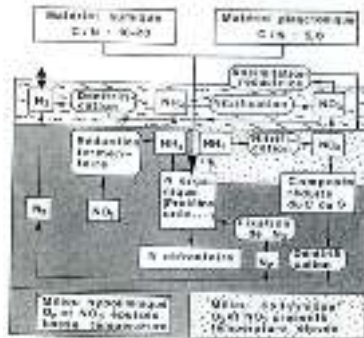


Figure – Cycle de l'azote dans un lac

Cycle de l'azote dans un lac II

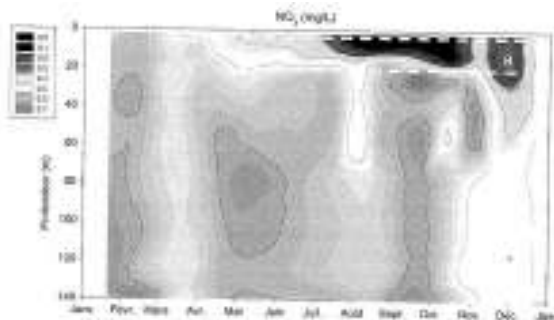


Figure – Évolution des concentrations en nitrate du lac du Bourget en 2008. L'encart (a) met en évidence la consommation des nitrates par les algues pendant l'activité photosynthétique dans les couches supérieures.

Cycle du phosphore I

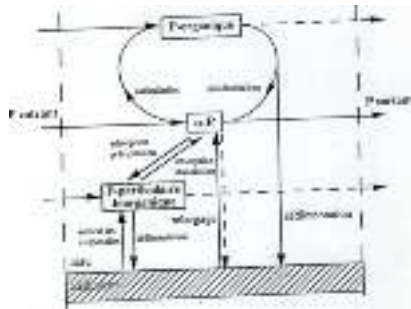


Figure – Diagramme schématisé du cycle du phosphore dans un écosystème aquatique

Cycle du phosphore II

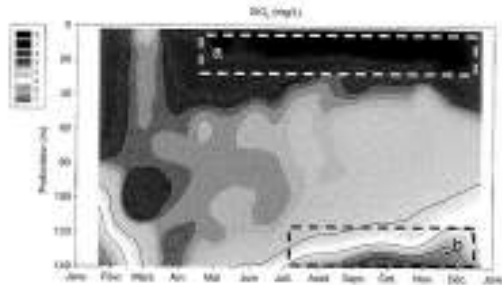


Figure – Évolution des concentrations en silice du lac du Bourget en 2008. L'encart (a) met en évidence la consommation de la silice par les diatomées dans les couches supérieures et relargage de Si par dissolution à partir du sédiment

Sédiments

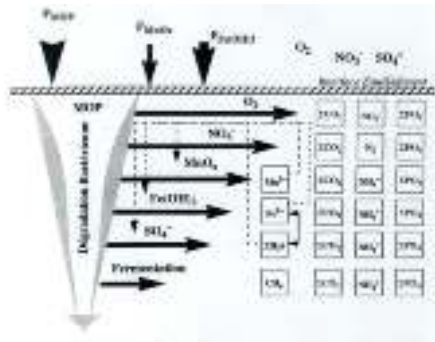


Figure – Séquence des réactions de dégradation de la matière organique dans le sédiment.

Vents

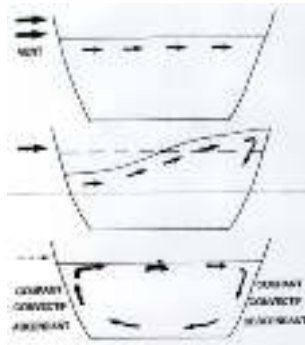


Figure – Effet d'un coup de vent sur un lac non stratifié et courants convectifs qui en résultent

Densité

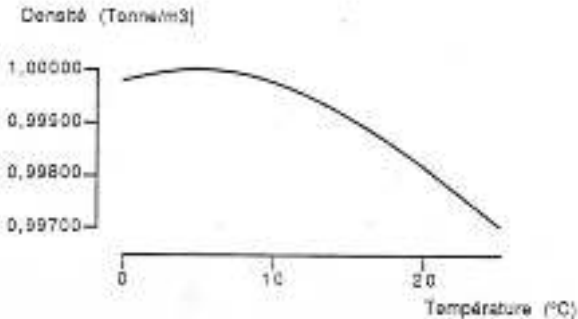
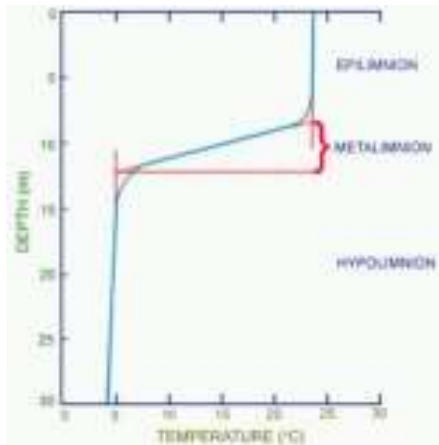


Figure – Variation de la densité de l'eau avec la température

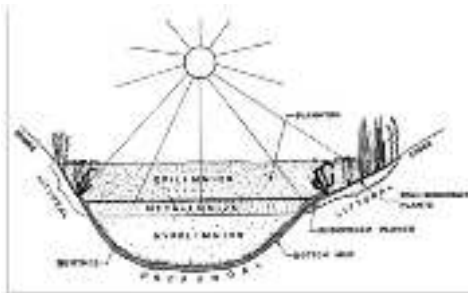
Stratification thermique



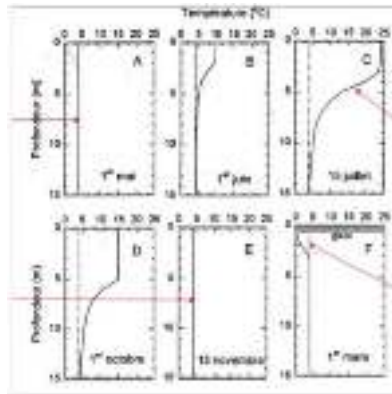
Stratification biologique

Photosynthèse

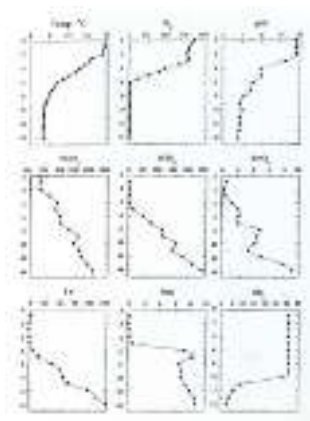
dioxyde de carbone + eau + énergie lumineuse = matière organique + oxygène



Retournement du lac I

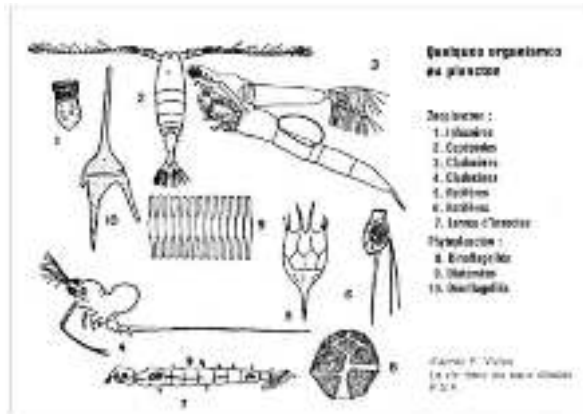


Retournement II



Profils de température, O_2 , pH, $\sum CO_2$, NH_4^+ , $\sum PO_4$, Fe^{2+} , Mn^{2+} et SO_4^{2-} dans les eaux du lac d'Aydat (Puits de Dôme) au cours de l'été lorsque la stratification chimique est maximale. Les concentrations sont exprimées en μM et les profondeurs en m.

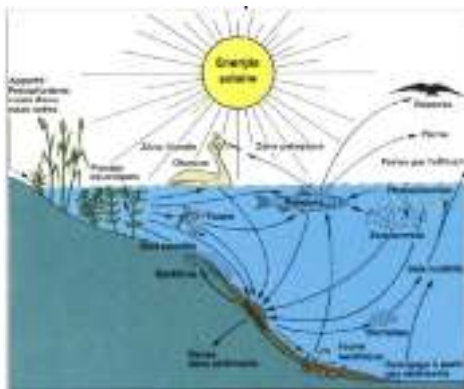
Exemples de zooplancton



Macrophytes



Groupes biologiques dans les différentes zones de l'écosystème lacustre



Roselières



Micro-polluants

- Pesticides (herbicides, fongicides, insecticides, acaricides...)
- Médicaments
- Métaux lourds

Élimination des micro-polluants

Les roseaux assimilent dans leur tissus des polluants comme du phosphore, du nitrate et des hydrocarbures.



Qu'est-ce que l'eutrophisation ? I

Définition

C'est l'augmentation de productivité d'un écosystème aquatique due à un enrichissement en fertilisants (phosphates).

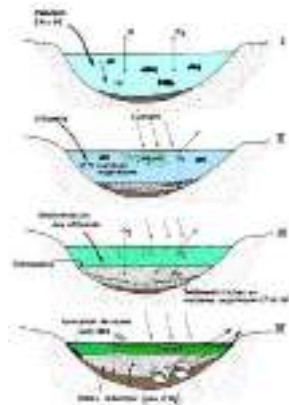
Qu'est-ce que l'eutrophisation ? II

Apports de phosphore

- sol et végétation naturelle ($5 \text{ à } 50 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$)
- fertilisation agricole (engrais phosphaté) : $2.5 \text{ à } 10 \text{ kg de } P \cdot \text{ha}^{-1}$ épandus annuellement, 90% entraînés par érosion et ruissellement
- élevage : $8 \text{ à } 12 \text{ kg de } P \cdot \text{tête}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ (déjections de bovins)
- effluents domestiques : $1.6 \text{ kg } P \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ dont 30 à 50% sont dus aux lessives
- décharges publiques
- eaux pluviales urbaines
- rejets industriels
- relargage du phosphore interne des sédiments du lac

Déroulement de l'eutrophisation

- stade A : accumulation d'importantes quantités de sels nutritifs
- stade B : prolifération des algues dans l'épilimnion de la transparence
- stade C : sédimentation des algues mortes, consommation de l'oxygène par les bactéries des sédiments, stratification chimique (O^2 élevé en surface, faible à nul en profondeur) ; disparition des Salmonidés, développement des Cyprinidés en surface
- stade D : fermentations putrides, dégagement H_2S et NH_3 au fond, réduction des oxydes ferriques et remise en solution PO_4 donc nouvelle prolifération des algues



Petite vidéo sur l'eutrophisation