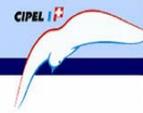


LA SANTE DU LEMAN

Marc BERNARD
“ Limnologue “

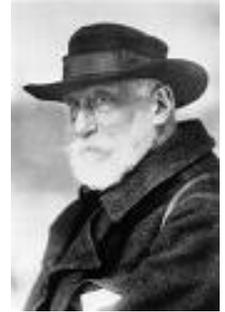


- Définition de la limnologie
- Caractéristiques et origines des lacs
- Stratification Mélange
- Sèches et courants
- Flux solaire, couleur
- Chimie lacustre
- Eutrophisation et qualité des eaux
- Ecologie sommaire des lacs
- Le Léman évolution qualité des eaux
- Evolution des grands lacs suisse



■ La limnologie ?

- ✓ Science des eaux continentales :
- ✓ « Océanographie des lacs »
- ✓ Du grec *limnê*, lac et *logos*, science
- ✓ Origine : naturaliste suisse François-Alphonse Forel (1841-1912) consacre sa vie à l'étude du lac Léman.
- ✓ Regroupe l'ensemble des disciplines des eaux continentales (hydrométéorologie, sédimentologie, courantologie, chimie, hydrobiologie...) analyse des phénomènes dont les lacs sont le siège.

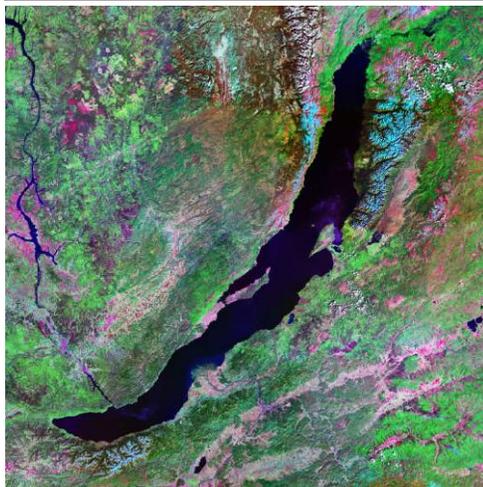




■ Origines multiples

Fracture de la croûte terrestre

- . Baïkal (RU) 1620 m pfd, age 25 millions d'an, 250 volume Léman
- . Tanganyika (ZA)



Plissement massif alpin et jurassien

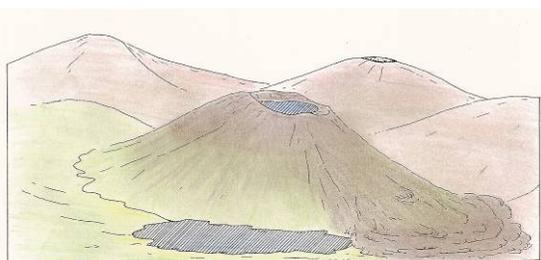
- . Saint-Point (F)
- . Fählensee, Joux (CH)



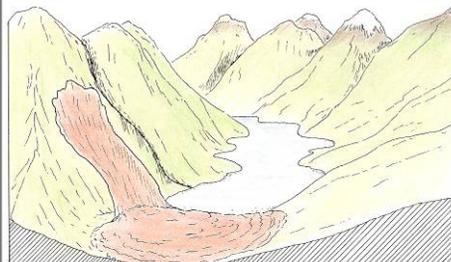


■ Origines naturelles

Volcan



Glissement terrain



Islande



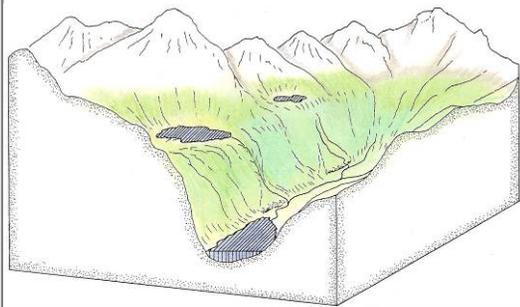
Eboulement de Randa VS (1998)





■ Origines naturelles

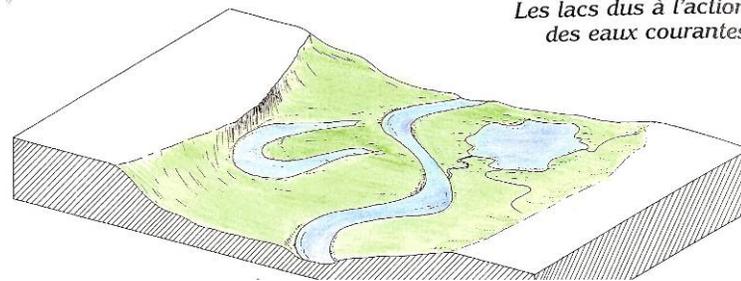
Glacier



Lacs d'altitude des Vaux Verbier



Fleuve (méandre)



Etangs de Leukerfeld (Leuk)





■ Origines artificielles

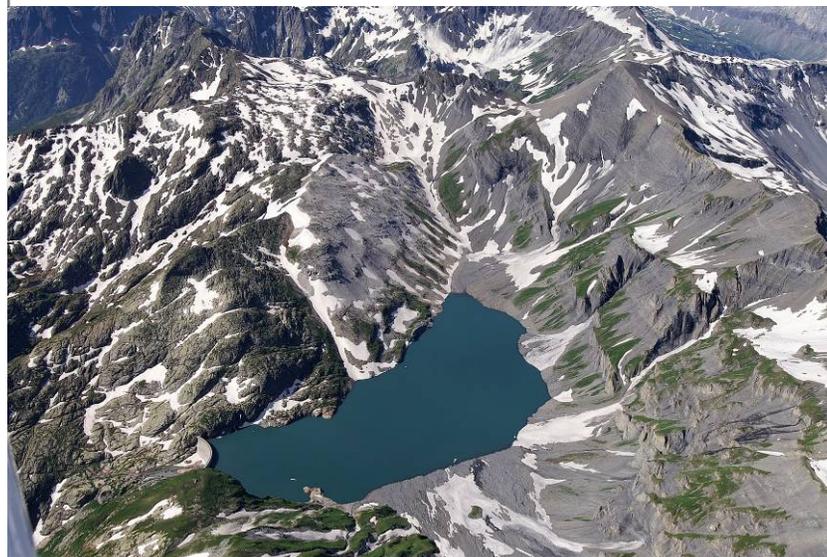
Gravières

- Epines (Conthey), Iles (Sion)
- Environ 20 en Valais



Barrages

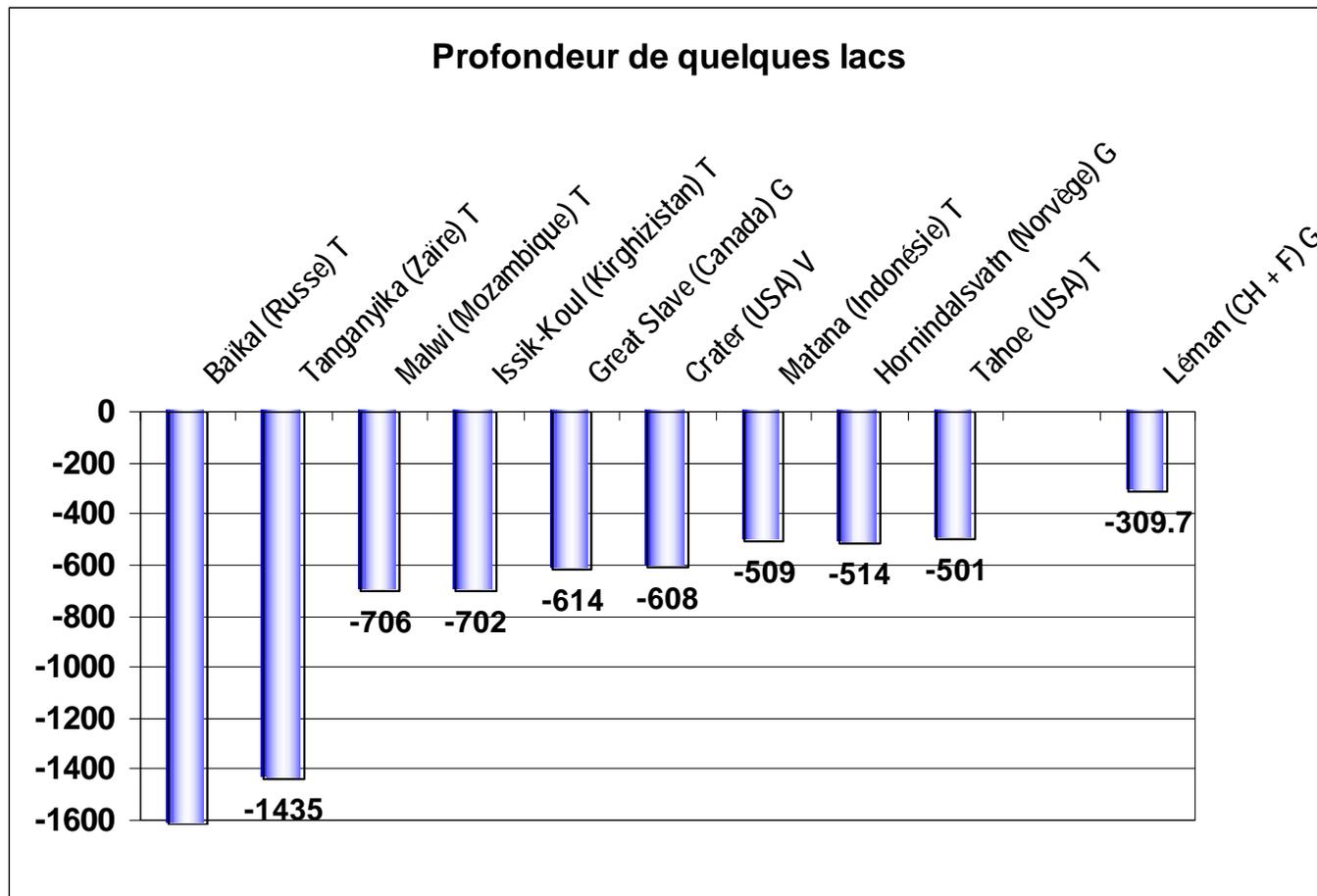
- Vieux Emosson, 2205 m
- 62 lacs de barrage en VS





■ Profondeur des lacs

Les 4 premiers lacs représentent par leur volume, plus de 50% des eaux douces de la planète !



T : tectonique
G : glaciaire
V : volcanique



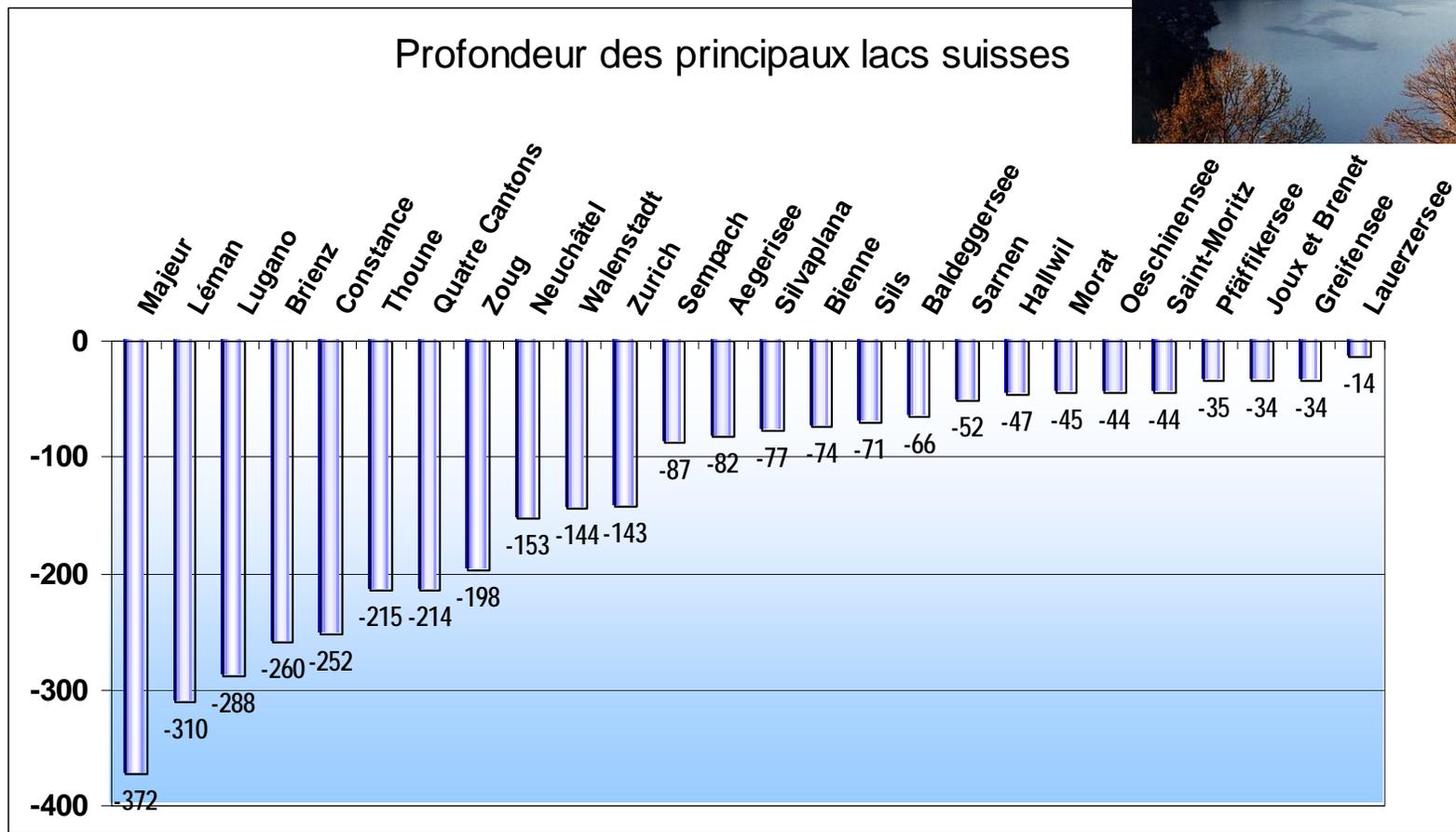
Profondeur des lacs suisse

11 lacs de plus de 100 m de profondeur



Lugano

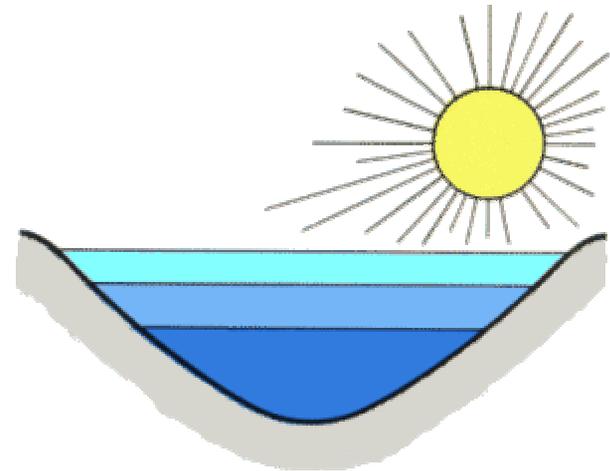
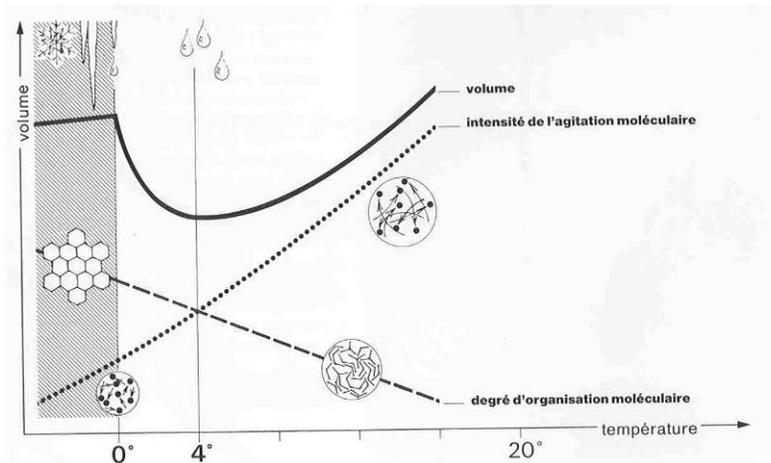
Profondeur des principaux lacs suisses

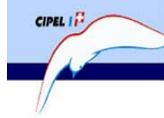




■ Stratification = densité

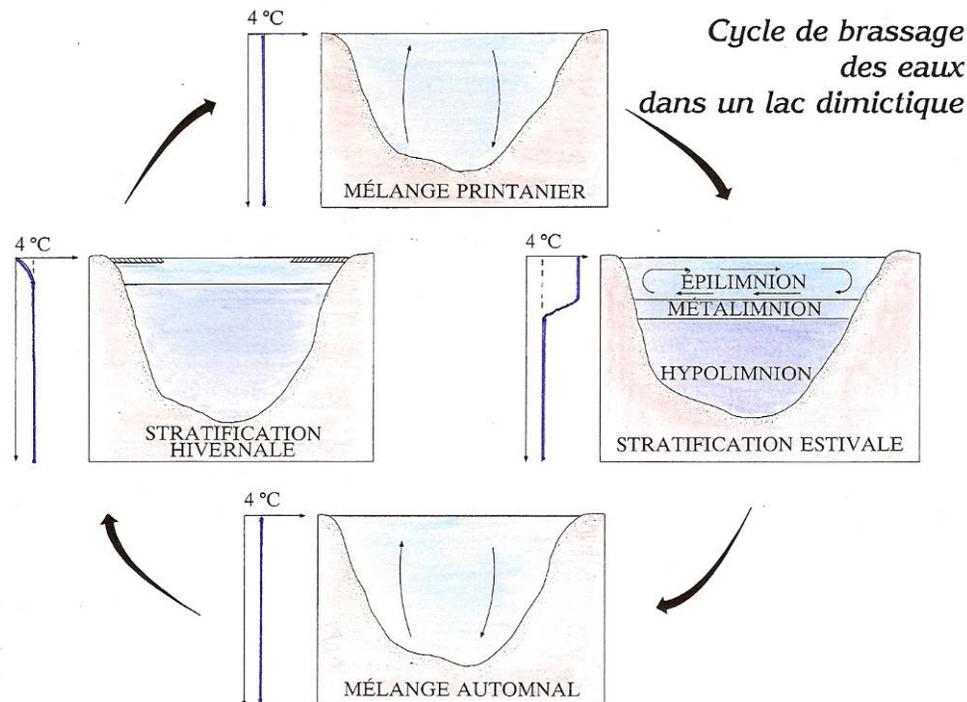
- ✓ Densité de l'eau maximum à 4°C
- ✓ Stratification est fonction des échanges avec extérieur (radiation solaire) et condition météo (vents)
- ✓ Stratification estivale :
 - Zone 1, premiers mètres (épilimnion) température décroît faiblement
 - Zone 2, diminution rapide de la température (thermocline)
 - Zone 3, zone plus profonde (hypolimnion) température décroît faiblement





■ Cycle de brassage saisonnier

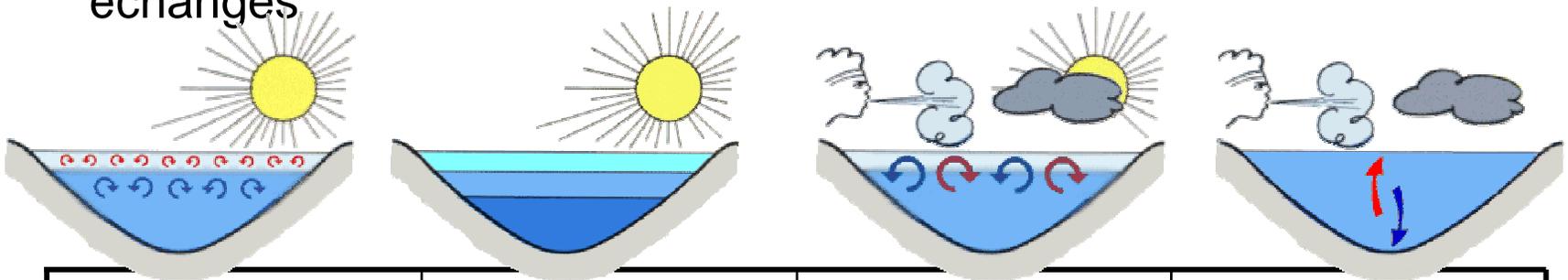
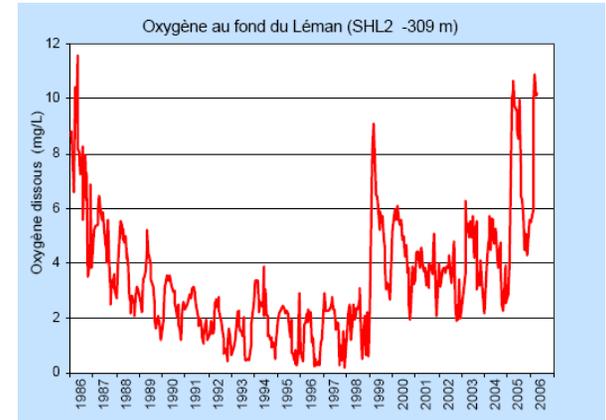
- ✓ Lac dimictique, deux brassage par an printemps et automne
- ✓ Stratification hivernale et estivale
- ✓ Lacs peu profonds





■ Cycle de brassage saisonnier

- ✓ Lac profond, monomictique (Léman, Majeur, Quatre cantons) un brassage en hiver si conditions, Léman (1986, 99, 2005, 2006)
- ✓ Facteurs favorisant le mélange longue durée de froid, vent...
- ✓ Avantages oxygénation des couches profondes
- ✓ Thermocline, barrière qui réduit les échanges

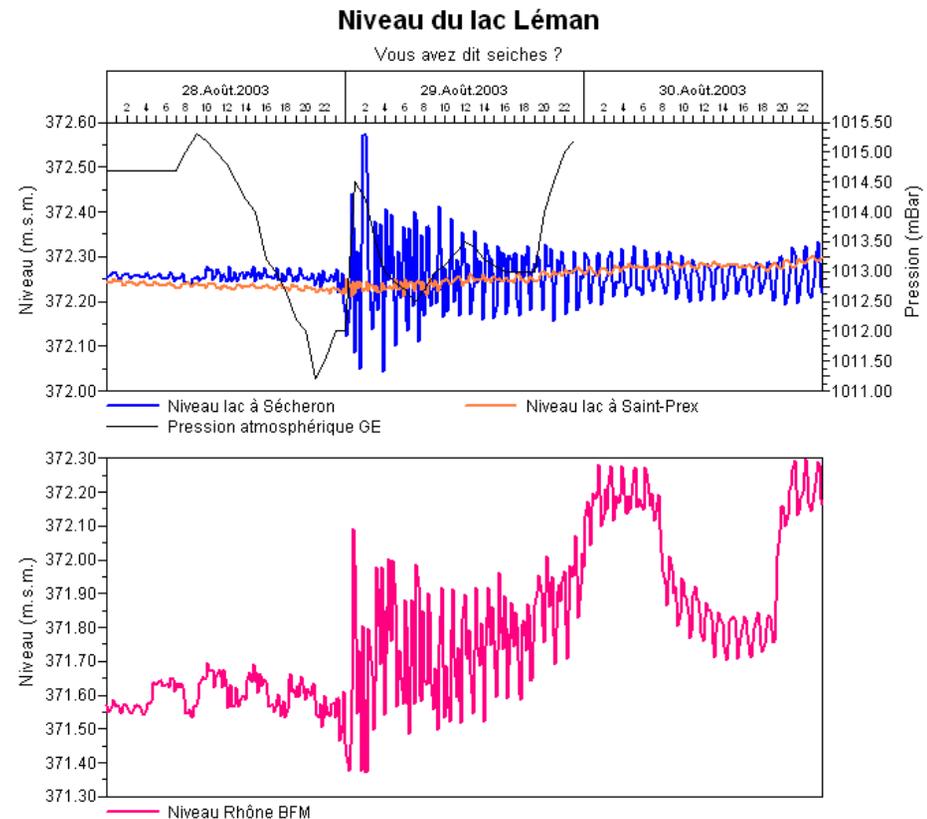


Printemps Début de stratification	été Stratification	Automne Brassage superficiel	Hiver Brassage en profondeur
--------------------------------------	-----------------------	---------------------------------	---------------------------------



■ Séches ou mini marées

- ✓ Sèches = oscillations temporaires de la surface du lac
- ✓ Origine du mot « seiches » riverains du Léman dès le XVI^e siècle
- ✓ Provoquées par les vents ou changements pression atmosphérique
- ✓ Dans le Léman phénomène marqué parfois plus de 0.5 m (29.08.2003)

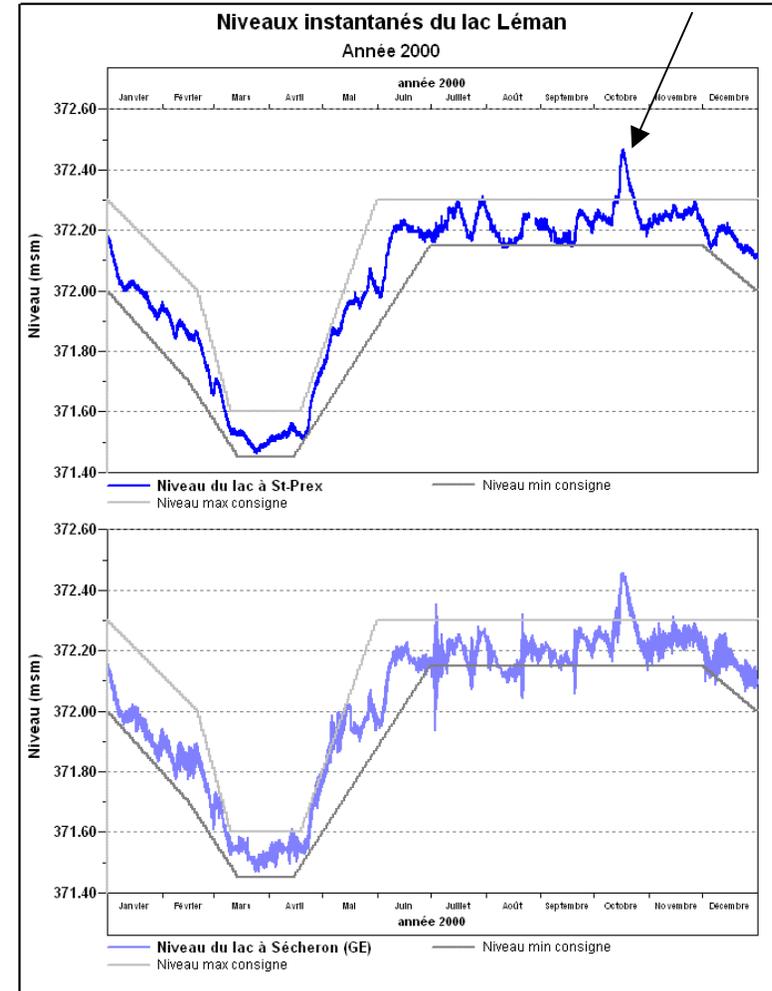




■ Niveau régulé ?

- ✓ Lac léman niveau régulé depuis 1884
- ✓ Niv max : 372.3 m juin à décembre, mini 371.6
- ✓ Tous les 4 ans min : 371.45 m pour travaux
- ✓ But: éviter inondation, profondeur suffisante, navigation

Crues oct 2000

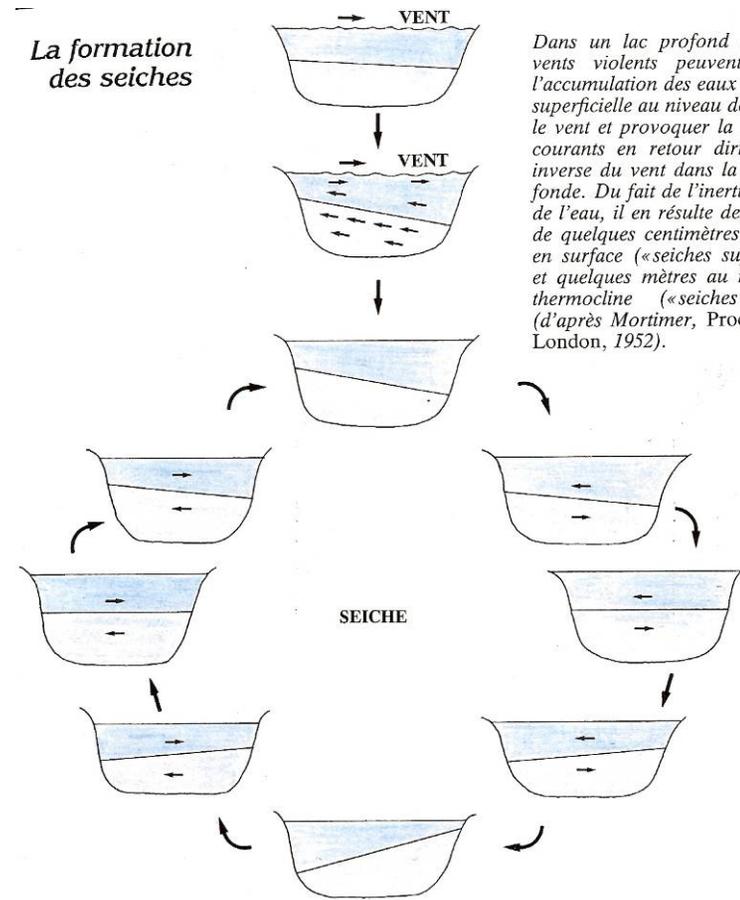




■ Seiches internes et courants

- ✓ Les vents violents provoquent des Sèches en surface qqs cm
- ✓ Dans la couche profonde un courant d'eau en retour prend naissance en profondeur
- ✓ Les oscillations de surface sont amplifiées en profondeur avec des seiches de plusieurs m
- ✓ Marées dues à l'attraction du soleil et lune reste faible qqs mm

La formation des seiches

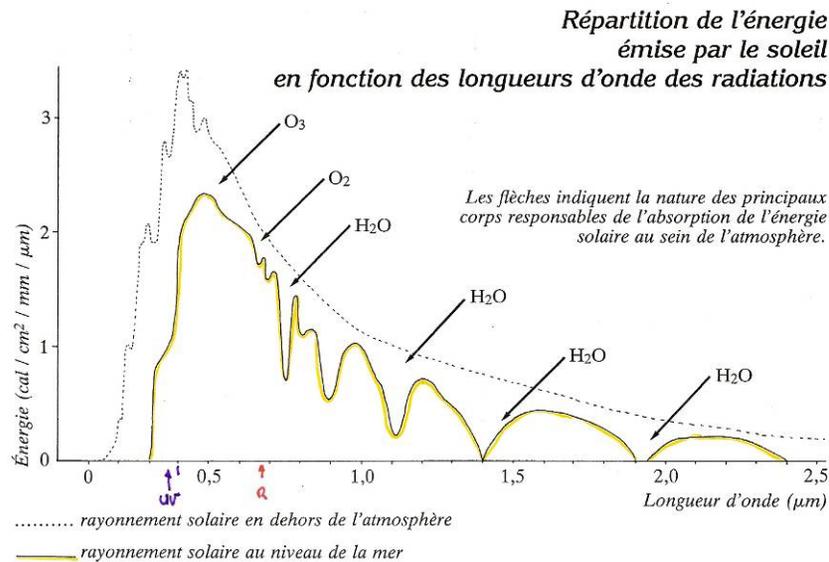




Le devenir de la lumière

✓ Le flux solaire : absorption, réflexion et réfraction

- Spectre la lumière visible UV à IR du soleil > terre modification dans l'atmosphère
- Ondes courtes (UV) absorbées par O₃, IR absorbées ou réfractées par H₂O
- Dans l'eau, absorption, réflexion et réfraction continuent, intensité lumineuse diminue
- Dans l'eau pure Intensité lumineuse = 50% à 1 m



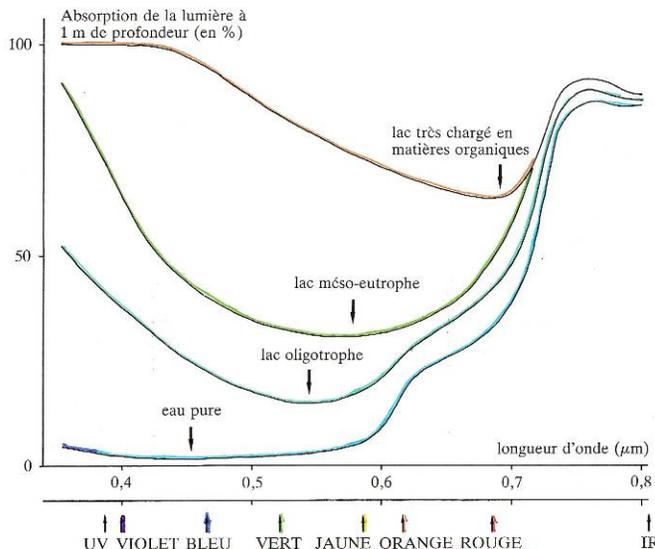


La couleur des lacs

Une question de contenu

- Plan d'eau oligotrophe de montagne **bleu profond** = eau peu productive, limpide
- Lac oligotrophe de glacier **gris** = eau peu productive, chargée en particules fines minérales
- Lac méso-eutrophe **bleu-vert** = eau productive, chargée en phytoplancton (vert)
- Dans l'eau pure les gds longueurs d'onde (IR) sont fortement atténuées dès le premier mètre
- La présence des matières organiques absorbe en priorité les radiations courtes

Absorption de la lumière et richesse des eaux en matières organiques dissoutes



Indique le maximum de transmission du bleu au rouge



■ Caractéristiques des eaux douces

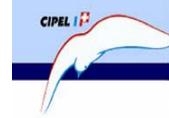
Les eaux contiennent de nombreuses substances minérales ou organiques ainsi que des gaz.

- ✓ Salinité concentration en électrolytes (ions). Eau de mer 35 g de sel par L, eau douce < 0.5 g/L. Eaux lac Léman 0.008 mg Cl/L
- ✓ CO₂ utilisé par la photosynthèse pour la production primaire
- ✓ O₂ produite par la photosynthèse, consommée par des décomposeurs
- ✓ Solubilité des gaz dépend de la nature du gaz, de la salinité, de la pression atmosphérique et de la température

O₂ : 14.5 mg/L à 0 °C, 50% à 25 °C (8.3°C)

O₂ : 31 fois moins soluble que CO₂

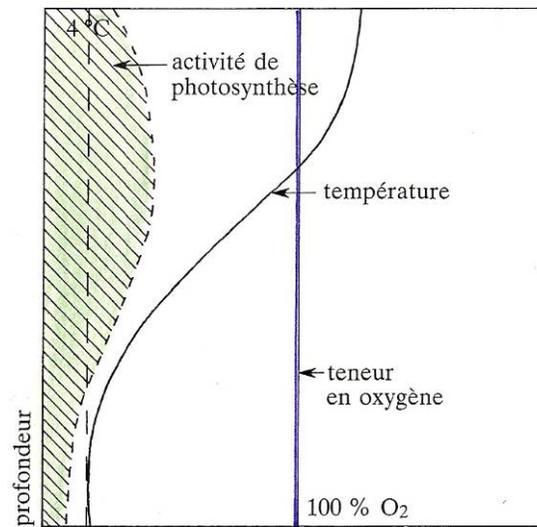
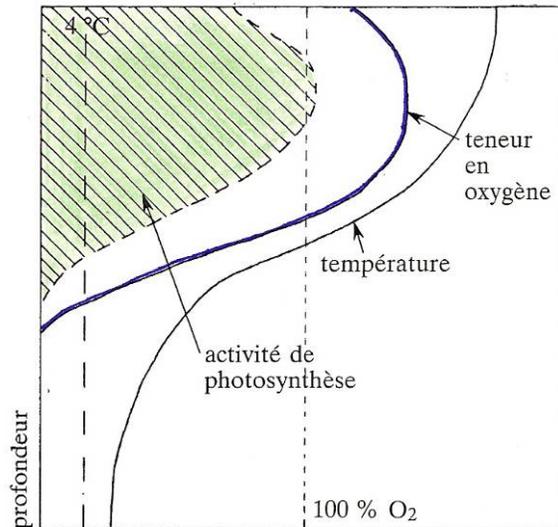
Gaz	Air	Eau 10°C
Azote (N ₂)	781	14.5
Oxygène (O ₂)	210	7.9
Argon (Ar)	9.34	0.39
Gaz carbonique (CO ₂)	0.33	0.39



■ Stratification de l'oxygène

La photosynthèse dépend de l'énergie lumineuse et de la temp.

- ✓ O_2 maxi en été en surface (épilimnion) > Photosynthèse
- ✓ O_2 diminue avec la profondeur > respiration et décomposition de la matière par bactéries aérobies
- ✓ Si Eaux oligotrophe, bonne transparence, O_2 constant

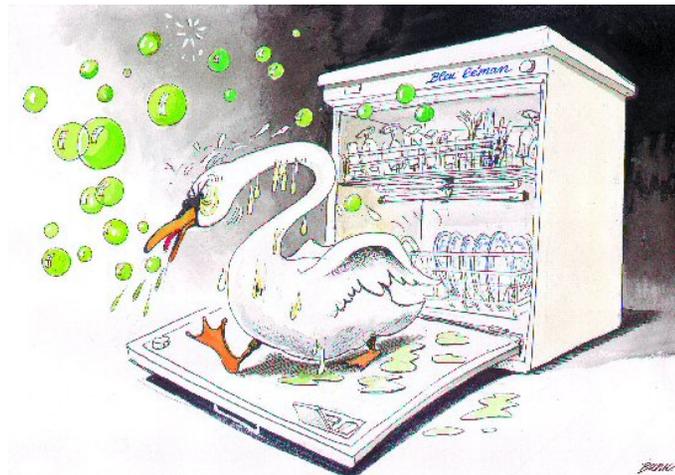


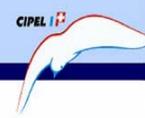


■ Qu'est-ce que l'eutrophisation ?

L'eutrophisation est "l'asphyxie des eaux d'un lac ou d'une rivière" due à un apport exagéré de substances nutritives - notamment le **phosphore** - qui augmente la production d'algues et de plantes aquatiques.

- ✓ La décomposition des algues consomment de l'oxygène
- ✓ Plus il y a d'algues, moins il y a d'oxygène en profondeur
- ✓ En dessous de 4 mg d'O₂/L, conditions de vie difficiles pour la faune
- ✓ Comment éviter l'eutrophisation ? > Limiter les apport en **phosphore**

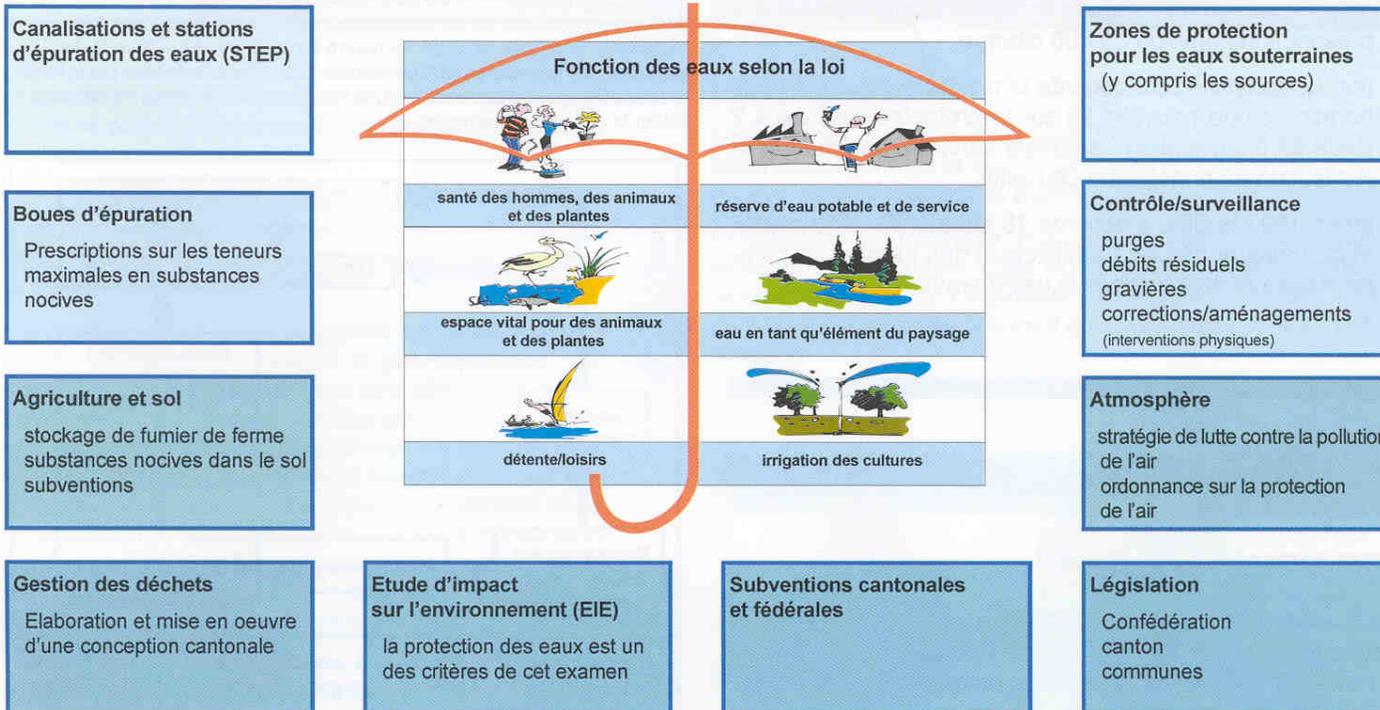




Améliorer, préserver la qualité des eaux

Première loi fédérale sur la protection des eaux date des années 60, puis 1972 et 1991

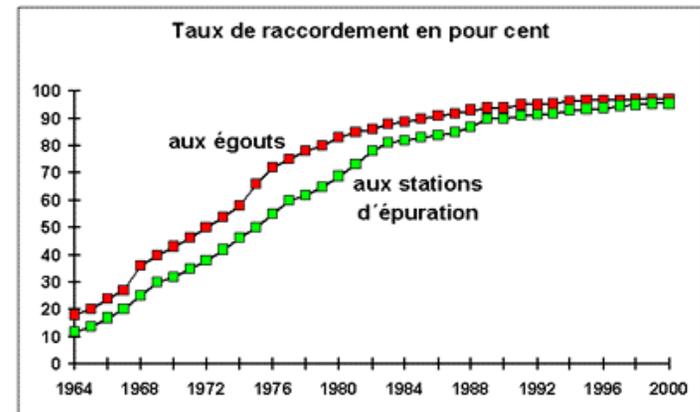
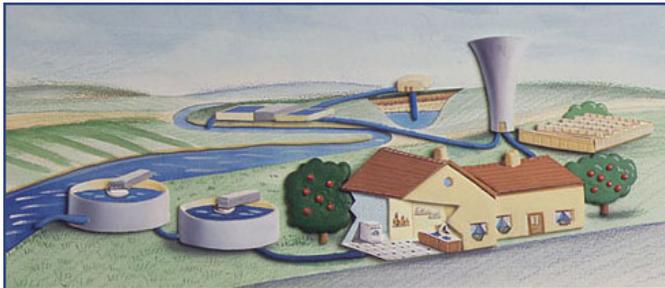
Mesures de protection des eaux





■ Origines de la pollution des eaux

- ✓ Pollution domestique : collecte et traitement des eaux usées, en Suisse 97% de la population est raccordée à un STEP, les STEP ont des rendements épuratoire de 90%. **mais fuites sur les réseaux**
- ✓ Lutte à la source : phosphate interdit dans les lessives pour les textiles depuis 1986 en Suisse (1 juillet 2007 en France). Lessives lave-vaisselle sans phosphate disponible depuis 1 an





■ Améliorer, préserver la qualité des eaux

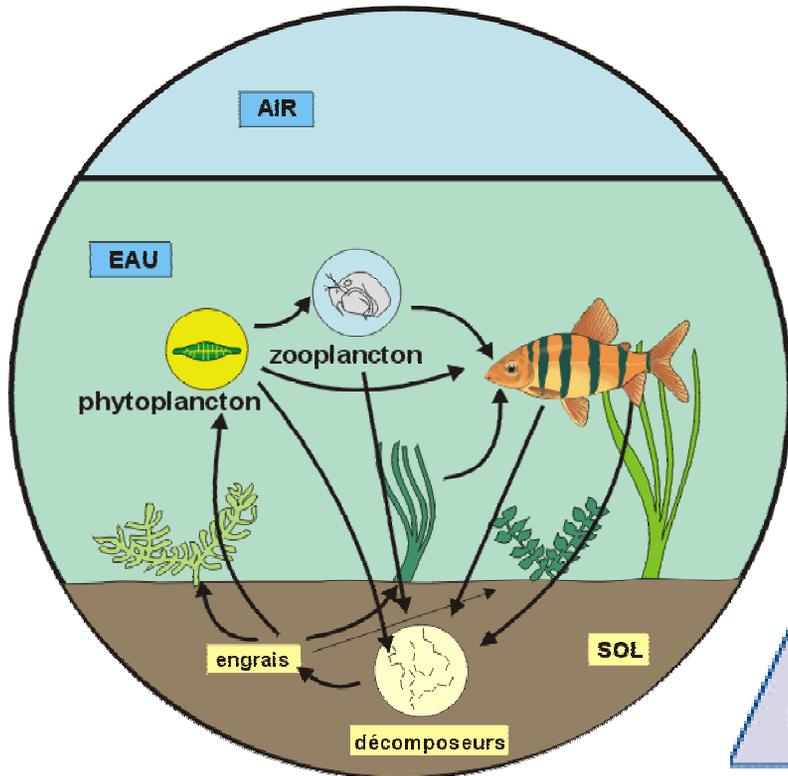
- ✓ Pollution agricole : limitation des engrais, utilisation raisonnée des produits phytosanitaires
- ✓ Pollution industrielle : séparation et élimination des polluants non biodégradable, lutte à la source, prétraitement et traitement sp
- ✓ Micropolluants : nouvelles préoccupations, nouveaux enjeux, produits de synthèse comme les phytosanitaires (herbicides, insecticides, fongicides), médicaments, produits pharma, antioxydants, retardateurs de flammes... L'écotoxicité et le devenir des ces produits dans l'environnement sont mal connus, certains ont des effets marqués à des concentrations très faibles (produits oestrogènes)



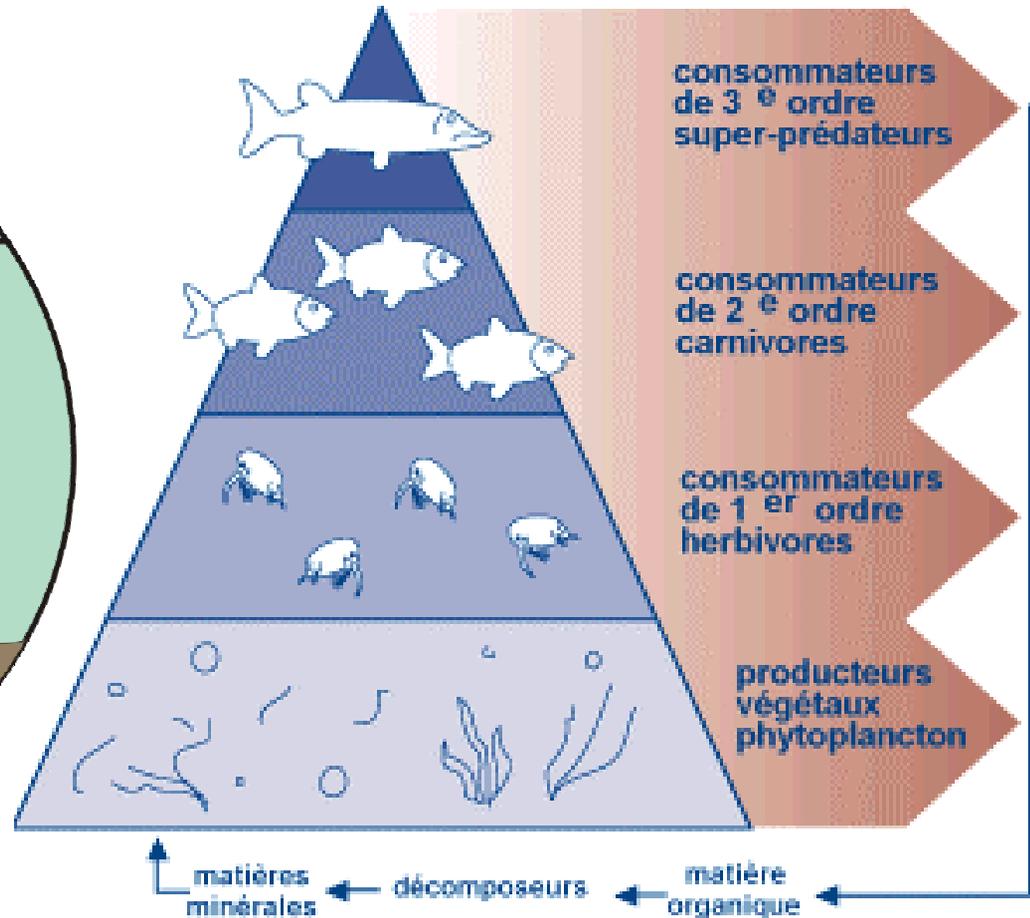


Notions d'écologie lacustre

Chaîne alimentaire



Réseau trophique





- La survie et le développement d'une espèce végétale et animale sont tributaires du **maintien de conditions favorables à l'accomplissement du cycle biologique complet.**
- Pour satisfaire les exigences de chaque espèce, les **paramètres caractérisant le biotope** comme la température, le type de fond, l'oxygène dissous, la lumière doivent être comprises **dans un intervalle d'amplitude donné**, sinon le déroulement du cycle biologique est interrompu.



© Michel Roggo



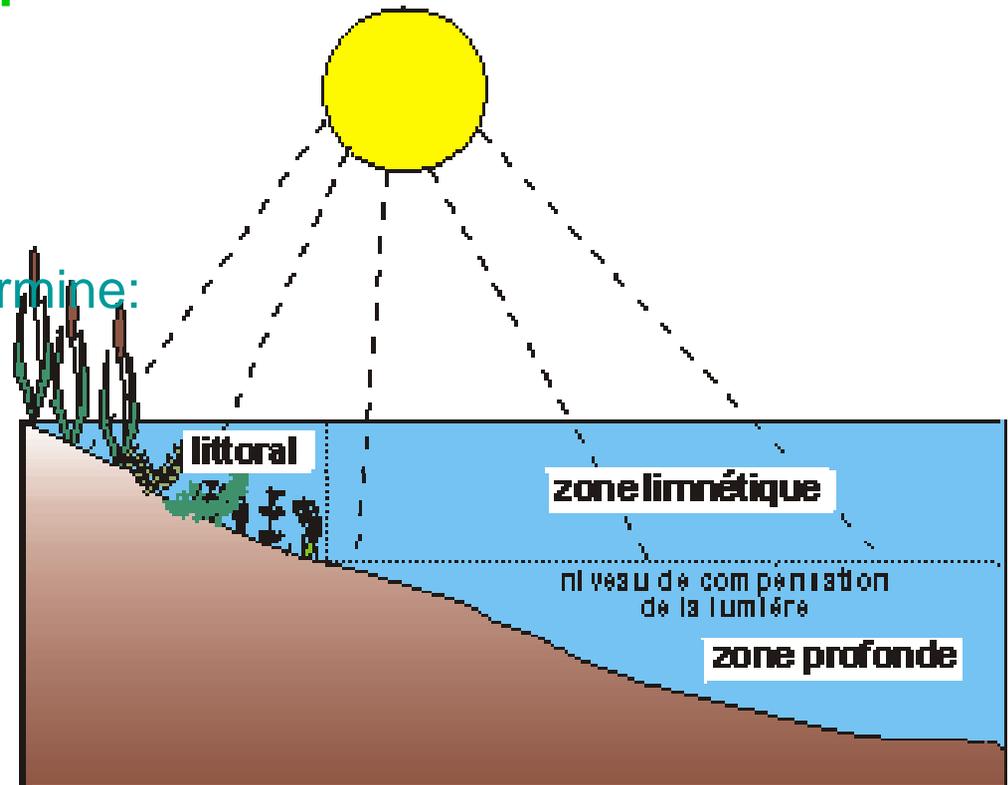
Zonation spatiale d'un lac profond

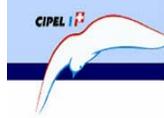
Lumière et photosynthèse:

- Zone euphotique
- Zone aphotique

Limite eupho-aphotique détermine:

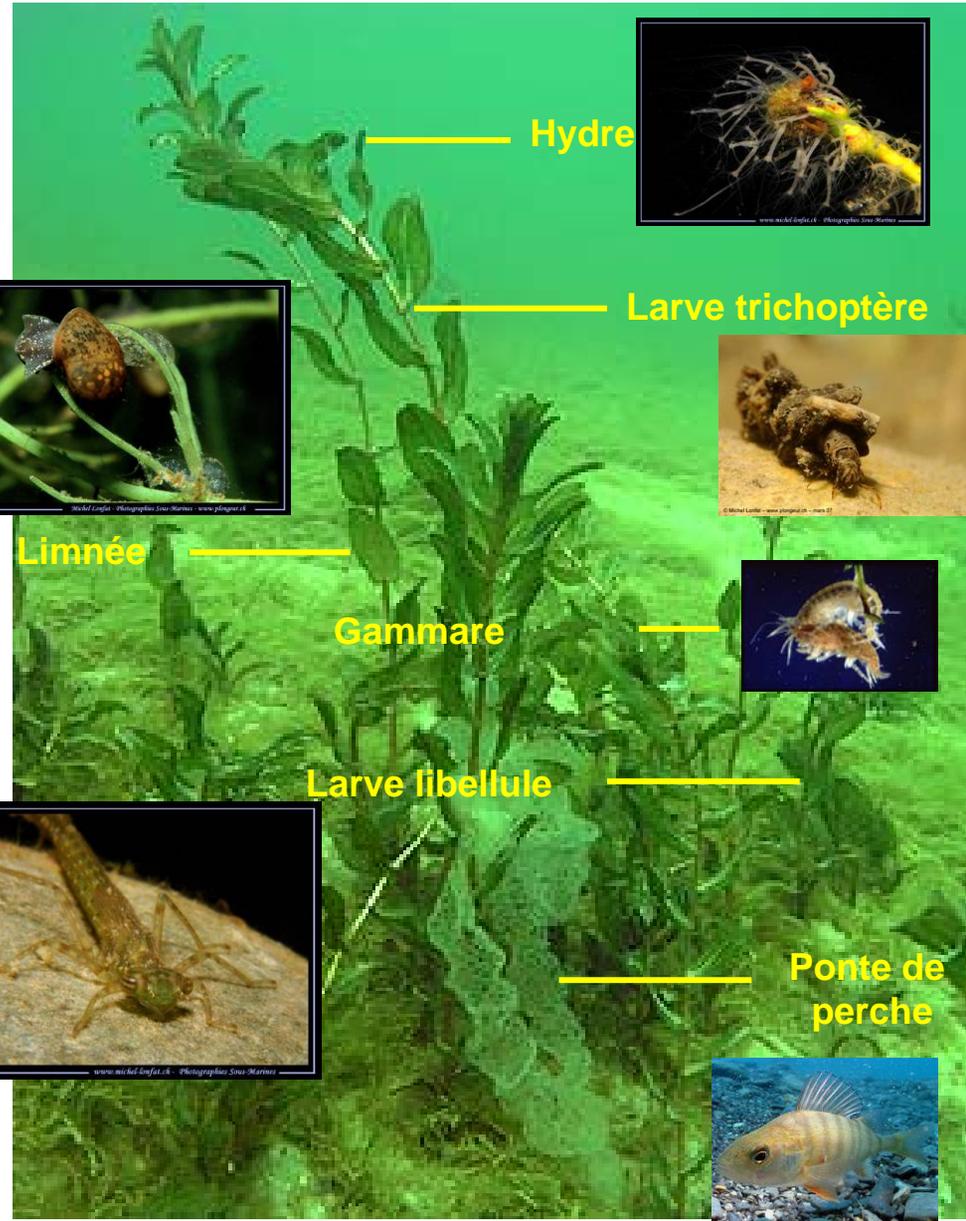
- Littoral
- Zone limnétique
- Zone profonde





Importance des herbiers

- Support
- Habitation, abri, refuge
- Source de nourriture
- Matériel de construction
- Lieu de ponte
- Lieu de nymphose
- Lieu d'affût
- Source d'oxygène
- Nurserie (poissons)





Poissons de nos lacs

Selon lacs et plans d'eau, espèces :

- Salmonidés (truite lacustre)
- Corégonidés (corégone = féra = palée)
- Cyprinidés (rotengle, gardon, tanche, carpe, chevaine, etc.)
- Percidés (perche)
- Esocidés (brochet)





■ Le Léman un lac bien surveillé

✓ **La CIPEL** Commission Internationale pour la protection des
eaux du Léman

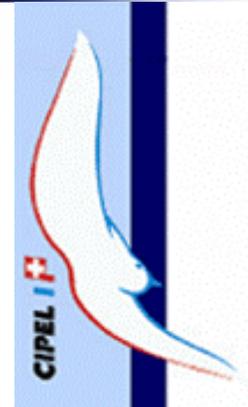
- Rôle d'observation et de surveillance du lac Léman
- Tableau de bord pour suivre le **plan d'action 2001-2010** « pour
que vive le Léman et ses rivières »
- Information au public

• Propose des recommandations aux gouvernements

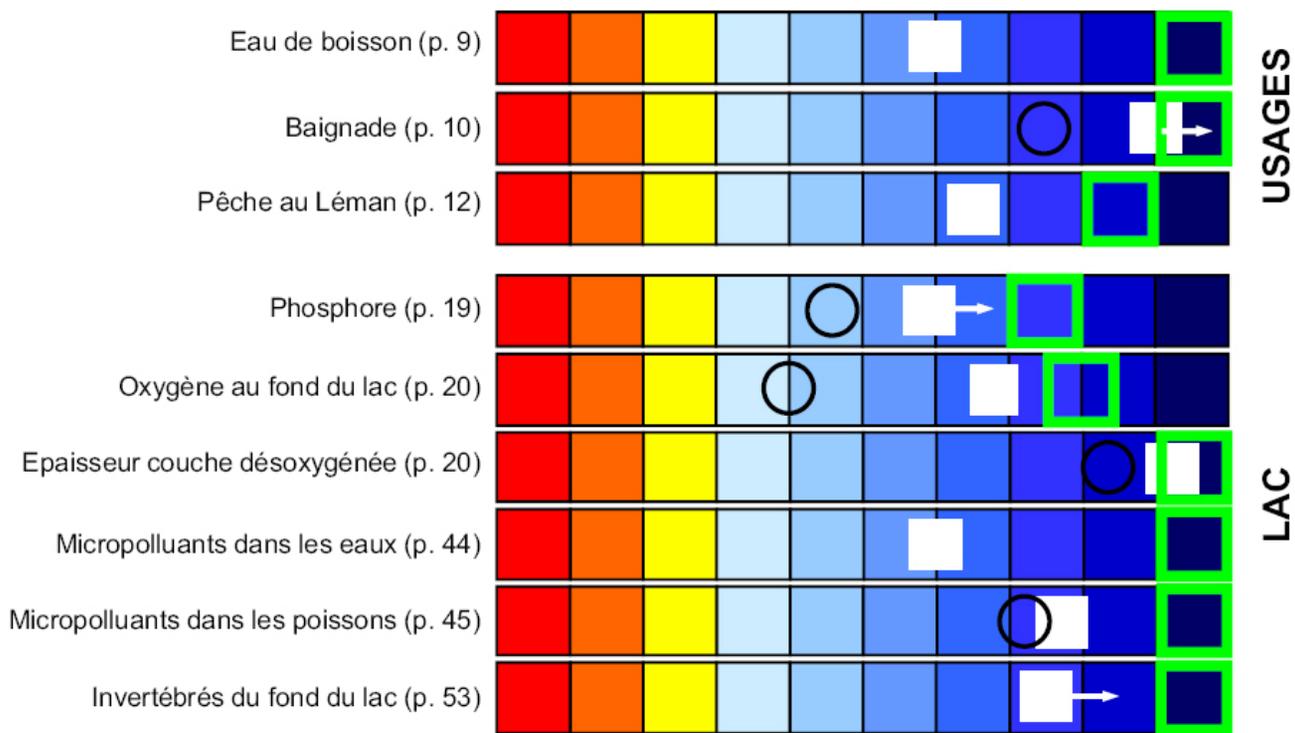
✓ Objectifs de la CIPEL = préserver la qualité des eaux

- Production d'eau potable de façon simple (substances)
- Pratique des loisirs, baignade (bactériologie)
- Poissons nobles = omble, corégone (oligotrophie)





Le tableau de bord de la CIPEL



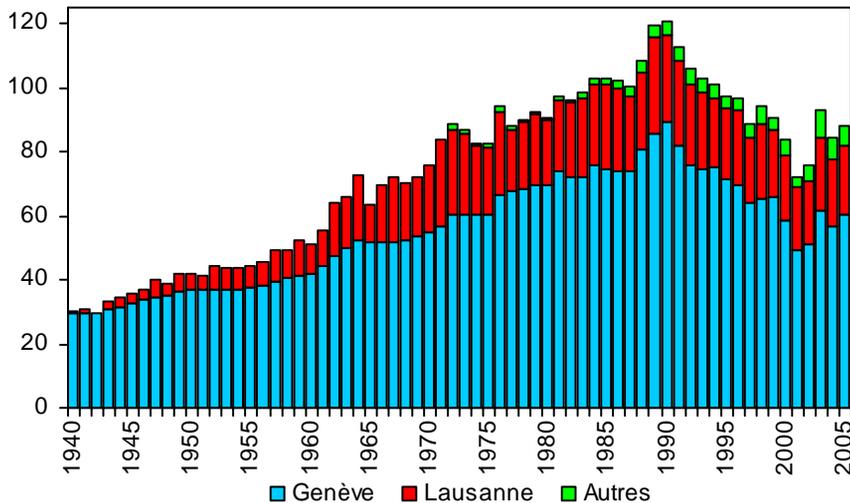


■ Le tableau de bord de la CIPEL usages

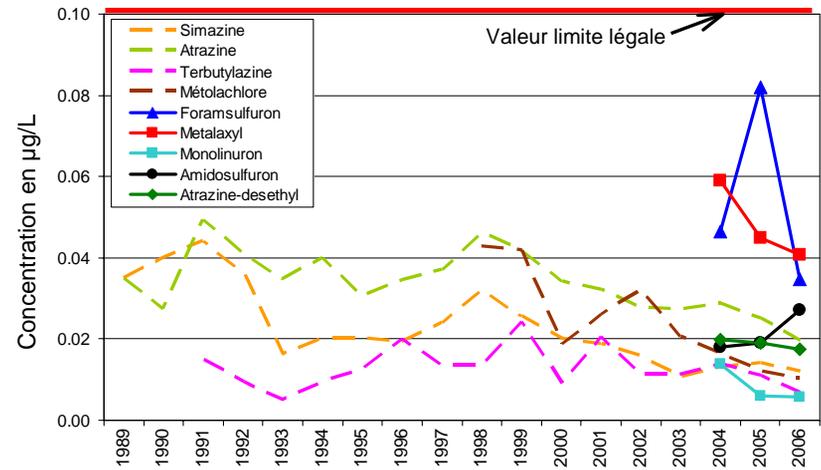
Eaux de boisson = baisse de la consommation depuis 1990

Présence de pesticides non désirés (agriculture et production de la chimie)

Prélèvements annuels d'eau au Léman pour la production d'eau potable (1940-2005)
millions m3/an



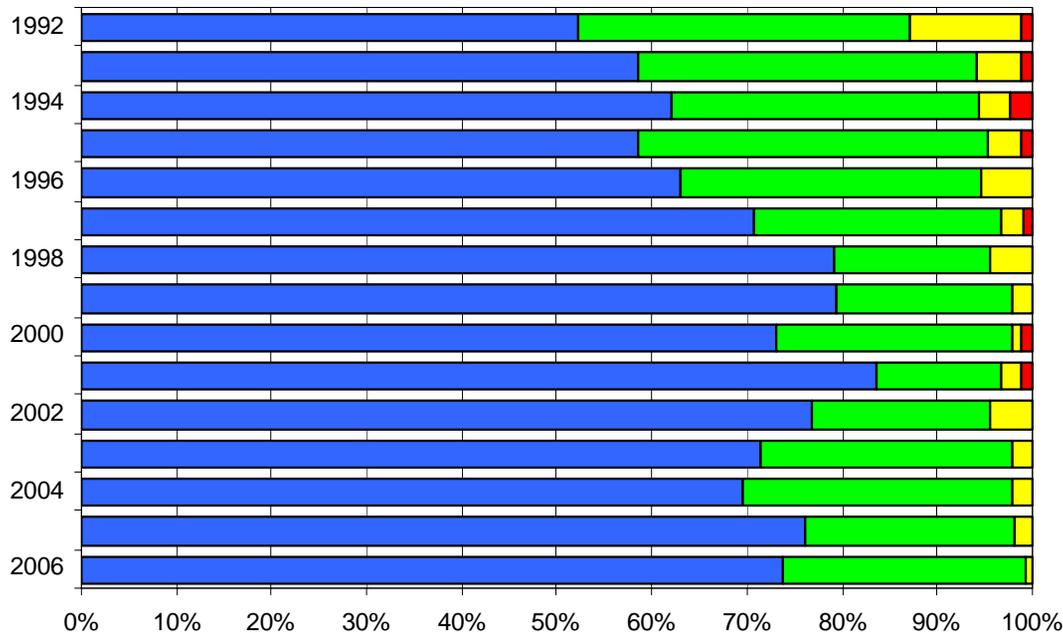
Concentration moyenne annuelle en pesticides au centre du lac





Le tableau de bord de la CIPEL - usages

Qualité bactériologique des plages, amélioration 1992-2006

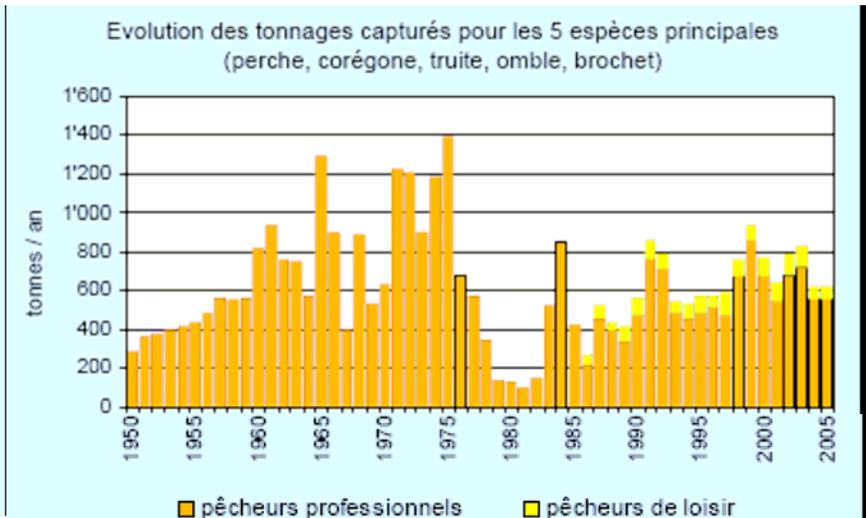
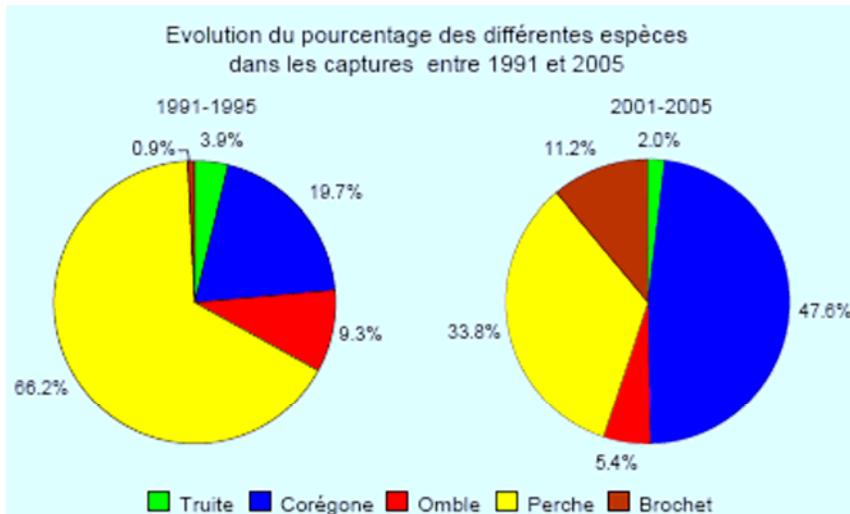


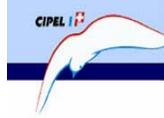
Symboles	Classes de qualité	Recommandations
A.	Eau de bonne qualité	
B.	Eau de qualité moyenne	
C.	Eau pouvant être momentanément polluée	Eviter de plonger, se doucher après le bain
D.	Eau de mauvaise qualité	Ne pas se baigner



■ Le tableau de bord de la CIPEL usages

Pêche = augmentation des captures en corégone (lac oligotrophe) au détriment de la perche et cyprinidés (lacs eutrophes)

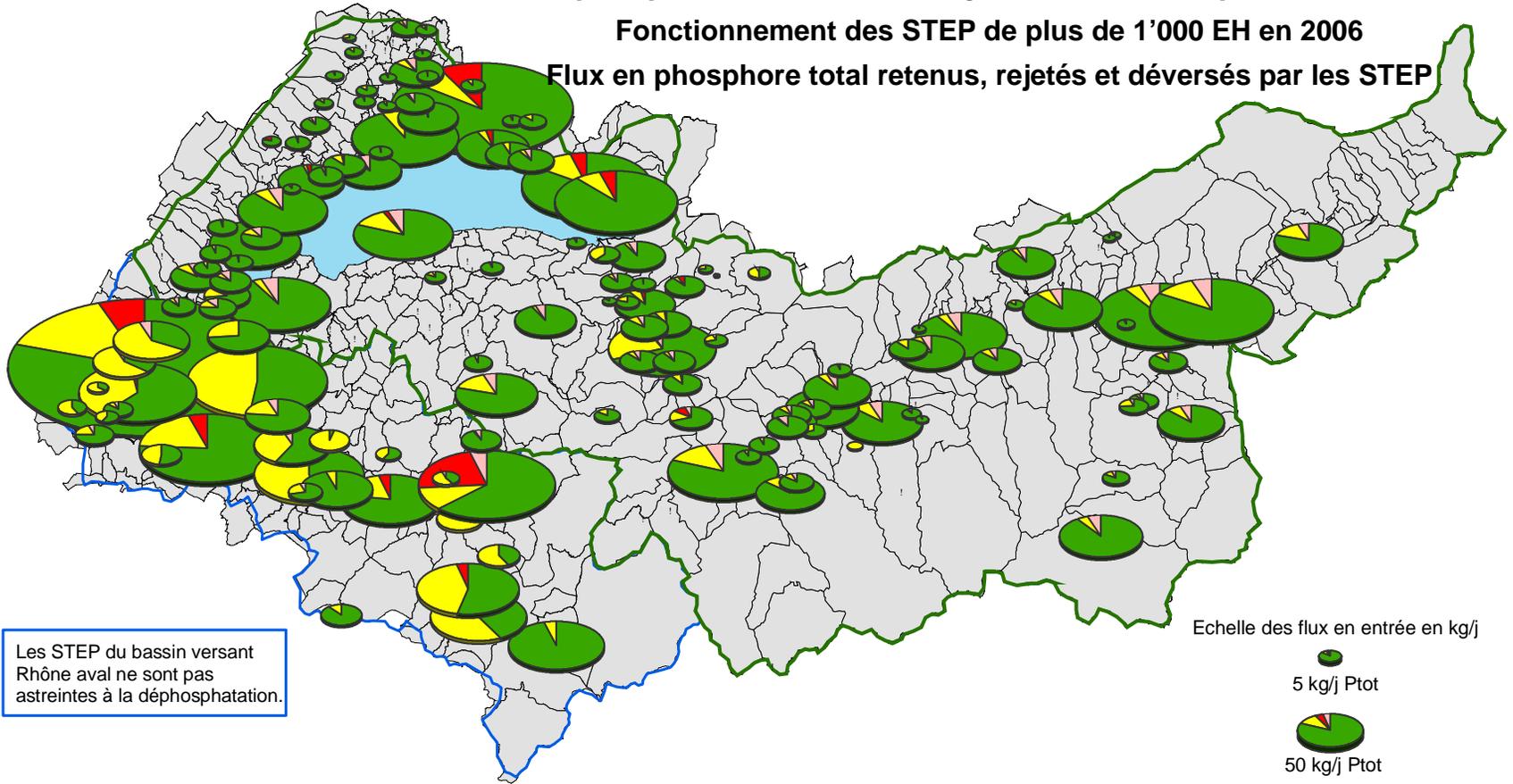




Le tableau de bord de la CIPEL - actions

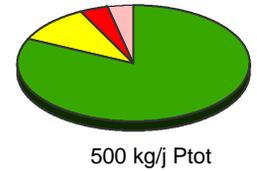
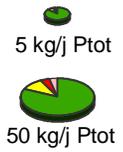
Fonctionnement des STEP de plus de 1'000 EH en 2006

Flux en phosphore total retenus, rejetés et déversés par les STEP



Les STEP du bassin versant Rhône aval ne sont pas astreintes à la déphosphatation.

Echelle des flux en entrée en kg/j



- Bassin versant du Léman
- Bassin versant Rhône aval
- Retenu
- Rejeté après traitement
- Déversé (pour les STEP qui mesurent les déversements)
- Déversé estimé (pour les STEP qui ne mesurent pas les déversements ou que partiellement)
- ⊕ Données non disponibles en entrée et/ou en sortie

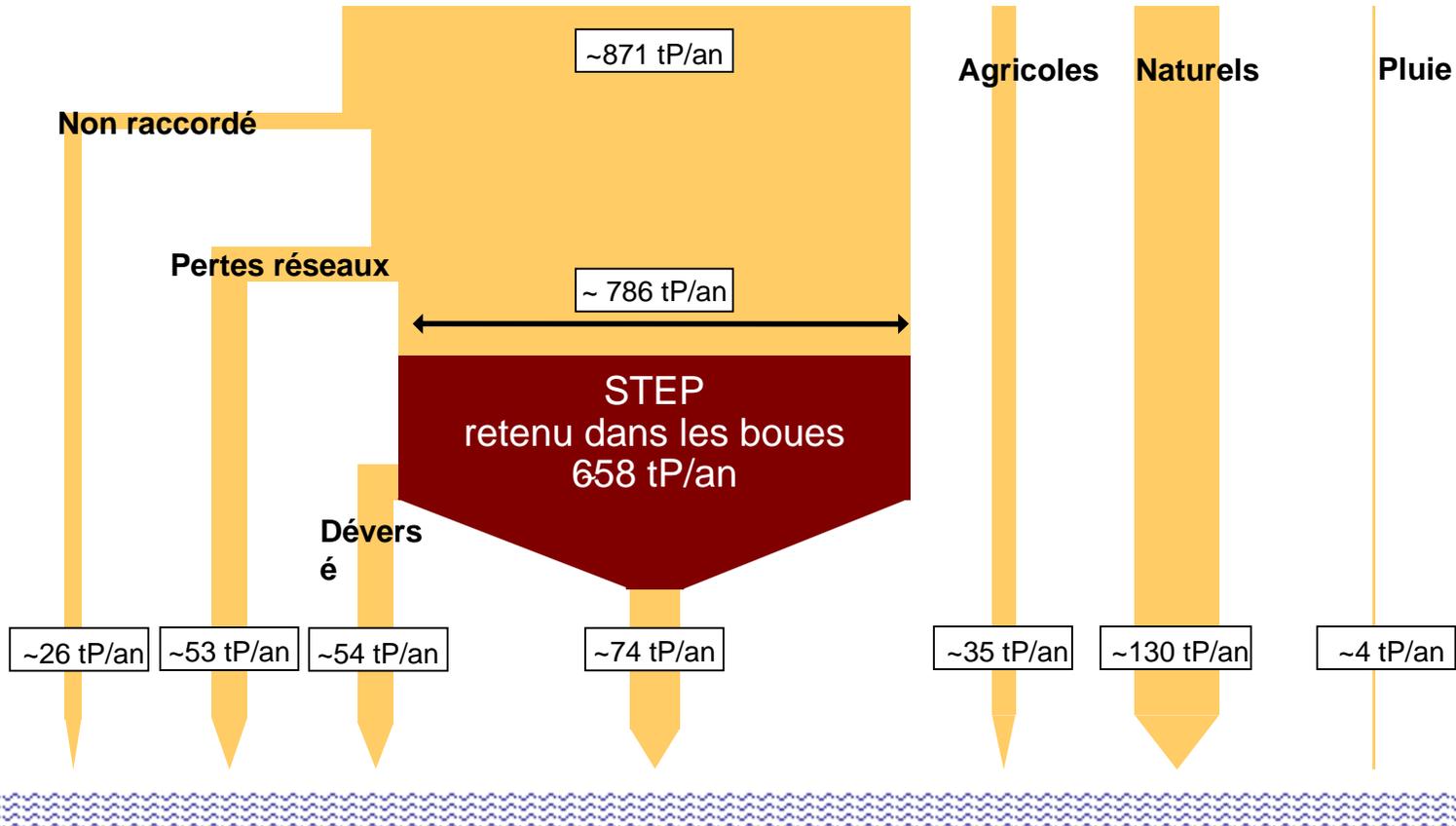
- 31 -



Le tableau de bord de la CIPEL - actions Bilan des apports en phosphore (biodisponible)

REJETS DOMESTIQUES / INDUSTRIELS

APPORTS DIFFUS



- 22 -

La largeur des flèches est proportionnelle aux flux (exprimés en tonnes de phosphore biodisponible par an). Les chiffres résultent d'une estimation faite par la CIPEL en 1997 pour les apports diffus et en 2004-2006 (moyenne sur 3 ans) pour les parties domestique et industrielle.

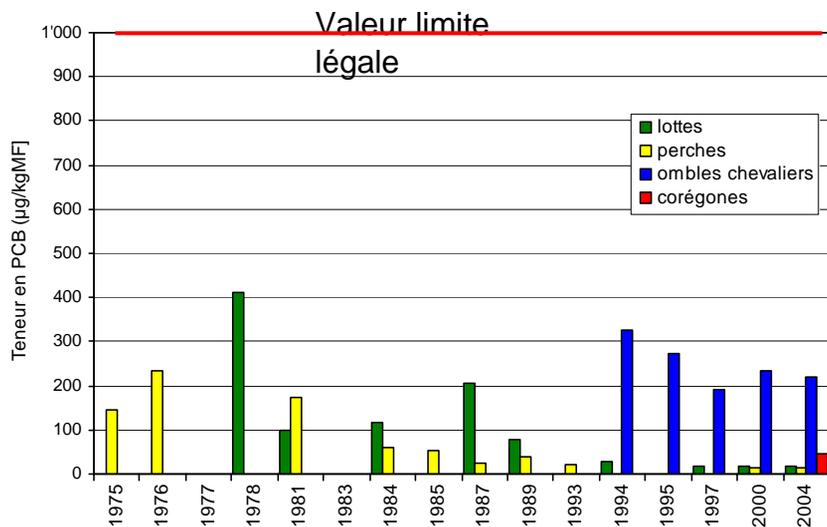
LE LEMAN EVOLUTION QUALITE DES EAUX



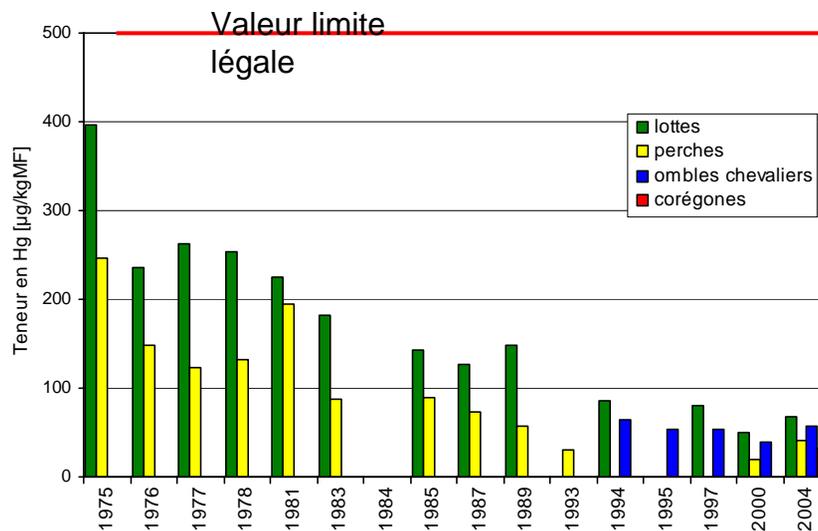
Le tableau de bord de la CIPEL actions

Micropolluants dans les poissons

Evolution des teneurs en PCB dans 4 espèces de poissons

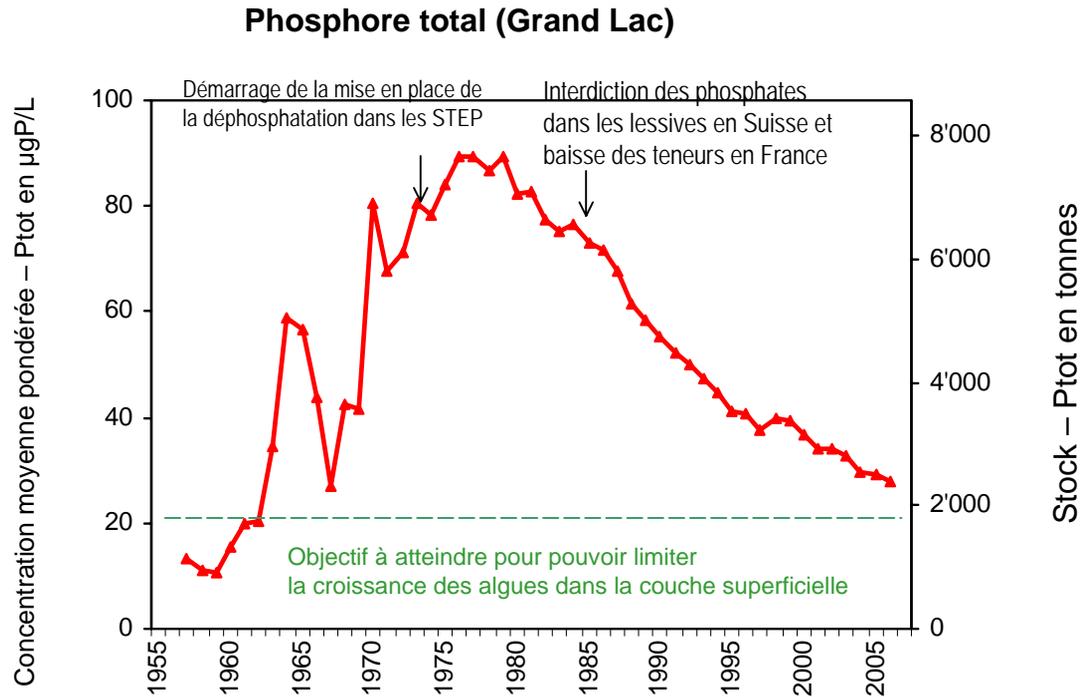


Evolution des teneurs en mercure dans 4 espèces de poissons





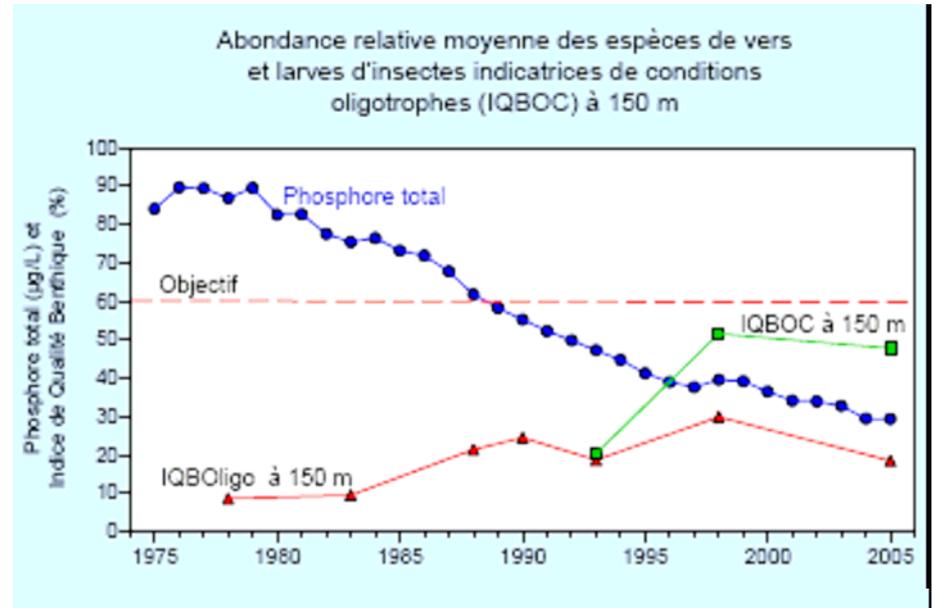
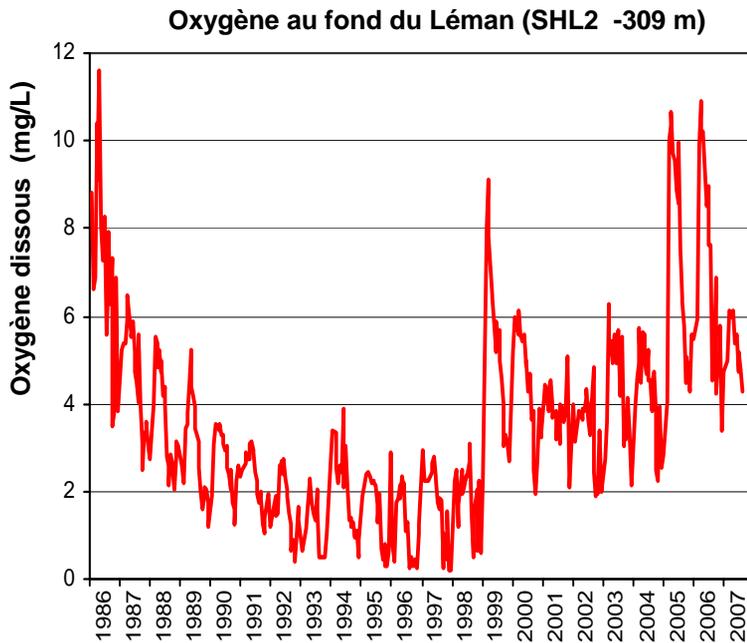
Le tableau de bord de la CIPEL santé du lac : Phosphore baisse constante





Le tableau de bord de la CIPEL

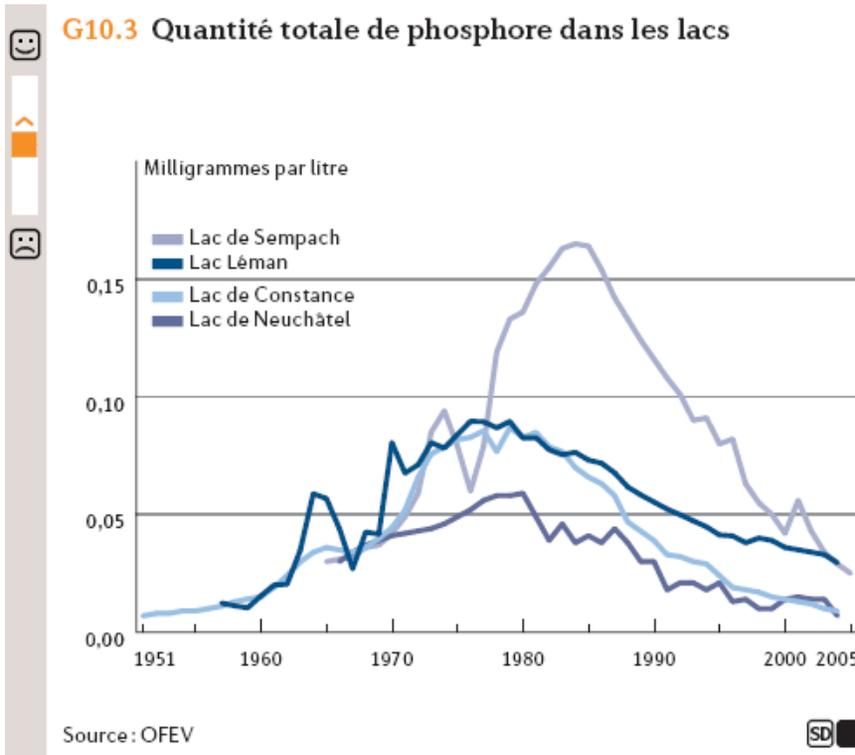
santé du lac : bonne oxygénation du fond du lac et amélioration de la qualité biologique des sédiments





■ Grands lacs Suisse

Baisse du phosphore dans tous les lacs et amélioration de la qualité des eaux





■ Conseils « l'Ecoplongeur » soucieux de son environnement aquatique

Respecter l'environnement dans lequel vous plongez :

- les écosystème sont des milieux complexes et fragiles
- Attention au herbiers, habitats diversifiés à protéger.
- Si vous regarder sous les caillou, les remettre dans le bon sens
- Ne jamais toucher les poissons, écrevisses, etc., les observer sans les déranger
- Ne pas introduire ou déplacer les espèces
- Respecter les autres usagers, pêcheurs notamment : ne pas les déranger, ne pas ouvrir ni toucher les nasses
- Laver vos combinaisons avant de plonger dans un autre milieu (maladies)



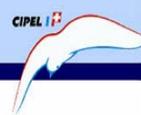


...pour en savoir plus

- Invertébrés d'eau douce - Faune de France – 2002. Découverte-Nature, Editions Artémis, 143 p. ISBN: 2-84416-068-9
- Les petits animaux des lacs et rivières : 500 espèces décrites et illustrées de L. H. Olsen, J. Sunesen et B.V. Pedersen - 2000. Delachaux et Niestlé, 230 p. ISBN: 2-603-01181-2

...liens utiles

- www.cipel.org
- www.dse.vd.ch/eaux/
- www.dse.vd.ch/forets/peche/index.html
- www.les3lacs.ch
- www.ge.ch/eau
- www.bafu.admin.ch/fischerei/index.html?lang=fr
- www.fischnetz.ch
- www.plongeur.ch
- www.roggo.ch
- <http://psteinmann.net>
- www.doris.ffesm.fr



**En vous remerciant pour
votre attention**