

Évaluation de la qualité benthique des lacs par l'analyse des ostracodes (Crustacea) : exemple du Léman

Laurent Decrouy
Torsten Vennemann
Jean-Luc Loizeau

*IDYST – FGSE – Université de Lausanne
Département F.-A. Forel – Université de Genève*

H₂Zoo – Ch. de la Grangette 49A – CH-1010 Lausanne – laurent.decrouy@outlook.com

Outils d'évaluation de la qualité benthique

~~littoral~~ vs profond

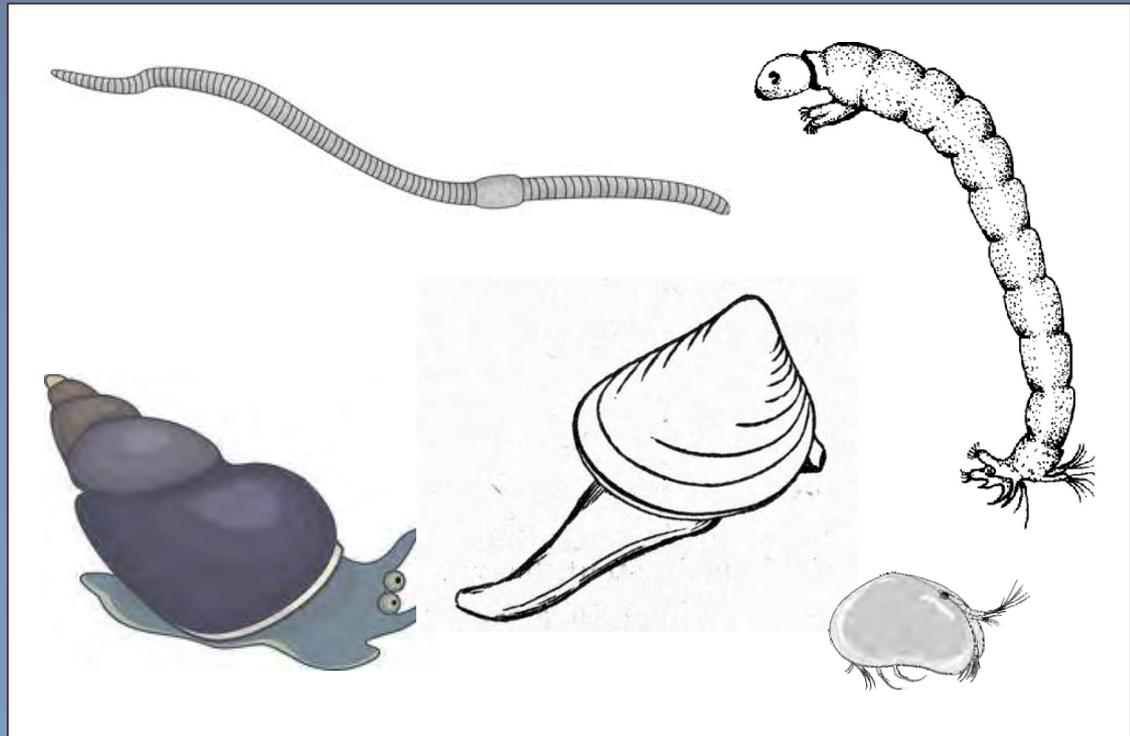
Sédiment

- Caractéristiques des sédiments (couleur, granulométrie, pénétration O₂, % MO, tests écotox, pollutions, etc..)

~~Faune~~

Faune

- Oligochètes
- Chironomides
- Mollusques
- Ostracodes ???



Ostracodes : présentation et faits divers

Classification

embr. Arthropoda

sous-embr. Crustacea

classe Ostracoda

sous-classe Myodocopa **marin**

ordre Myodocopida **marin**

ordre Halocyprida **marin**

sous-classe Podocopa

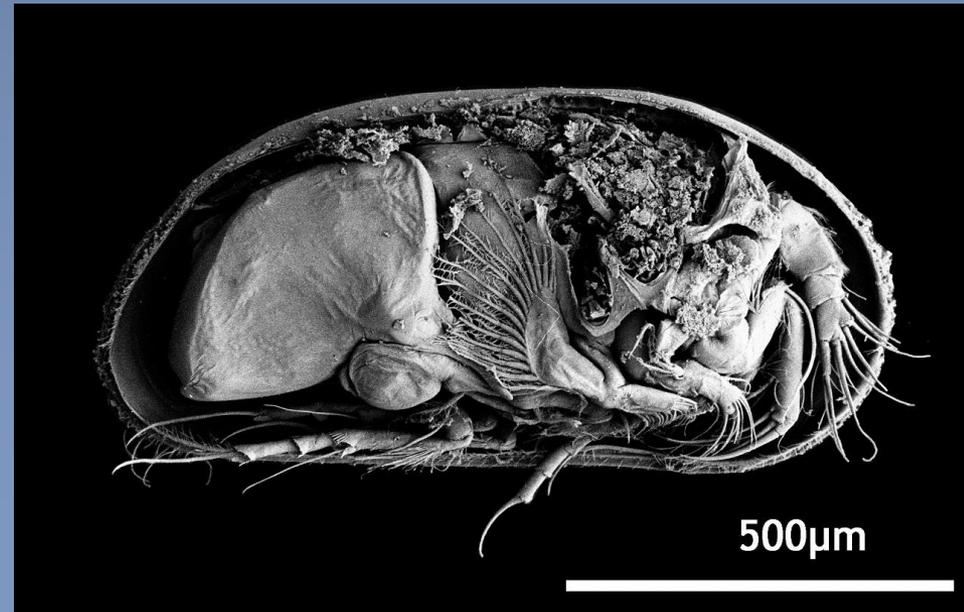
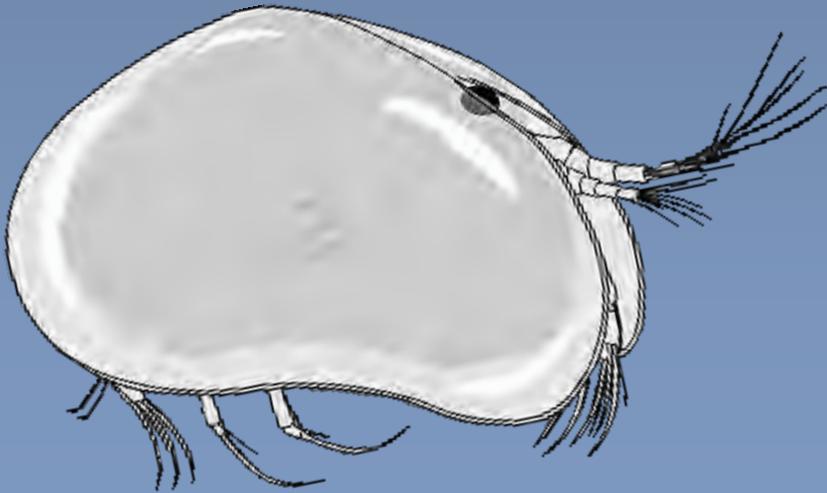
ordre Platycopida **marin & saumâtre**

ordre Palaeocopida **fossile**

ordre Podocopida **marin & eau douce**

Ostracodes : présentation et faits divers

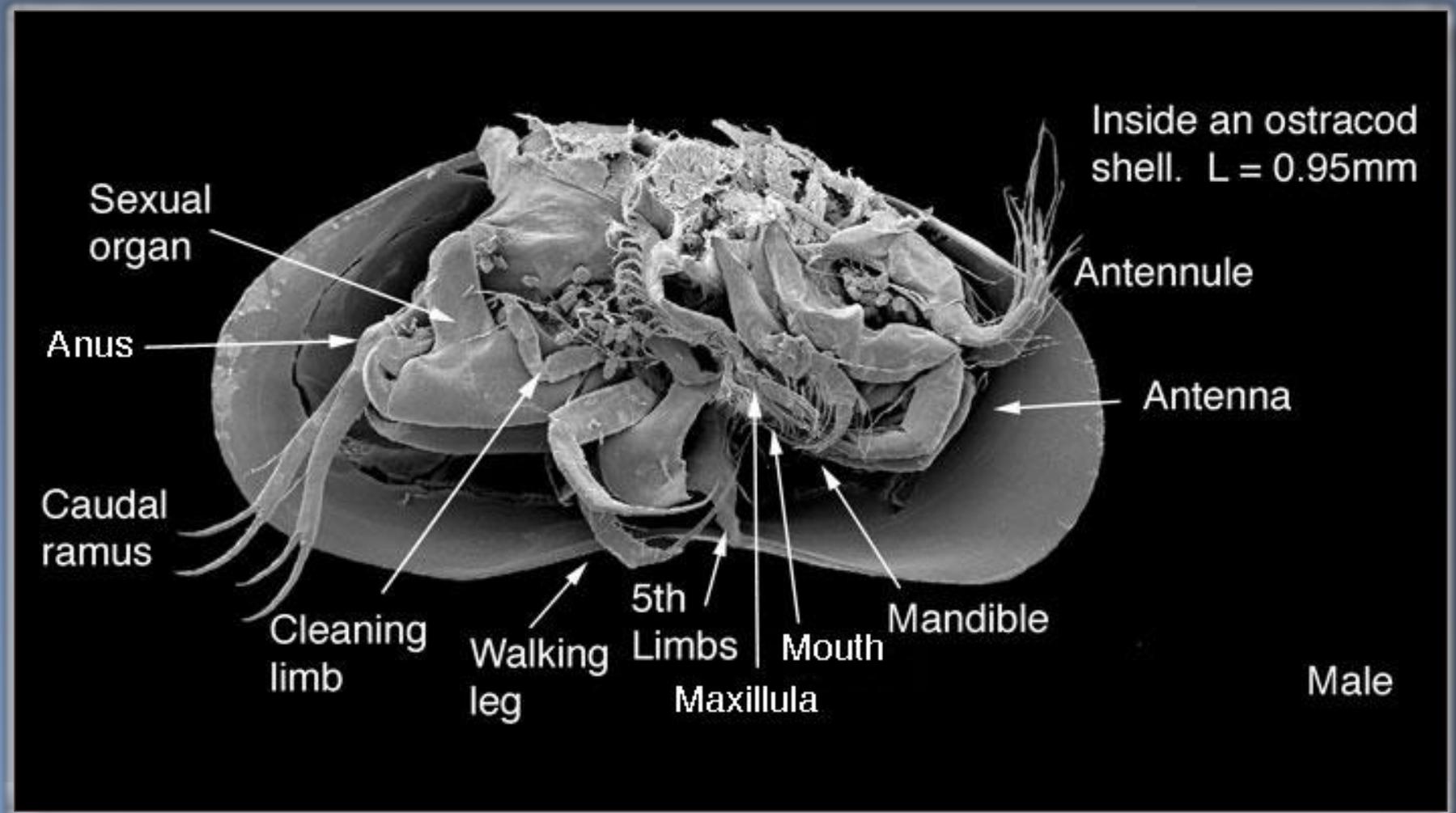
- Microcrustacés entourés d'une carapace bivalve calcique
- Taille : 0.2 à 3 mm (typiquement 1 mm, max 3 cm)
- Présents dans tous les types d'habitats aquatiques
- Benthiques en eau douce, aussi planctoniques en milieu marin
- Présents sur Terre depuis l'Ordovicien – 450 Ma
- Eaux douces : Monde : 2090 espèces et 209 genres (2011)
Europe centrale et de l'ouest : 158 espèces (2000)



Ostracodes : présentation et faits divers

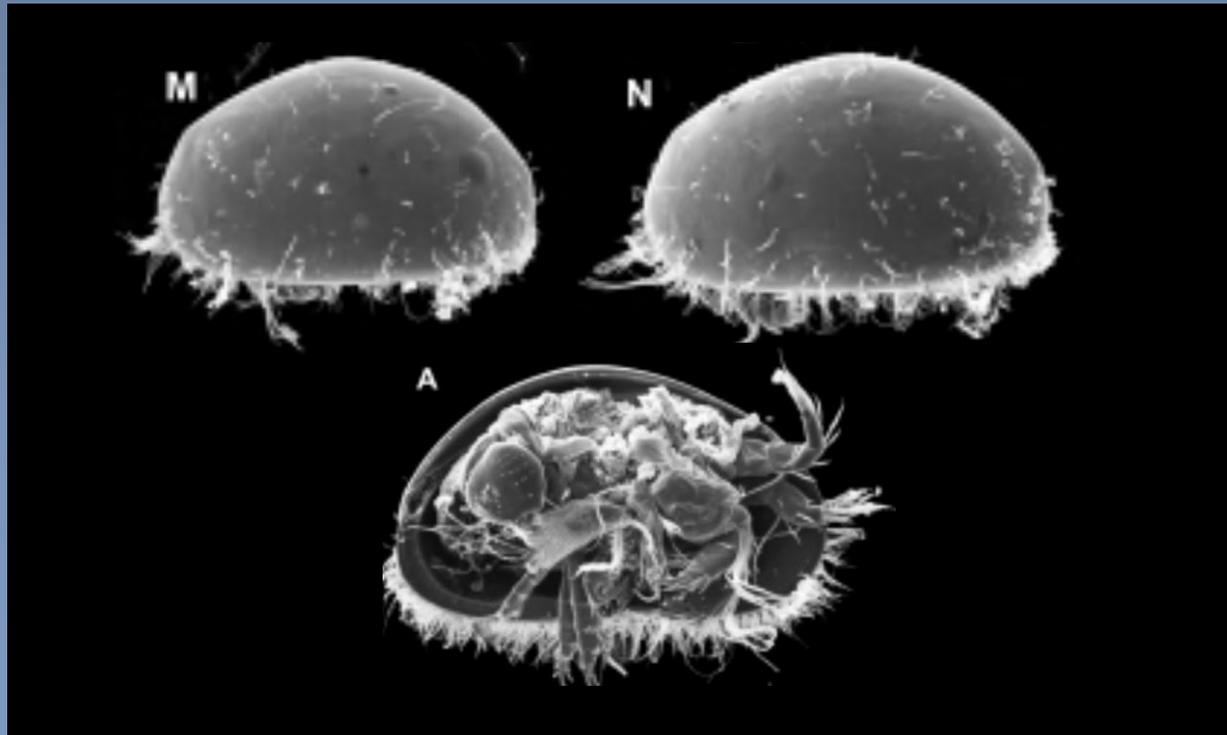


Ostracodes : présentation et faits divers



Ostracodes : présentation et faits divers

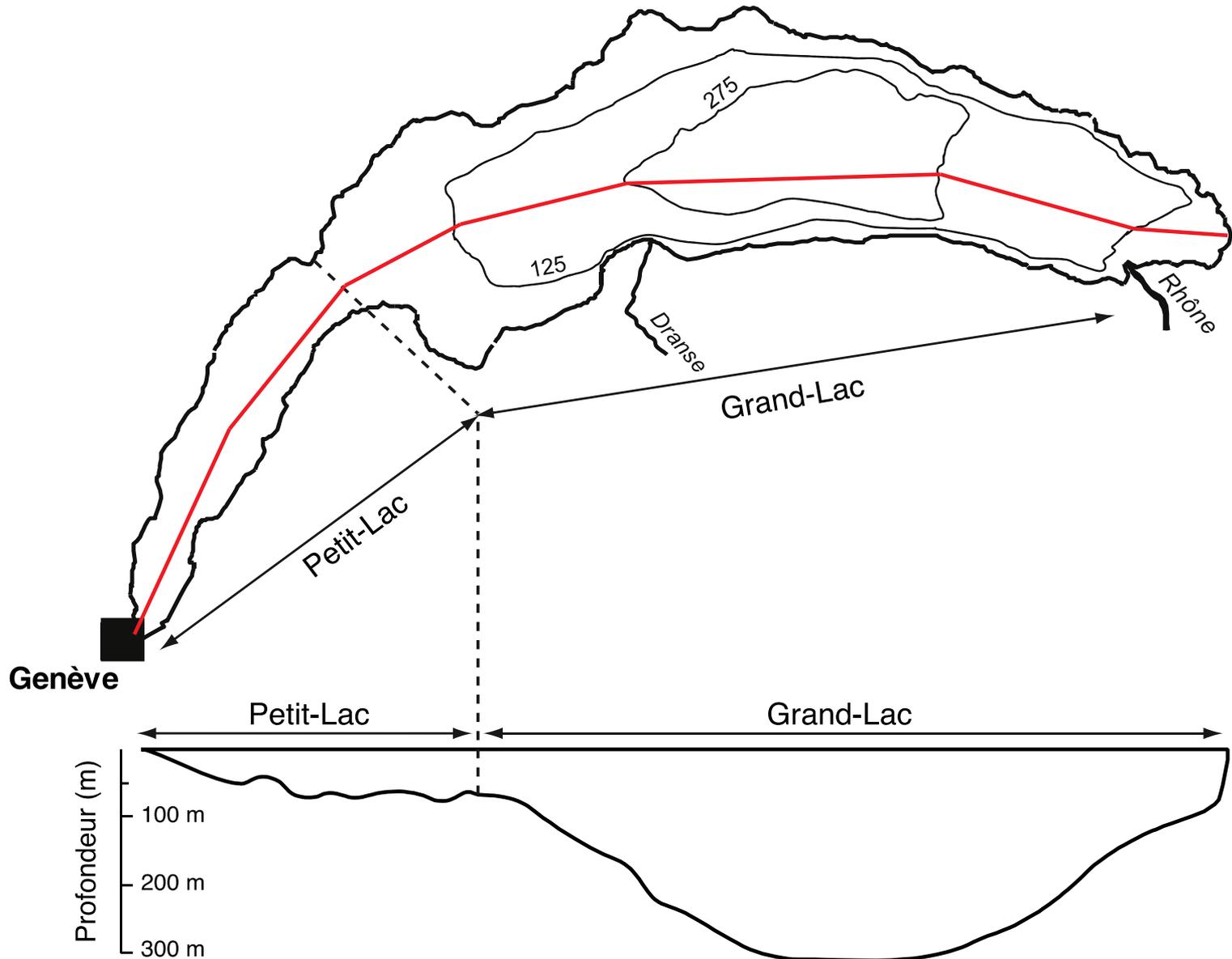
- Les ostracodes produisent les spermatozoïdes les plus volumineux du monde animal
- Certaines espèces marines produisent une lumière bleue intense (bioluminescence)
- Plus vieux pénis fossile préservé (425 Ma)
- Reproduction sexuée et/ou parthénogénétique
- Aussi terrestre
- Prédation groupée
- etc...



Le Léman

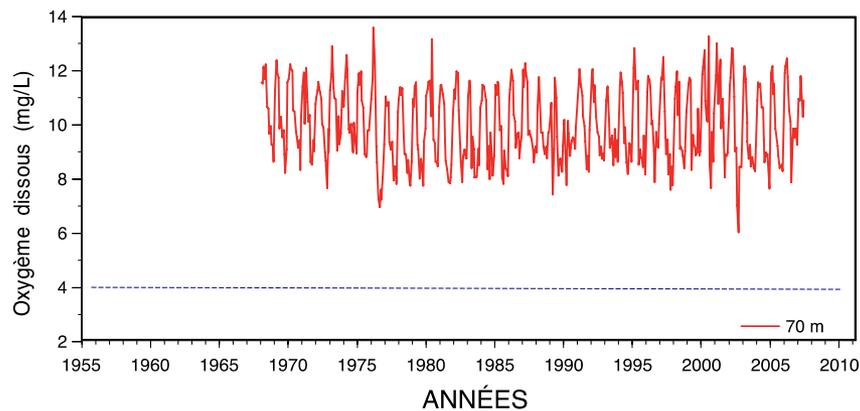
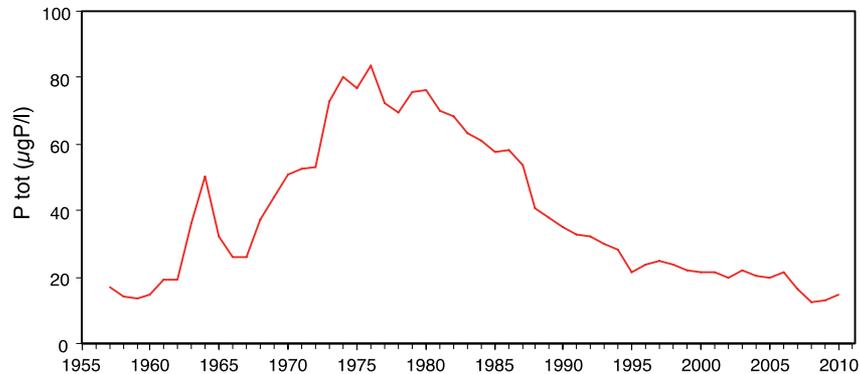
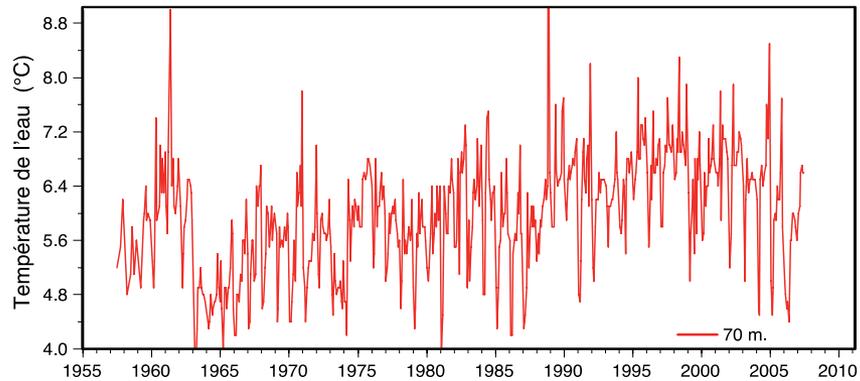


Le Léman : bathymétrie

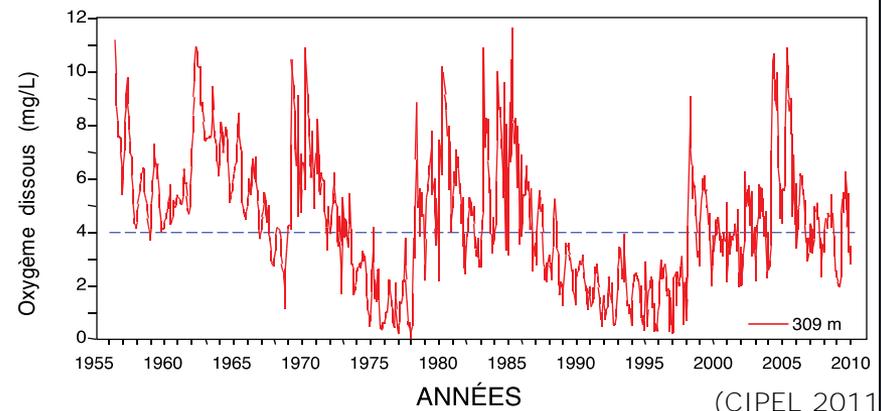
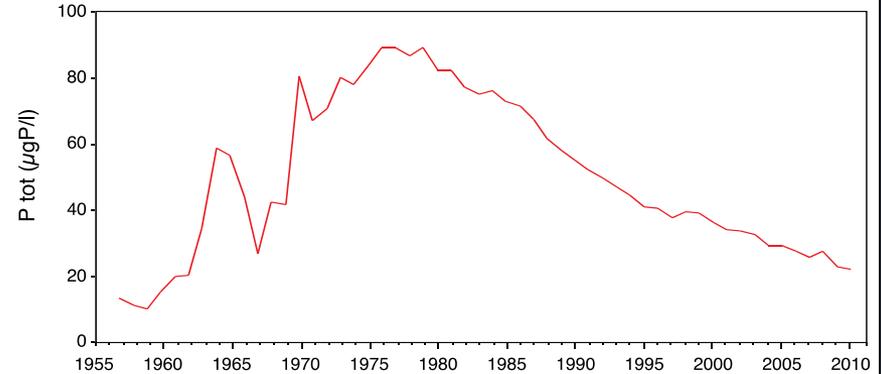
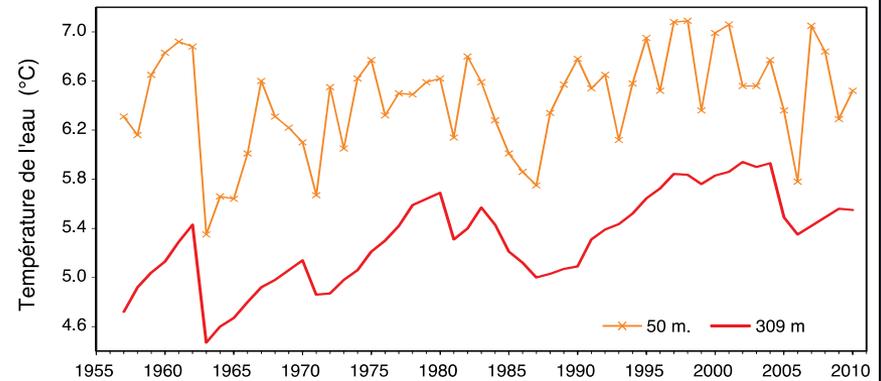


Le Léman : évolution depuis 1957

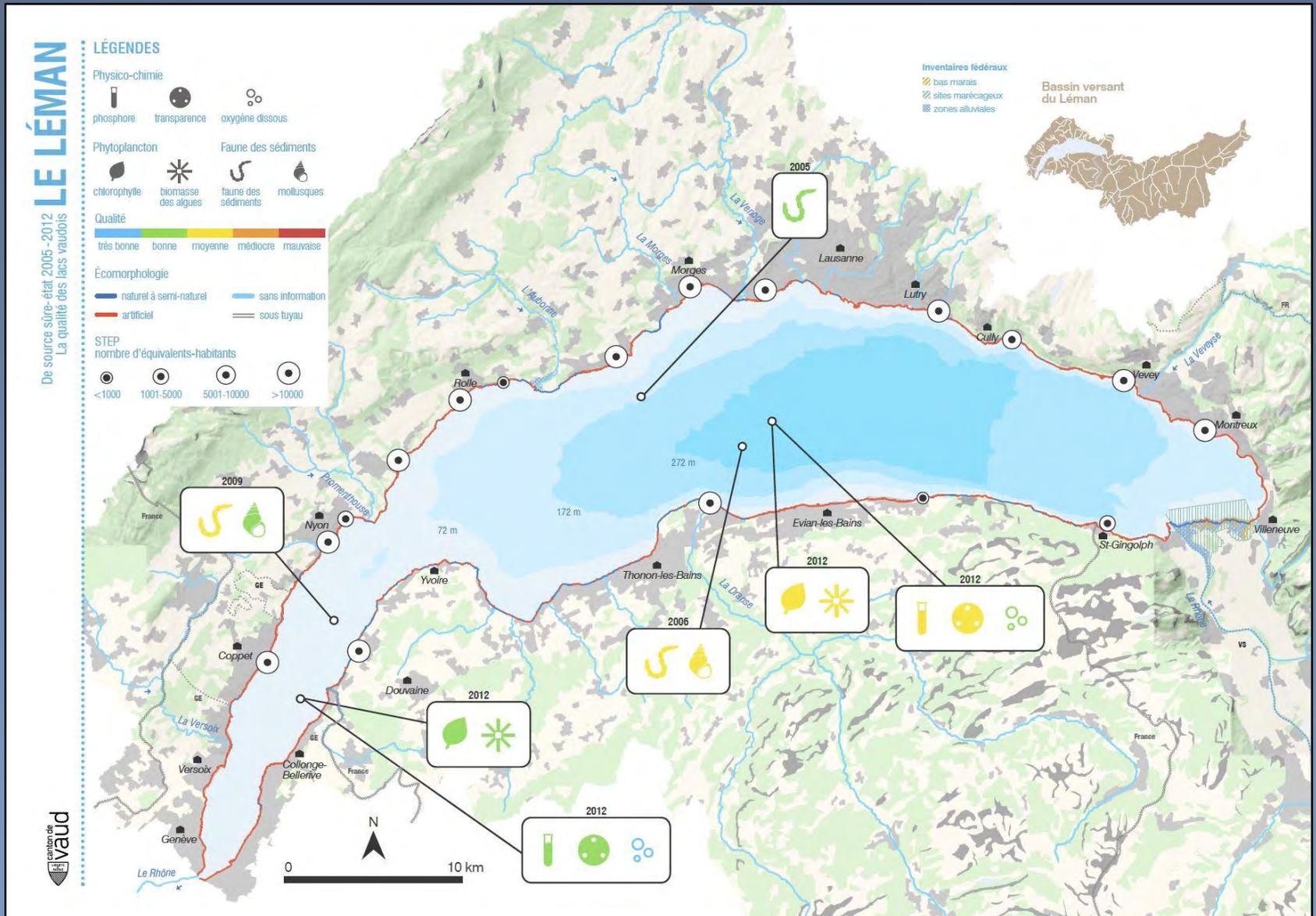
Petit-Lac



Grand-Lac

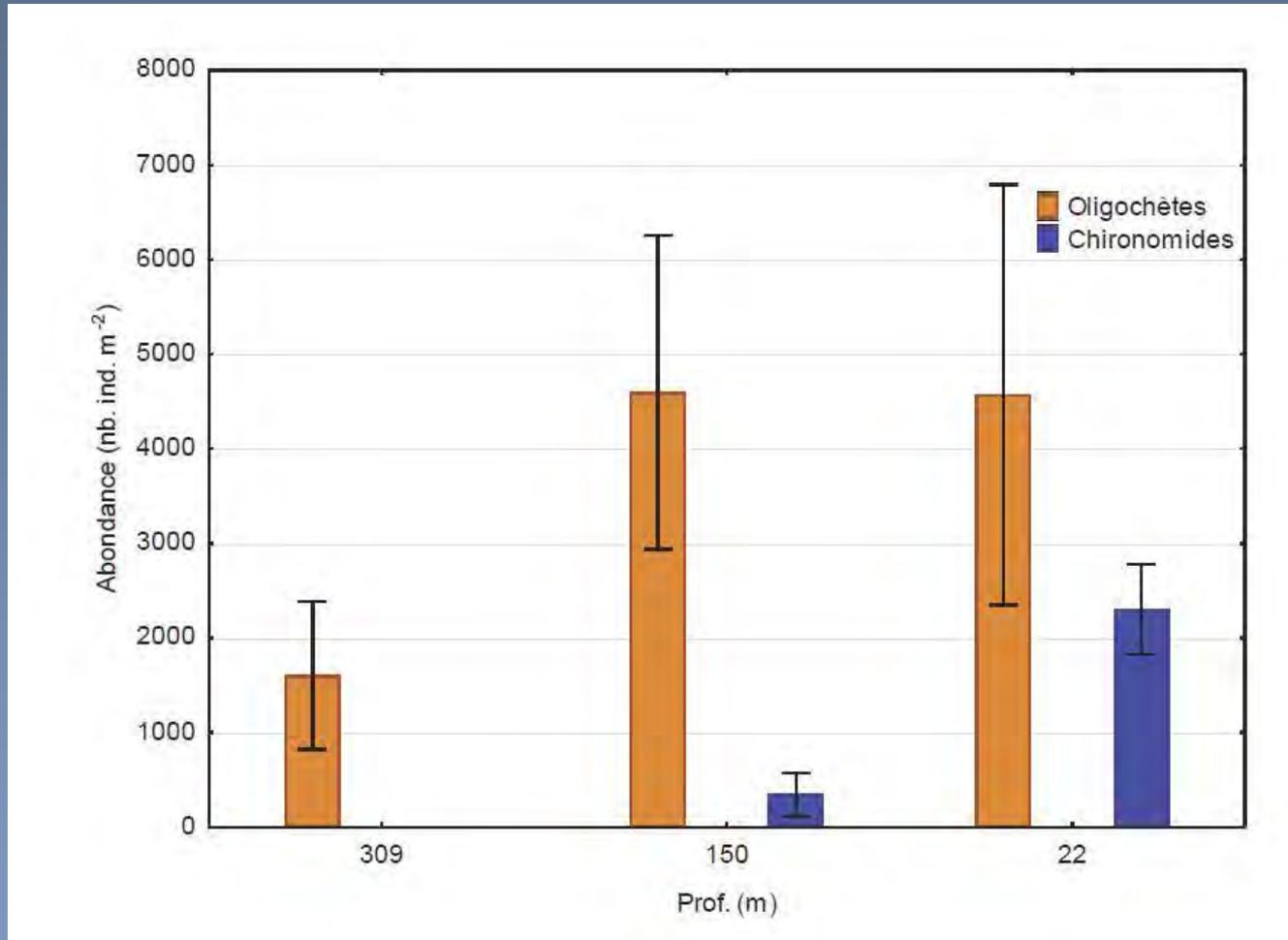


Le Léman : évaluation écologique



De source sûre – La qualité des lacs vaudois (État mai 2015)

Le Léman : évaluation écologique Oligochètes & Chironomides (2015)



Lods-Crozet & Chevalley (2016). Évolution du zoobenthos profond du Léman.
Rapport CIPEL 2016

Le Léman : évaluation écologique Oligochètes & Chironomides (2015)

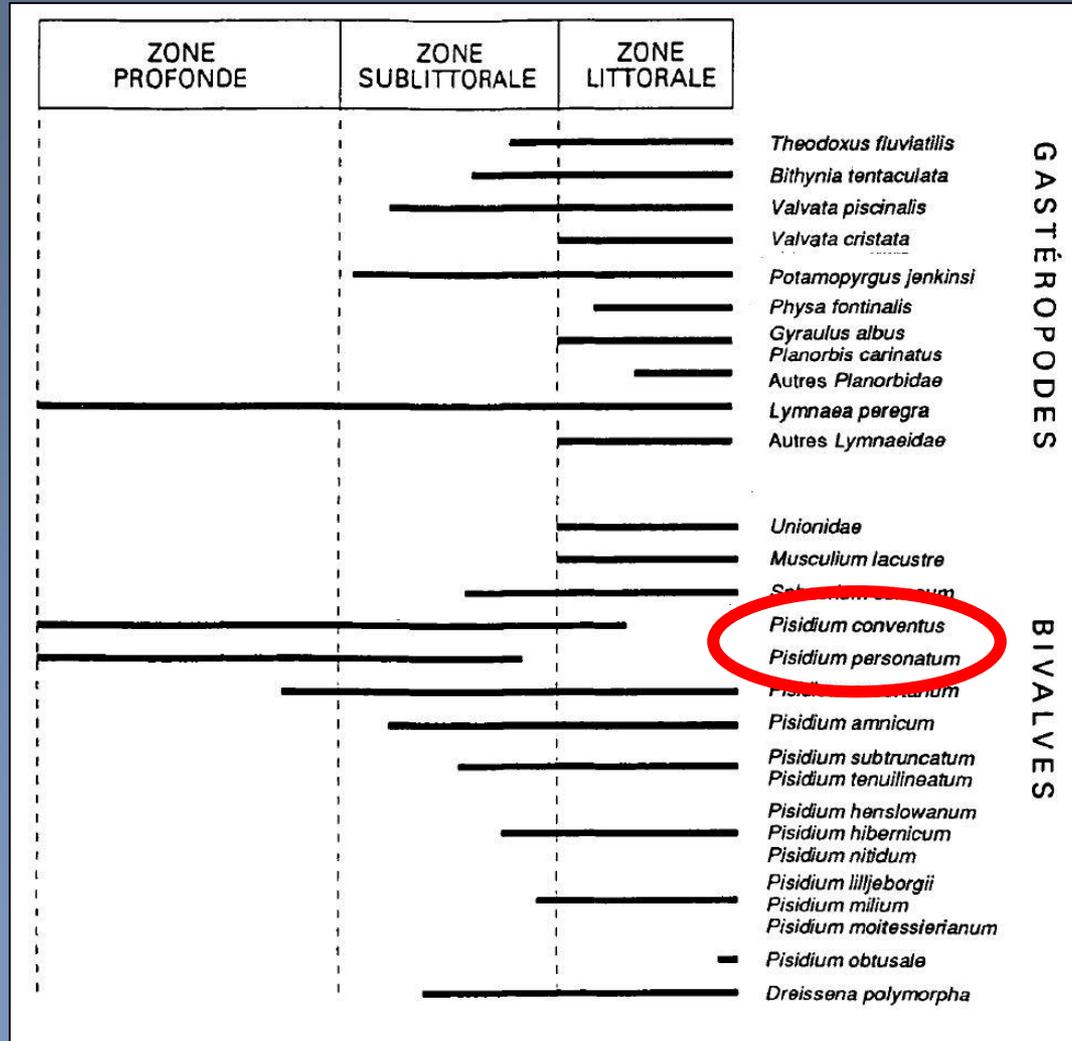
Données et résultats pour indices oligochètes

	309 m		150 m	
n° station	49	58	30	35
Densité totale pour 0.1 m ²	95.1	144.0	396.4	263.1
Nombre taxons	3	2	5.4	4.6
IOBL	8.9	8.5	13.2	11.8
% espèces sensibles	0	0	15.1	23.8

Résultats pour indice oligochètes et chironomides

Zone	Prof. (m)	Station	<i>n</i>	IQB-AL
Zmax	309	49	5	1 ± 0.0
Zmax	309	58	5	1 ± 0.0
Zmoy	150	30	5	2.2 ± 0.2
Zmoy	150	35	5	2.4 ± 0.2

Le Léman : évaluation écologique Mollusques (IMOL)



Mouthon (1993). Un indice biologique lacustre basé sur l'examen des peuplements de mollusques. Bull. Fr. Pêche Piscic. 331: 397-406

Le Léman : évaluation écologique

Constat:

En 2015, l'évaluation écologique de la zone abyssale s'est basée sur :

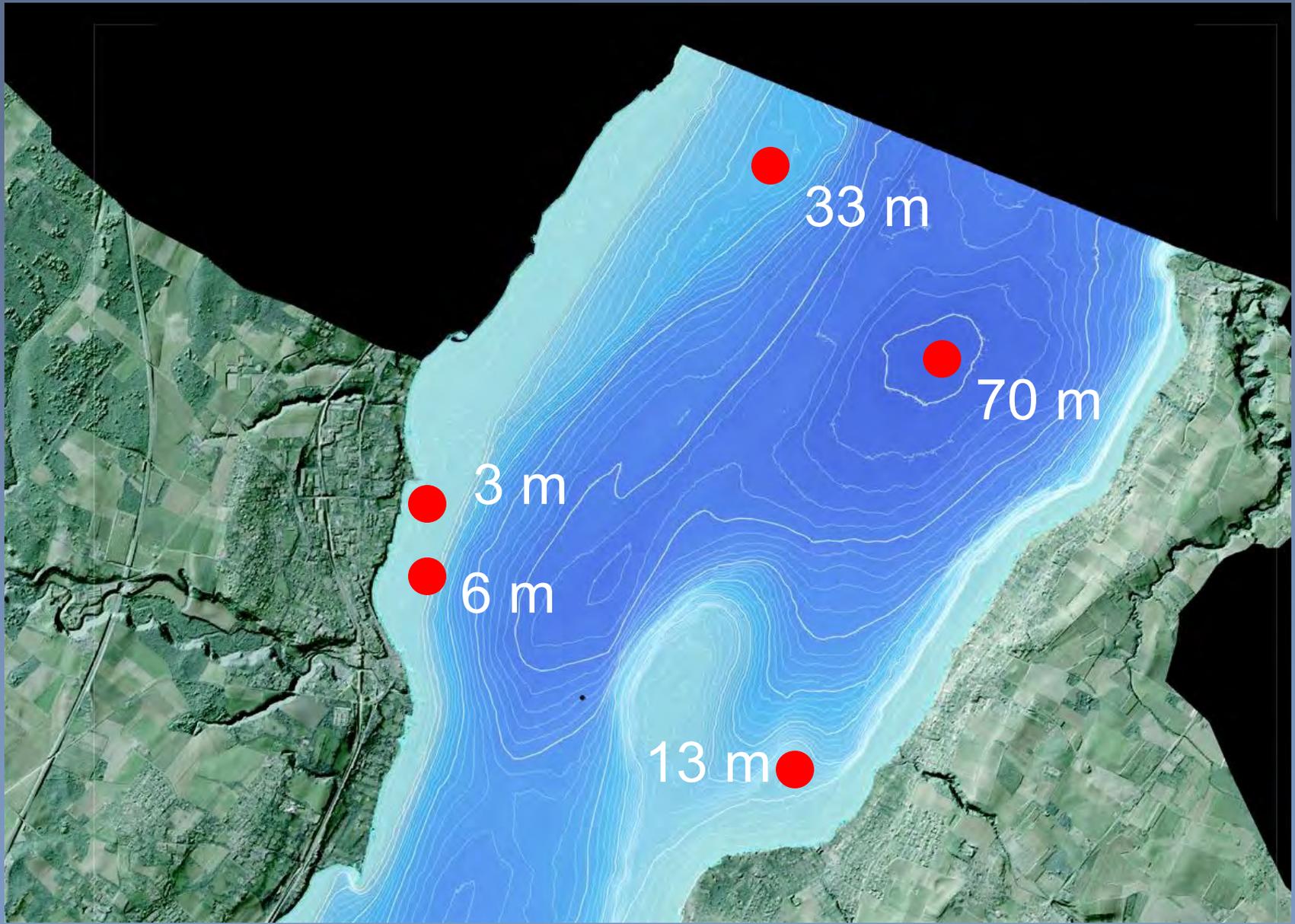
0 à 2 taxons de mollusques (*Pisidium* ssp.)

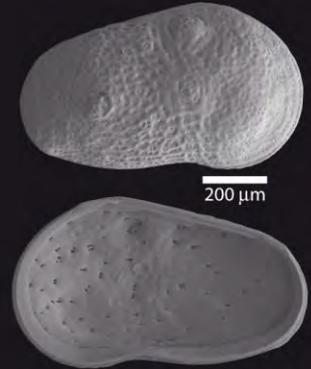
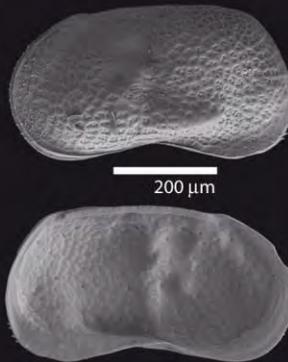
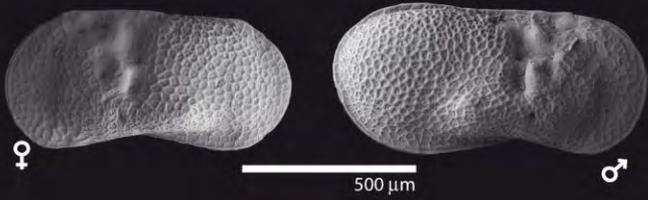
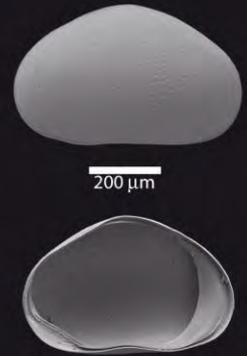
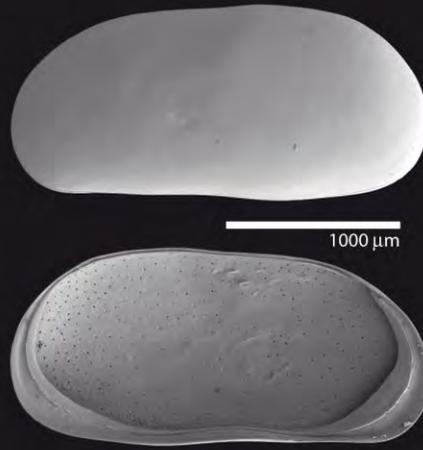
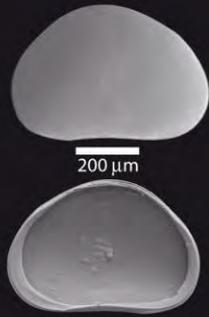
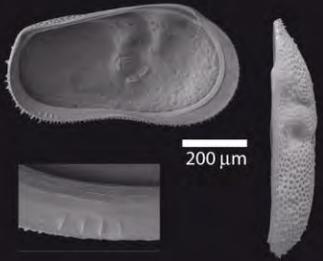
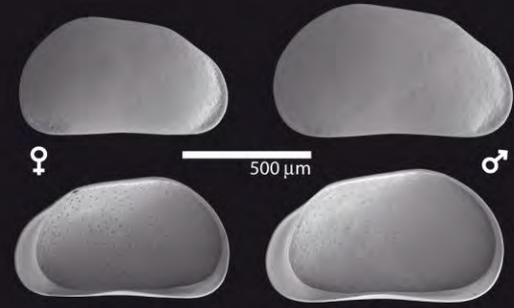
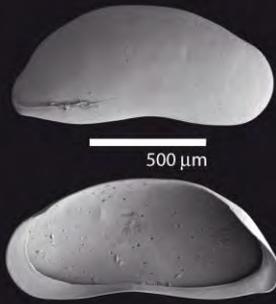
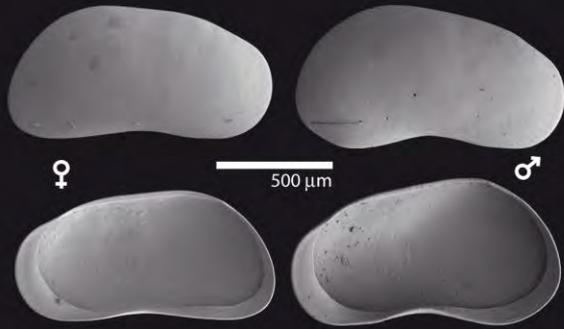
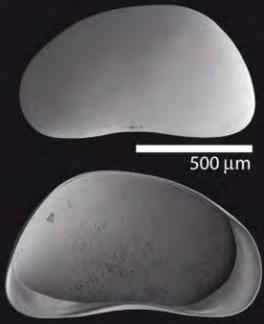
2 à 3 taxons d'oligochètes (0 % taxon sensible)

0 taxon de chironomides

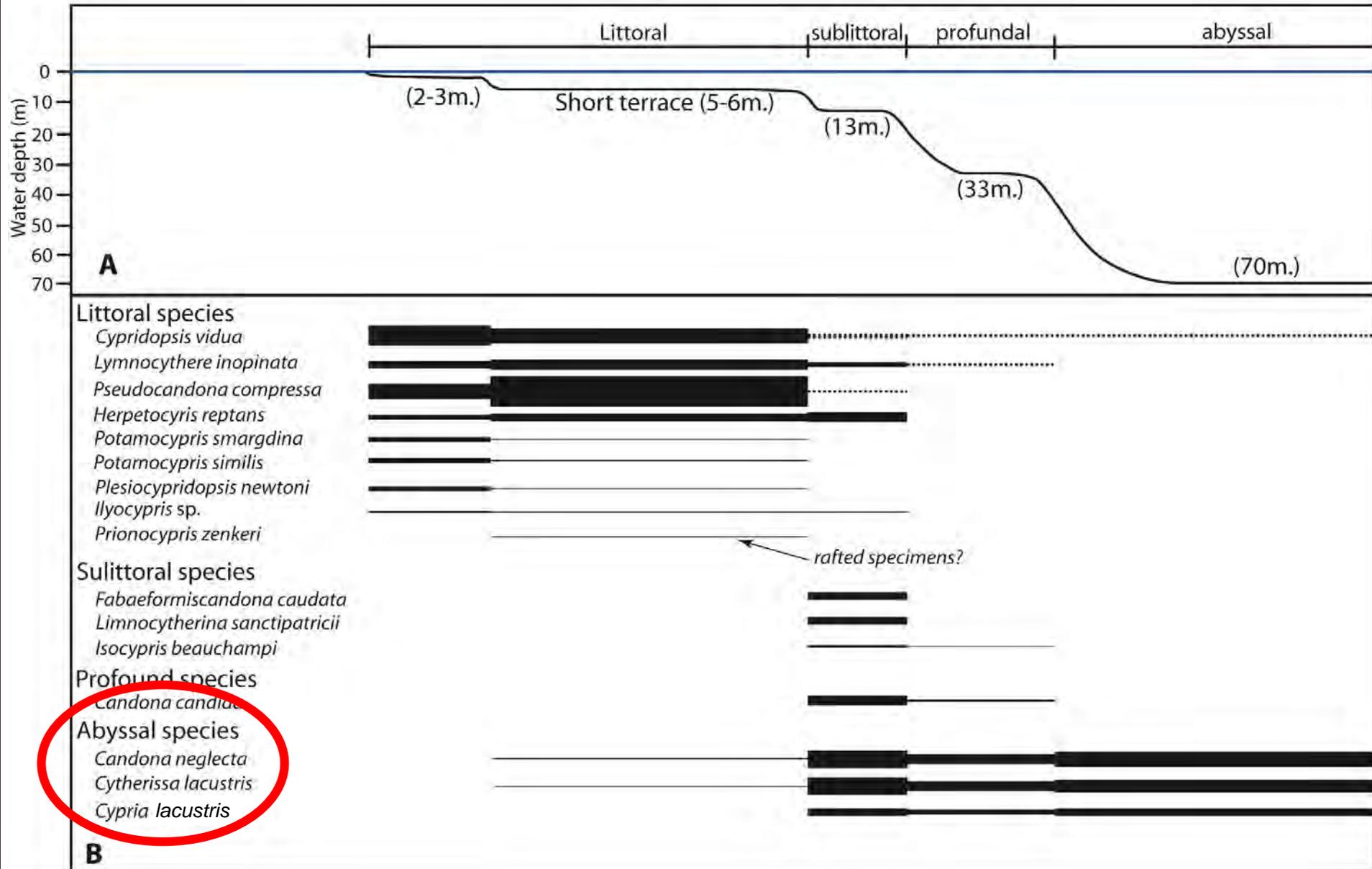
L'étude des ostracodes pourrait-elle apporter des informations complémentaires utiles ?

Ostracodes : sites échantillonnages 2006-2007





Le Léman : ostracodes actuels



Le Léman : ostracodes actuels

Zone profonde du Petit-Lac

3 espèces vivantes

Cypria lacustris espèce probablement peu sensible

Candona neglecta espèce modérément sensible

Cytherissa lacustris espèce sensible (proposée espèce cible pour $O_2 > 3-4$ mg/l)

= > présence d'ostracodes = oxygène dissous toute l'année

= > faible diversité taxonomique = ?

Le Léman : ostracodes actuels

Évaluation qualité benthique

Base légale : "Les communautés animales (...) doivent être d'aspect naturel (...) présenter une composition et une diversité d'espèces spécifiques à chaque type d'eau peu ou non polluée."

Ordonnance sur la protection des eaux (CH).

1) Par comparaison avec des sites de référence :

=> Indique un milieu relativement dégradé

Mais peu de données à disposition !

2) Par une approche paléo-écologique :

=> Données historiques

=> Utilisation des carapaces fossiles des sédiments

Ostracodes.

Ces petits Entomostracés à coquille bivalve ont été étudiés dans notre lac par le Dr H. Vernet de Duillier et par le Dr A. Kaufmann de Berne. Nous y connaissons les espèces suivantes :

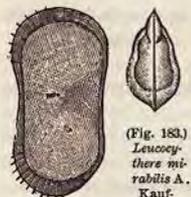
CYPRIDÉS. — *Cypris ovum* Jurine, région littorale. Je l'ai trouvé parfois dans la région pélagique; mais il ne peut y être qu'à l'état erratique, car il n'est pas un de ces grands nageurs tels que le sont tous les animaux établis définitivement en plein lac.

C. ornata. O.-F. Müller, faune littorale.

C. minuta Baird, faune profonde.

Candona lucens Baird.

C. similis Baird. Ces deux espèces que Vernet réunit en une seule, se trouvent aussi bien dans la région littorale que dans la région profonde. Ces *Candonas* marchent dans le fouillis des détritiques du fond de l'eau.



(Fig. 182.) *Leucocythere mirabilis* A. Kaufmann, vue de côté, d'après une figure de Kaufmann. Gr. 40/1.

(Fig. 183.) *Leucocythere mirabilis* A. Kaufmann, vue antérieure, d'après un dessin de Kaufmann. Gr. 40/1.

CYTHÉRIDÉS. — *Limnocythere relicta* Lilj. (*Acanthopus elongatus* H. Vernet, Matériaux 1^{re} série XIV. 4^e série § XXI.)

Cytheridea lacustris G.-O. Sars. (*Acanthopus resistans* H. Vernet. Matériaux *ibid.*)

Leucocythere mirabilis A. Kaufmann. Zool. Anz., n° 404. 1892.

Ces trois petits Cythéridés ont été reconnus par H. Vernet dans le produit de mes pêches de la région profonde entre 30 et 100^m. Il en a déterminé le facies marin et les a décrits comme formant un nouveau genre *Acanthopus*. Brady et Norman⁽¹⁾; puis Vavra⁽²⁾ et R. Moniez⁽³⁾ ont défini la position systématique de ces Os-

(1) Monograph of marine and fresh water ostracoda. Sc. trans. of the r. Dublin Soc., ser. 2, vol. II. — The recent British Ostracoda. Trans. Linnean Soc., London, XXVI, 353. 1868.

(2) Ueber das Vorkommen einer Süswwasser Cytheride in Böhmen. Zool. Anz., n° 357. 1891.

(3) Sur l'identité des genres *Acanthopus* (Vernet) et *Limnocythere* (Brady). Rev. biolog. du Nord de la France. I. 1889.

tracodes. A. Kaufmann⁽¹⁾ a repris la question et après avoir confirmé les opinions de ses prédécesseurs y a ajouté la découverte d'un troisième Cythéridé dont il a fait le genre *Leucocythere*. Il en a donné une description complète dans ses *Cythéridés suisses*⁽²⁾. Voici les caractères du genre : « La coquille est semblable à celle du *Limnocythere* avec des champs mal dessinés, différente dans les deux sexes, absolument blanche à l'état sec. Membres robustes. La soie de l'extrémité distale du 2^e article de la 1^{re} antenne est aussi longue que les trois derniers articles ensemble. L'appendice branchial du palpe mandibulaire est bien développé; il porte 7 soies dont 5 longues et 2 courtes. La plaque mandibulaire porte une soie à son bord supérieur. Les jambes sont fortes. Les soies sont ou dentées ou plumeuses. A la face ventrale du tronc, on voit une soie plumeuse. La 3^e paire de pattes chez le mâle est munie de longues soies transparentes ». Nous donnons ci-contre le dessin de la coquille du mâle de la *Leucocythere mirabilis*. (Fig. 182 et 183.)

Ces Cythéridés sont abondants à la surface de la vase de la région profonde où ils vont butiner en fourrageant dans les débris organiques.

MOLLUSQUES

Les Mollusques du lac Léman, collectés et étudiés jadis par J. de Charpentier⁽³⁾, ont été décrits par le Dr A. Brot, de Genève, qui a publié en 1867 son « Etude sur les coquilles de la famille des *Nayades* »⁽⁴⁾. Le même auteur a déterminé toutes les coquilles que j'ai récoltées dans mes pêches lacustres⁽⁵⁾. M. S. Clessin, alors à Regensburg, a repris cette étude⁽⁶⁾ sur le matériel que nous lui avons envoyé, Brot et moi.

(1) Ueber die Gattung *Acanthopus* Vernet und eine neue Süswwasser Cytheride. Zool. Anz. n° 404. 1892.

(2) Die Schweizerischen Cytheriden. Revue suisse de Zoologie, VI, 113. Genève 1891.

(3) Catalogue des Mollusques terrestres et fluviatiles de la Suisse. Faune helvétique. Mém. Soc. helv. sc. nat.

(4) Assoc. zoolog. du Léman. Genève 1867. On y trouvera toute la bibliographie malacologique antérieure.

(5) Matériaux, *loc. cit.* [p. 25] 1^{re} sér., § XV.

(6) Matériaux, *loc. cit.* [p. 25] 1^{re} sér., § XX, 3^e sér., § XXXV.

Ostracodes.

Ces petits Entomostracés à coquille bivalve ont été étudiés dans notre lac par le Dr H. Vernet de Duillier et par le Dr A. Kaufmann de Berne. Nous y connaissons les espèces suivantes :

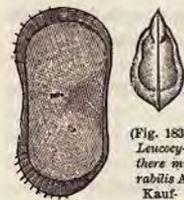
CYPRIDÉS. — *Cypris ovum* Jurine, région littorale. Je l'ai trouvé parfois dans la région pélagique ; mais il ne peut y être qu'à l'état erratique, car il n'est pas un de ces grands nageurs tels que le sont tous les animaux établis définitivement en plein lac.

C. ornata. O.-F. Müller, faune littorale.

C. minuta Baird, faune profonde.

Candona lucens Baird.

C. similis Baird. Ces deux espèces que Vernet réunit en une seule, se trouvent aussi bien dans la région littorale que dans la région profonde. Ces *Candonas* marchent dans le fouillis des détritus du fond de l'eau.



(Fig. 182.) *Leucocythere mirabilis* A. Kaufmann, vue de dessus, d'après un dessin de Kaufmann. Gr. 40/1.

(Fig. 183.) *Leucocythere mirabilis* A. Kaufmann, vue antérieure, d'après un dessin de Kaufmann. Gr. 40/1.

CYTHÉRIDÉS. — *Limnicythere relictæ* Lilj. (*Acanthopus elongatus* H. Vernet, Matériaux 1^{re} série XIV. 4^e série § XXI.)

Cytheridea lacustris G.-O. Sars. (*Acanthopus resistans* H. Vernet. Matériaux *ibid.*)

Leucocythere mirabilis A. Kaufmann. Zool. Anz., n° 404. 1892.

Ces trois petits Cythéridés ont été reconnus par H. Vernet dans le produit de mes pêches de la région profonde entre 30 et 100^m. Il en a déterminé le facies marin et les a décrits comme formant un nouveau genre *Acanthopus*. Brady et Norman⁽¹⁾ ; puis Vernet et R. Moniez⁽²⁾ ont défini la position systématique de ces Os-

(1) Monograph of marine and fresh water ostracoda. Sc. trans. of the R. Duillier. — The recent British Ostracoda. Trans. Linnæan Soc., 1868.

(2) Sur l'origine des genres *Acanthopus* (Vernet) et *Limnicythere* (Brady). Rev. Suisse de Zool., t. 1, p. 188.

(3) Sur l'origine des genres *Acanthopus* (Vernet) et *Limnicythere* (Brady). Rev. Suisse de Zool., t. 1, p. 188.

(4) Sur l'origine des genres *Acanthopus* (Vernet) et *Limnicythere* (Brady). Rev. Suisse de Zool., t. 1, p. 188.

(5) Sur l'origine des genres *Acanthopus* (Vernet) et *Limnicythere* (Brady). Rev. Suisse de Zool., t. 1, p. 188.

(6) Sur l'origine des genres *Acanthopus* (Vernet) et *Limnicythere* (Brady). Rev. Suisse de Zool., t. 1, p. 188.

(7) Sur l'origine des genres *Acanthopus* (Vernet) et *Limnicythere* (Brady). Rev. Suisse de Zool., t. 1, p. 188.

(8) Sur l'origine des genres *Acanthopus* (Vernet) et *Limnicythere* (Brady). Rev. Suisse de Zool., t. 1, p. 188.

(9) Sur l'origine des genres *Acanthopus* (Vernet) et *Limnicythere* (Brady). Rev. Suisse de Zool., t. 1, p. 188.

(10) Sur l'origine des genres *Acanthopus* (Vernet) et *Limnicythere* (Brady). Rev. Suisse de Zool., t. 1, p. 188.

(11) Sur l'origine des genres *Acanthopus* (Vernet) et *Limnicythere* (Brady). Rev. Suisse de Zool., t. 1, p. 188.

(12) Sur l'origine des genres *Acanthopus* (Vernet) et *Limnicythere* (Brady). Rev. Suisse de Zool., t. 1, p. 188.

(13) Sur l'origine des genres *Acanthopus* (Vernet) et *Limnicythere* (Brady). Rev. Suisse de Zool., t. 1, p. 188.

tracodes. A. Kaufmann⁽¹⁾ a repris la question et après avoir confirmé les opinions de ses prédécesseurs y a ajouté la découverte d'un troisième Cythéridé dont il a fait le genre *Leucocythere*. Il en a donné une description complète dans ses *Cythéridés suisses*⁽²⁾. Voici les caractères du genre : « La coquille est semblable à celle du *Limnicythere* avec des champs mal dessinés, différente dans les deux sexes, absolument blanche à l'état sec. Membres robustes. La soie de l'extrémité distale du 2^e article de la 1^{re} antenne est aussi longue que les trois derniers articles ensemble. L'appendice branchial du palpe mandibulaire est bien développé ; il porte 7 soies dont 5 longues et 2 courtes. La plaque mandibulaire porte une soie à son bord supérieur. Les jambes sont fortes. Les soies sont ou dentées ou plumeuses. A la face ventrale du tronc, on voit une soie plumeuse. La 3^e paire de pattes chez le mâle est munie de longues soies transparentes ». Nous donnons ci-contre le dessin de la coquille du mâle de la *Leucocythere mirabilis*. (Fig. 182 et 183.)

Ces Cythéridés sont abondants à la surface de la vase de la région profonde où ils vont butiner en fourrageant dans les débris organiques.

MOLLUSQUES

Les Mollusques du lac Léman, collectés et étudiés jadis par J. de Charpentier⁽³⁾, ont été décrits par le Dr A. Brot, de Genève, qui a publié en 1867 son « Etude sur les coquilles de la famille des *Nayades* »⁽⁴⁾. Le même auteur a déterminé toutes les coquilles que j'ai récoltées dans mes pêches lacustres⁽⁵⁾. M. S. Clessin, alors à Regensburg, a repris cette étude⁽⁶⁾ sur le matériel que nous lui avons envoyé, Brot et moi.

(1) Ueber die Gattung *Acanthopus* Vernet und eine neue Süßwasser Cytheride. Zool. Anz. n° 404. 1892.

(2) Die Schweizerischen Cytheriden. Revue suisse de Zoologie, VI, 113. Genève 1891.

(3) Catalogue des Mollusques terrestres et fluviatiles de la Suisse. Faune helvétique. Mém. Soc. helv. sc. nat.

(4) Assoc. zool. du Léman. Genève 1867. On y trouvera toute la bibliographie malacologique antérieure.

(5) Matériaux, *loc. cit.* [p. 25] 1^{re} sér., § XV.

(6) Matériaux, *loc. cit.* [p. 25] 1^{re} sér., § XX, 3^e sér., § XXXV.

Cypris ornata

Cypris ovum

Cypris minuta

Candona lucens

Candona similis

Limnicythere relictæ

Cytheridea lacustris

Leucocythere mirabilis

Données historiques : Forel (1969) Le Léman

Exercice difficile et assez incertain !

Cypris ornata



Prionocypris reptans

Cypris ovum



Cycpridopsis vidua ?

Cypris minuta



Cypria lacustris

Candona lucens



Candona similis



Candona candida / Candona neglecta

Limnocythere relictta



Limnocytherina sanctipatricii

Cytheridea lacustris



Cytherissa lacustris

Leucocythere mirabilis



Leucocythere mirabilis

Données historiques : Forel (1969) Le Léman

Cette faune profonde indique :

- une bonne oxygénation des eaux profondes
- des eaux profondes froides
- des conditions oligotrophiques

Cypris ornata



Prionocypris reptans

Cypris ovum



Cycpridopsis vidua ?

Cypris minuta



Cypria lacustris

Candona lucens



Candona candida / Candona neglecta

Candona similis



Limnocythere relictta



Limnocytherina sanctipatricii

Cytheridea lacustris



Cytherissa lacustris

Leucocythere mirabilis

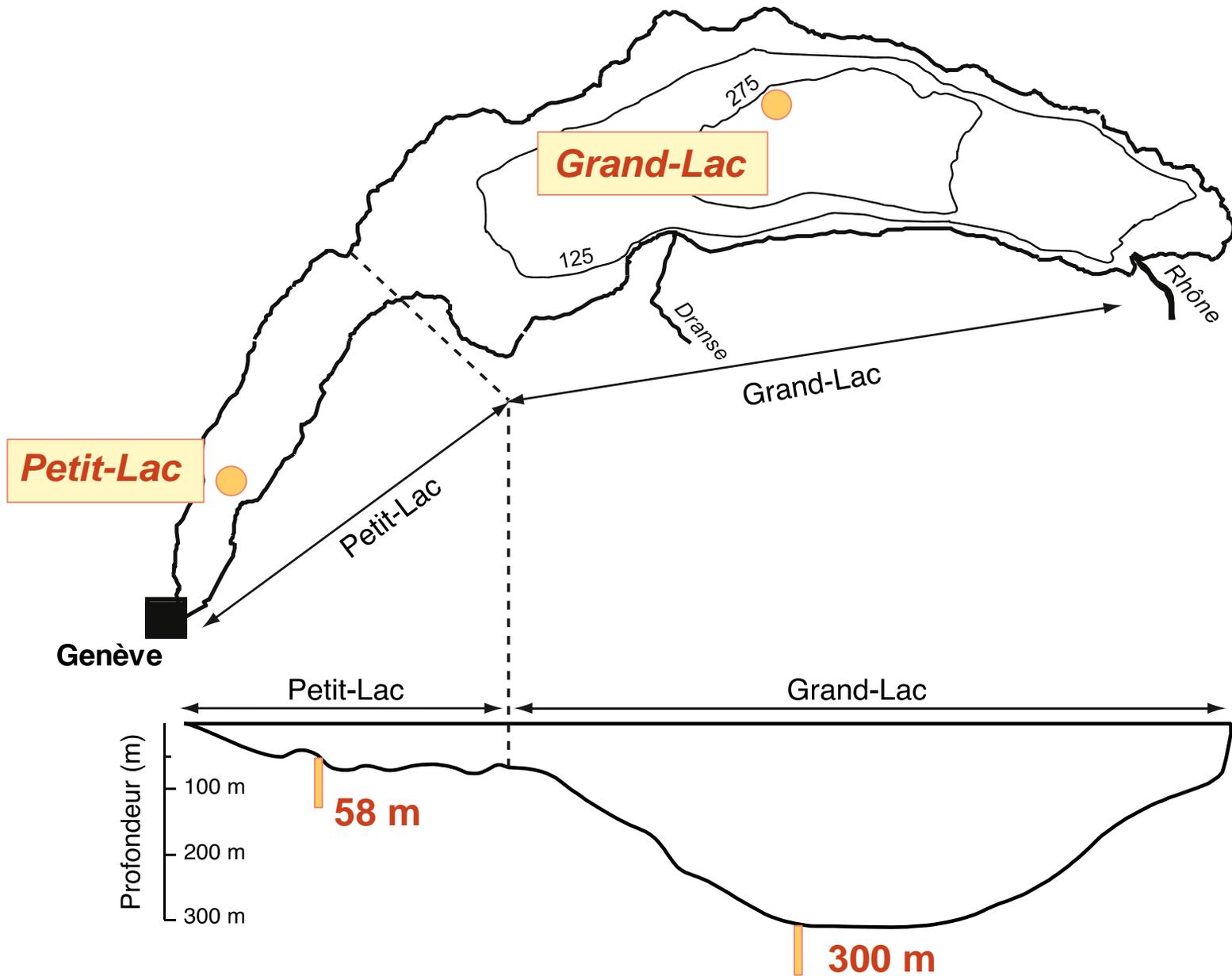


Leucocythere mirabilis

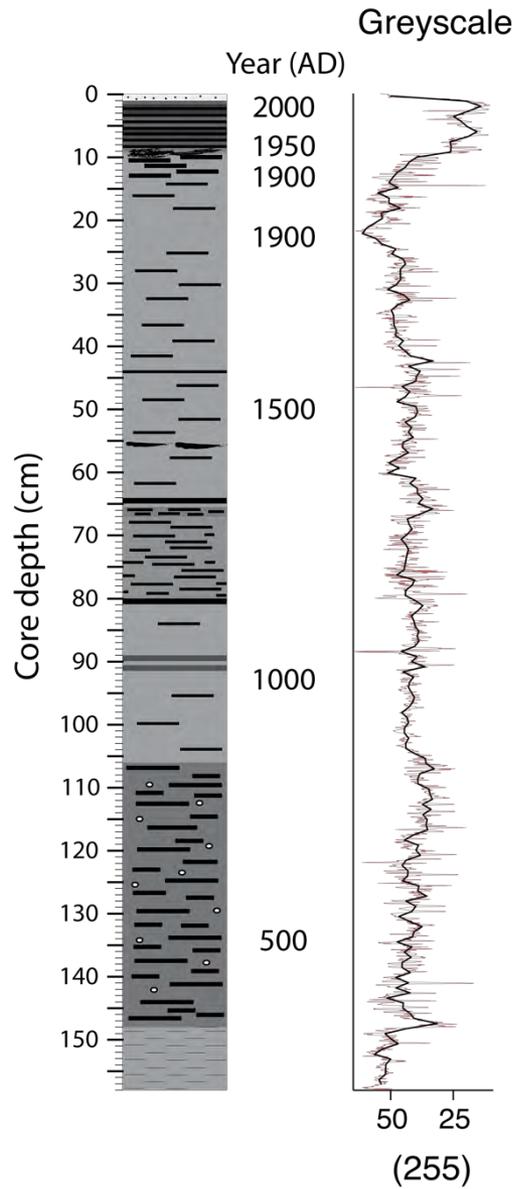
Données paléo-écologiques via l'analyse des sédiments



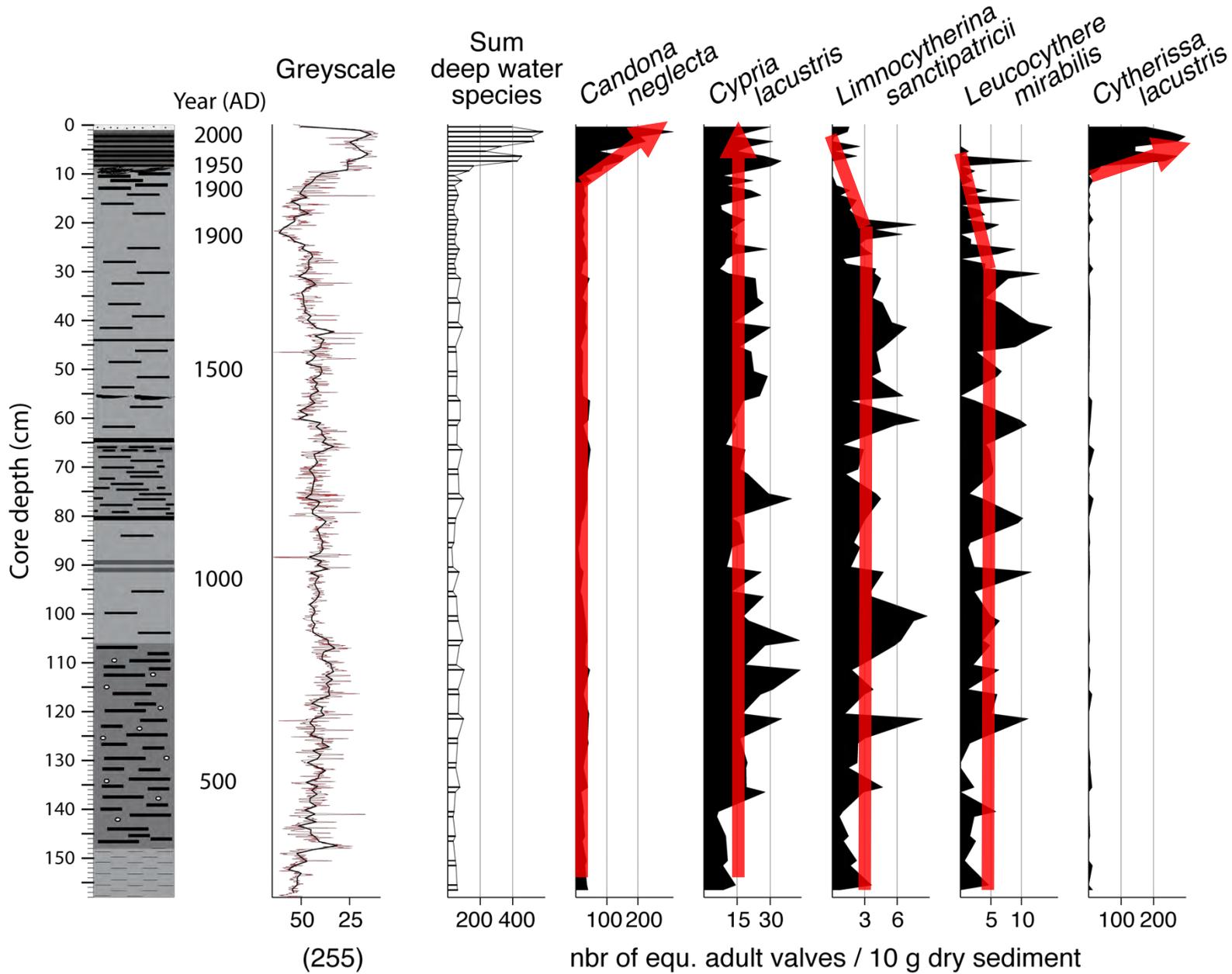
Lieux de carottage



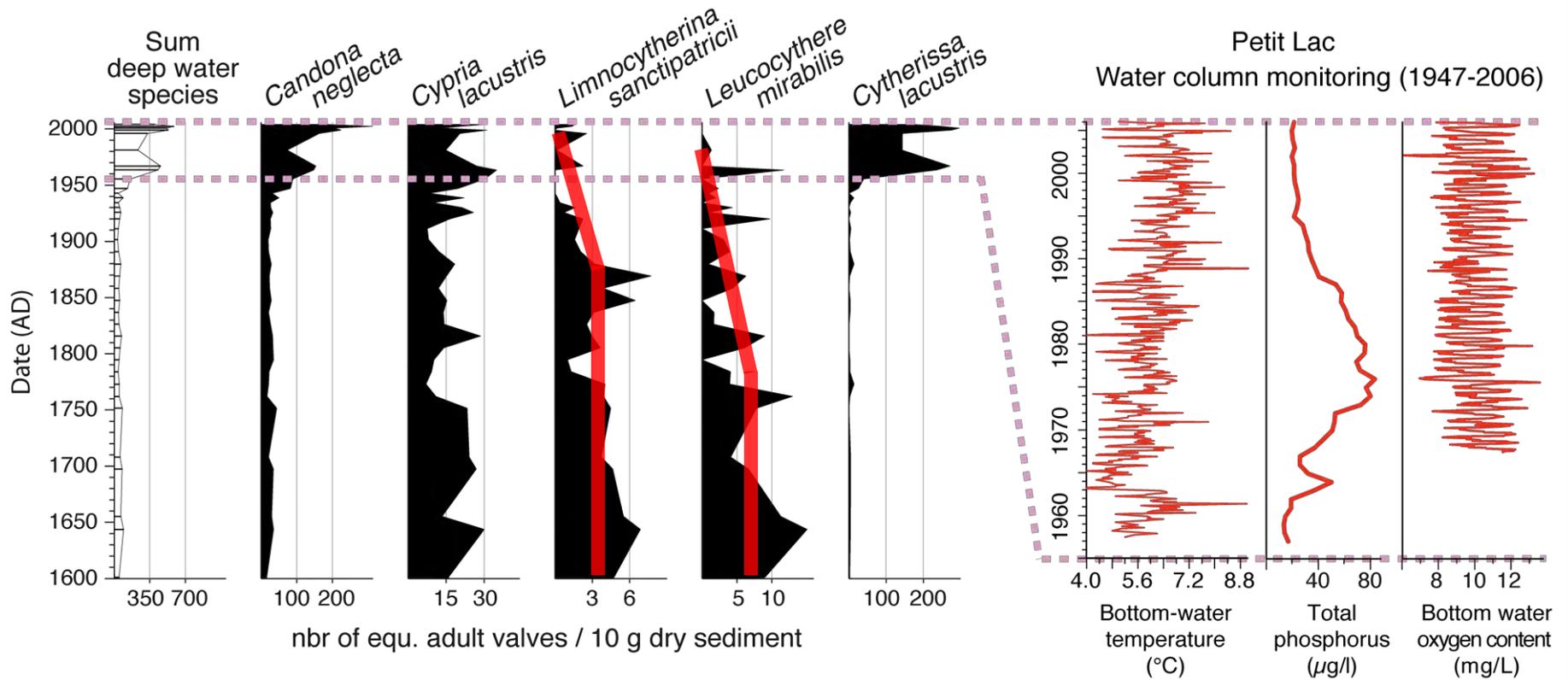
Petit-Lac



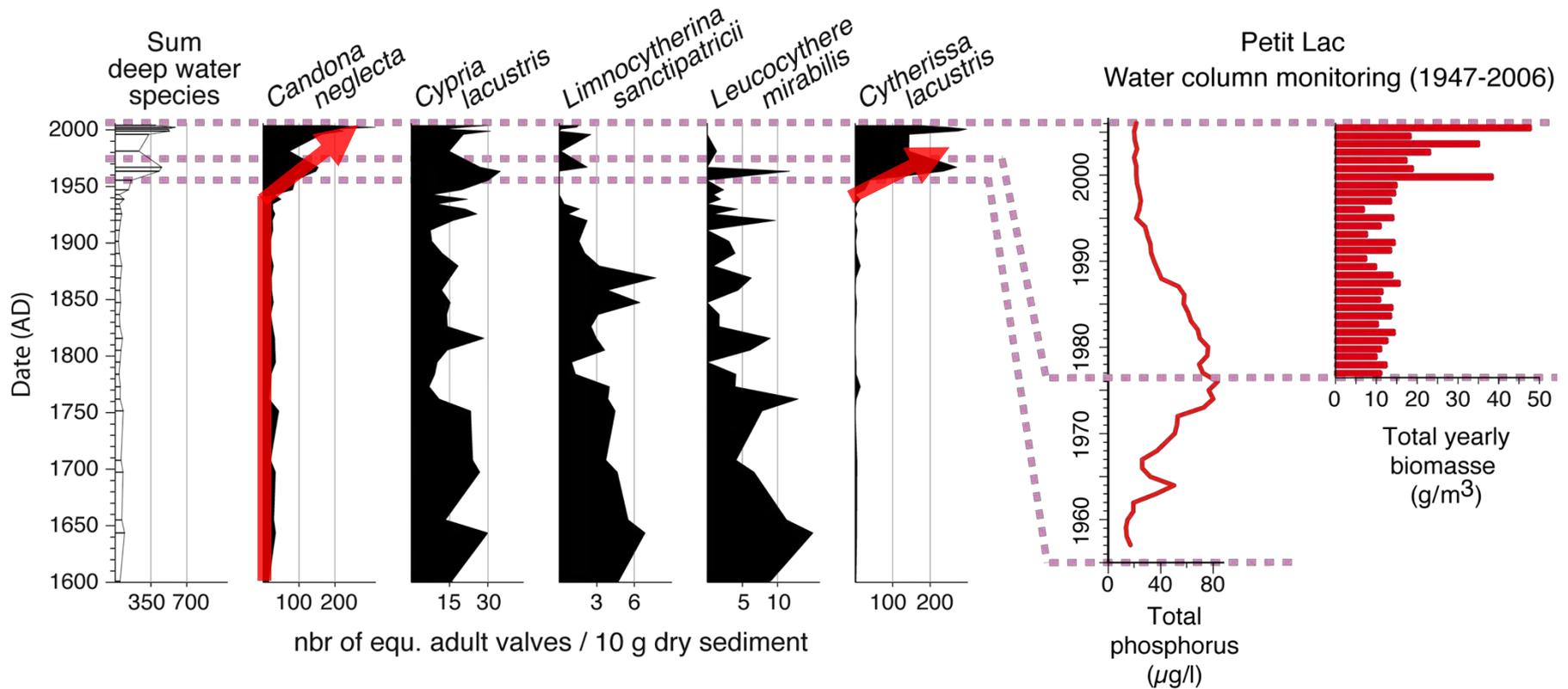
Petit-Lac



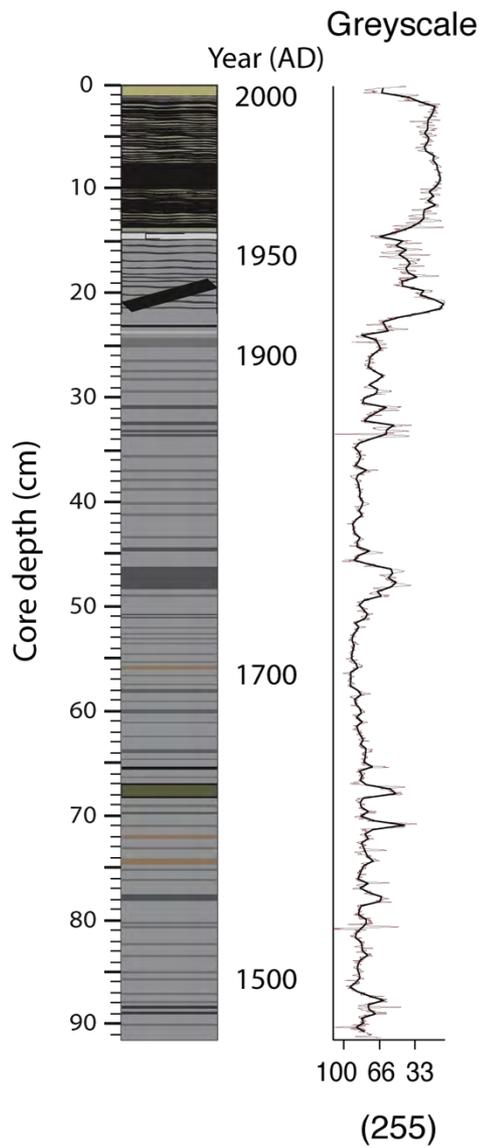
Petit-Lac



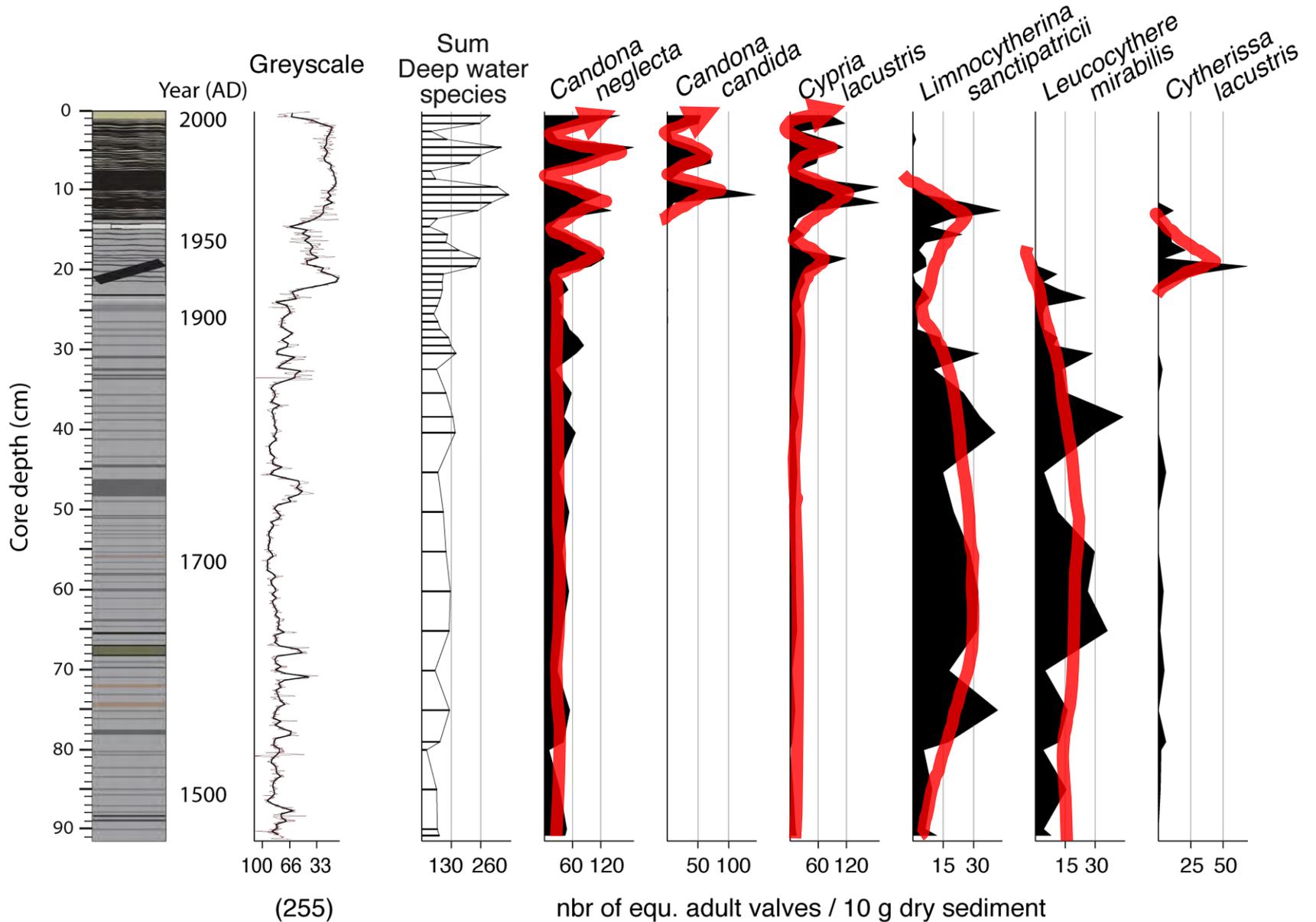
Petit-Lac



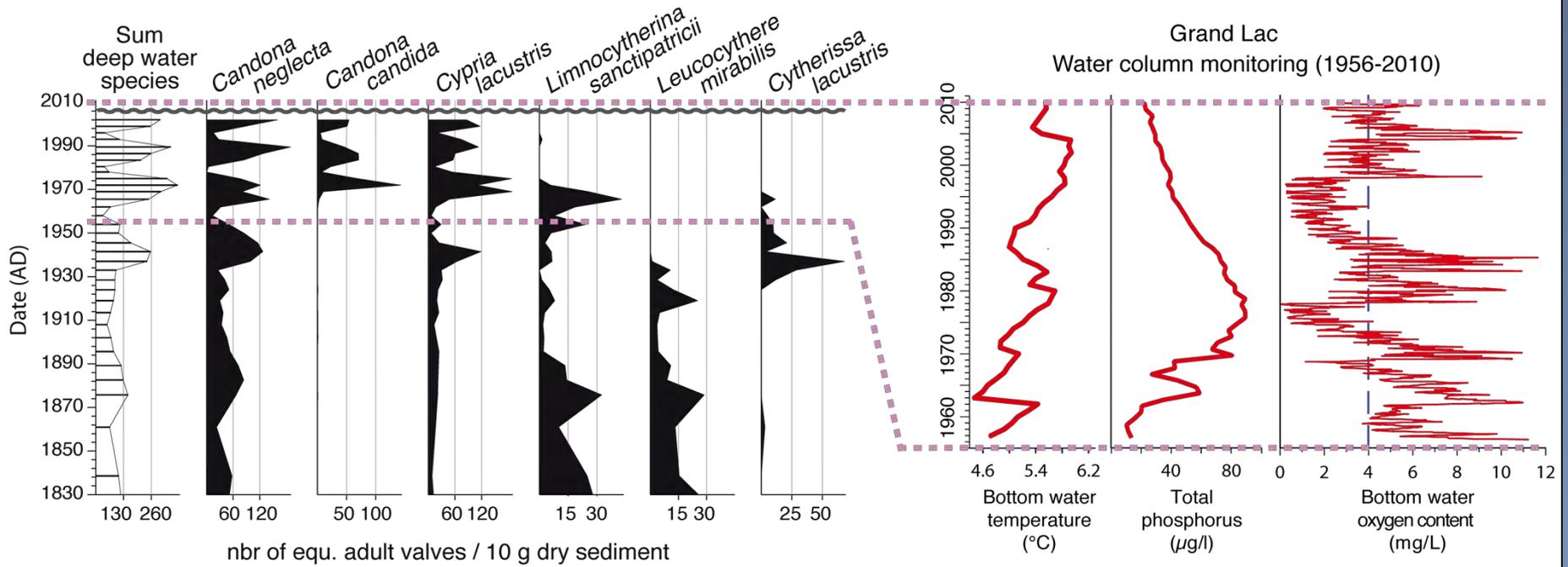
Grand-Lac



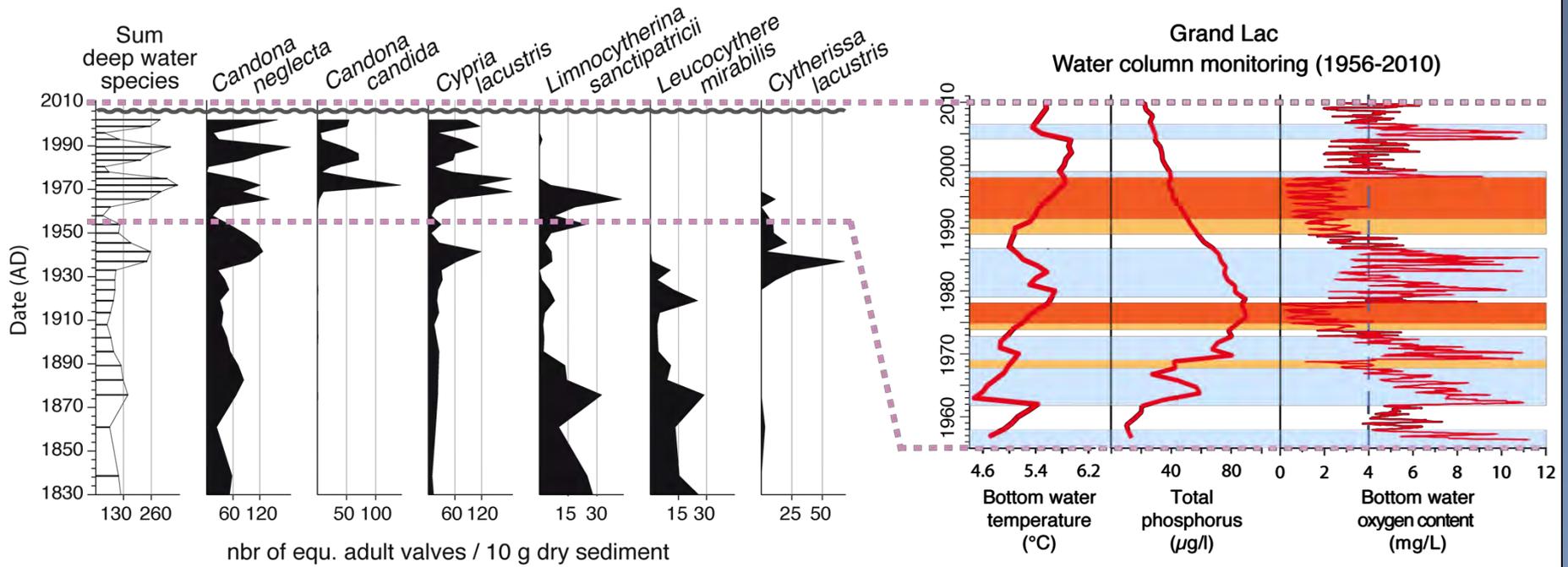
Grand-Lac



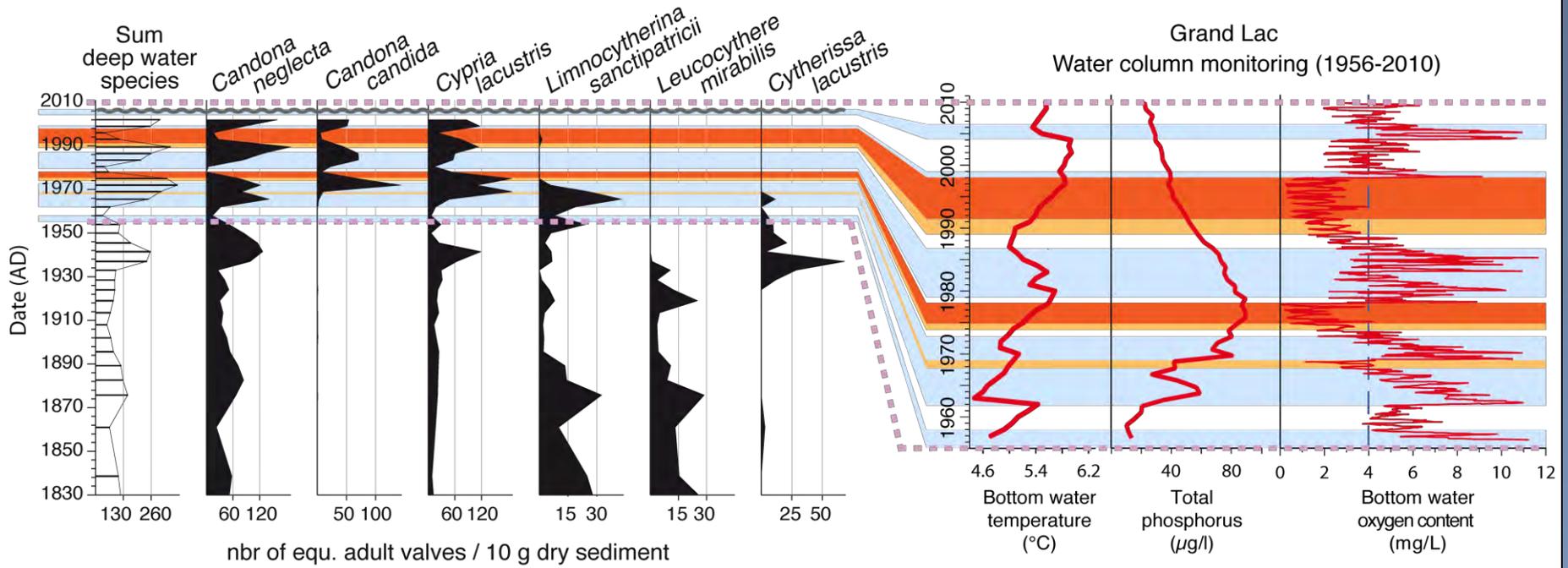
Grand-Lac



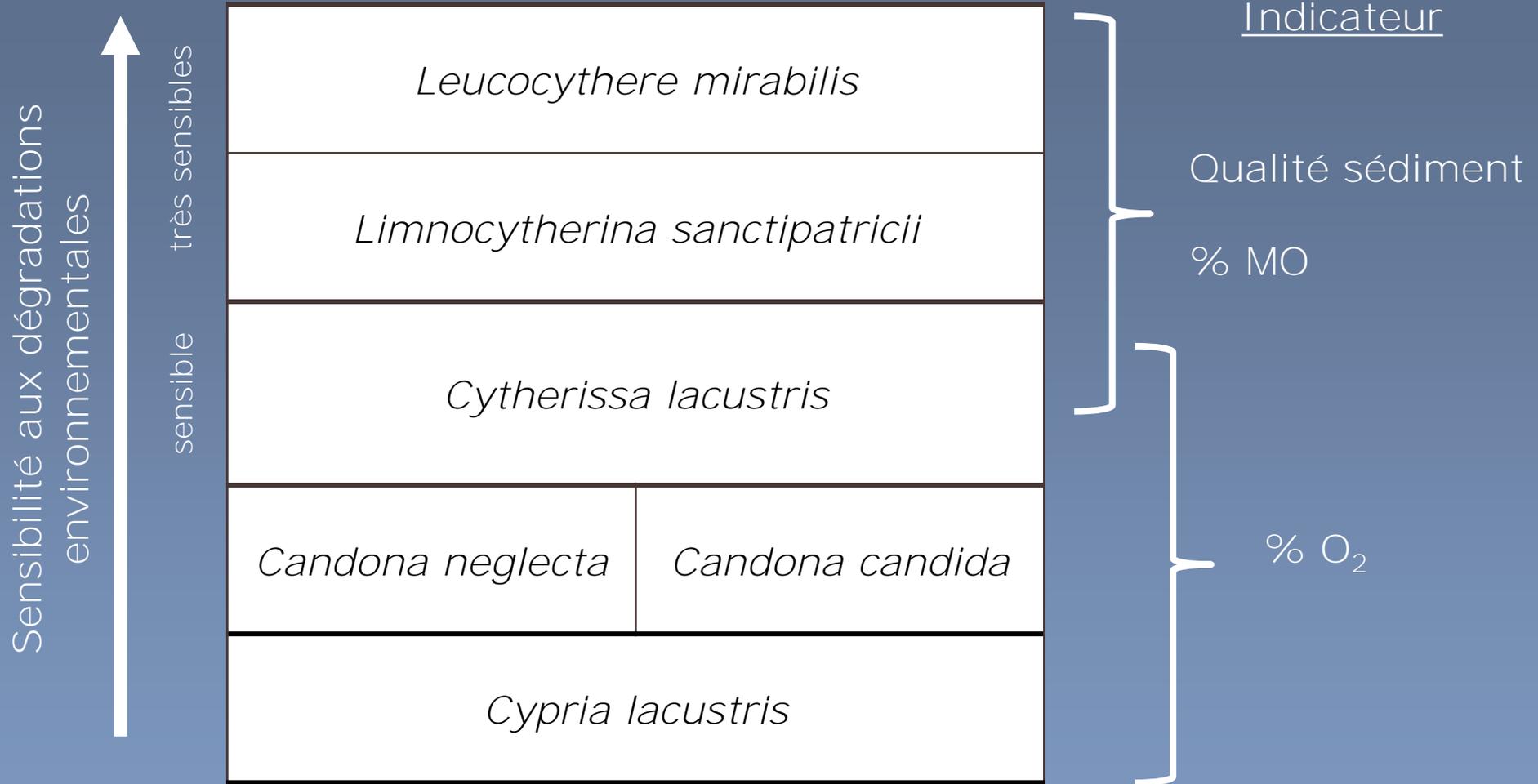
Grand-Lac



Grand-Lac



Ostracodes et bio-indication ?



Seulement valable pour la faune profonde du Léman !

=> confrontation avec résultats d'autres lacs périalpins nécessaire

Ostracodes et bio-indication ?

Évolution de la qualité benthique pour le Léman

		1900	Forel	1950	1999 - 2010	2015
Nbr. espèces	Petit-Lac	4	6	4	3	
	Grand-Lac	4		4	3	
Abondance	Petit-Lac	basse	?	élevée	élevée	
	Grand-Lac	basse		élevée	élevée	
% espèces sensibles ostracodes	Petit-Lac	50%	60 %	50 %	33 %	
	Grand-Lac	50%		50 %	0 %	
% espèces sensibles oligochètes	Petit-Lac				20 % moyen	
	Grand-Lac				3.2 % mauvais	0 % mauvais
IBQ-AL	Grand-Lac				1.15 médiocre	1.00 mauvais

Conclusions

- Les ostracodes peuvent être utilisés comme organisme indicateur de la qualité biologique des zones profondes des lacs.
- Les ostracodes semblent avoir un potentiel de recolonisation extrêmement rapide, ce qui les rend intéressants pour le suivi de petits lacs ayant des temps de résidence courts ou des fluctuations rapides des teneurs en oxygène dissous.
- Le manque de données sur la sensibilité des espèces peut être contourné par une analyse paléo-écologique.
- La très bonne conservation des carapaces dans les sédiments et une sensibilité aux dégradations environnementales située entre les oligochètes et les chironomides rendent ce groupe particulièrement intéressant pour les études paléo-écologiques.
- Le nombre restreint d'espèces profondes peut être vu au premier abord comme un désavantage. Néanmoins, ceci permet un traitement très rapide des échantillons.

Merci pour votre attention

Laurent.decrouy@outlook.com

+41 79 299 84 21