

# Causes naturelles, humaines, et indicateurs précoces de l'eutrophisation dans les lacs de villégiature

Forum national sur les lacs 2014  
10<sup>e</sup> anniversaire du RSVL



# Le tableau périodique des éléments (114)

## Essentiels à la vie (20)

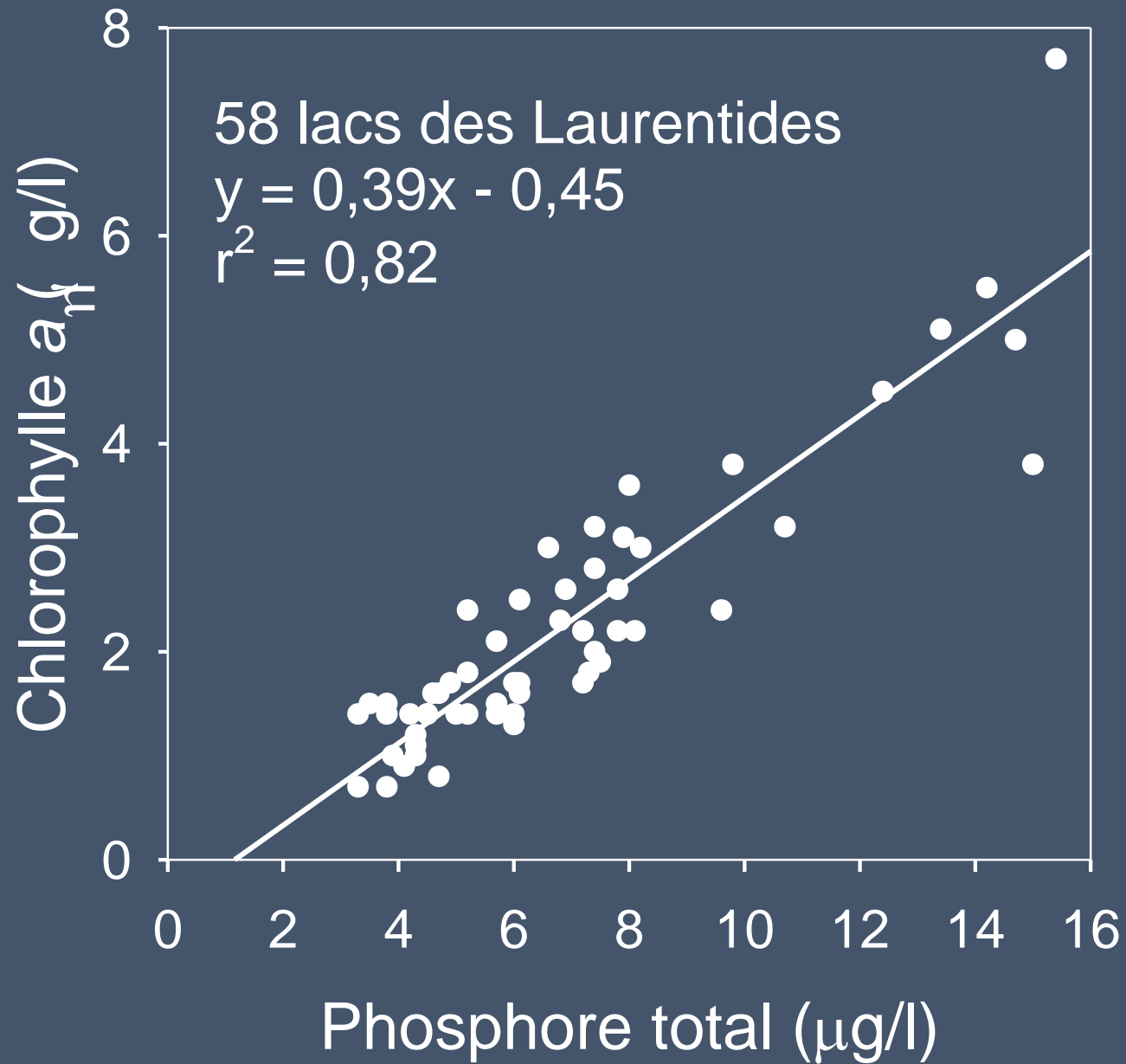
Limitant en eaux douces

hydrogen 1 H 1.00794																	helium 2 He 4.002602						
lithium 3 Li 6.941	beryllium 4 Be 9.0122																	boron 5 B 10.811	carbon 6 C 12.011	nitrogen 7 N 14.007	oxygen 8 O 15.999	fluorine 9 F 18.998	neon 10 Ne 20.180
sodium 11 Na 22.990	magnesium 12 Mg 24.305																	aluminum 13 Al 26.982	silicon 14 Si 28.086	phosphorus 15 P 30.974	sulfur 16 S 32.065	chlorine 17 Cl 35.453	argon 18 Ar 39.948
potassium 19 K 39.098	calcium 20 Ca 40.078	scandium 21 Sc 44.956	lithium 22 Ti 47.867	vanadium 23 V 50.942	chromium 24 Cr 51.996	manganese 25 Mn 54.938	iron 26 Fe 55.845	cobalt 27 Co 58.933	nickel 28 Ni 58.693	copper 29 Cu 63.546	zinc 30 Zn 65.39	gallium 31 Ga 69.723	germanium 32 Ge 72.61	arsenic 33 As 74.922	selenium 34 Se 78.96	bromine 35 Br 79.904	krypton 36 Kr 83.80						
rubidium 37 Rb 85.468	strontium 38 Sr 87.62	yttrium 39 Y 88.906	zirconium 40 Zr 91.224	niobium 41 Nb 92.906	molybdenum 42 Mo 95.94	technetium 43 Tc [98]	ruthenium 44 Ru 101.07	rhodium 45 Rh 102.91	palladium 46 Pd 106.42	silver 47 Ag 107.87	cadmium 48 Cd 112.41	indium 49 In 114.82	tin 50 Sn 118.71	antimony 51 Sb 121.76	tellurium 52 Te 127.60	iodine 53 I 126.90	xenon 54 Xe 131.29						
caesium 55 Cs 132.91	barium 56 Ba 137.33	lanthanide series 57-70 *	lutetium 71 Lu 174.97	hafnium 72 Hf 178.49	tantalum 73 Ta 180.95	tungsten 74 W 183.84	rhenium 75 Re 186.21	osmium 76 Os 190.23	iridium 77 Ir 192.22	platinum 78 Pt 195.08	gold 79 Au 196.97	mercury 80 Hg 200.59	thallium 81 Tl 204.38	lead 82 Pb 207.2	bismuth 83 Bi 208.98	polonium 84 Po [209]	astatine 85 At [210]	radon 86 Rn [222]					
francium 87 Fr [223]	radium 88 Ra [226]	actinide series 89-102 **	lawrencium 103 Lr [262]	rutherfordium 104 Rf [261]	dubnium 105 Db [262]	seaborgium 106 Sg [266]	bohrium 107 Bh [264]	hassium 108 Hs [269]	meitnerium 109 Mt [268]	ununnilium 110 Uun [271]	unununium 111 Uuu [272]	ununbium 112 Uub [277]	ununquadium 114 Uuq [289]										

\* Lanthanide series

\*\* Actinide series

lanthanum 57 La 138.91	cerium 58 Ce 140.12	praseodymium 59 Pr 140.91	neodymium 60 Nd 144.24	promethium 61 Pm [145]	samarium 62 Sm 150.36	europium 63 Eu 151.96	gadolinium 64 Gd 157.25	terbium 65 Tb 158.93	dysprosium 66 Dy 162.50	holmium 67 Ho 164.93	erbium 68 Er 167.26	thulium 69 Tm 168.93	ytterbium 70 Yb 173.04
actinium 89 Ac [227]	thorium 90 Th 232.04	protactinium 91 Pa 231.04	uranium 92 U 238.03	neptunium 93 Np [237]	plutonium 94 Pu [244]	americium 95 Am [243]	curium 96 Cm [247]	berkelium 97 Bk [247]	californium 98 Cf [251]	einsteinium 99 Es [252]	fermium 100 Fm [257]	mendelevium 101 Md [258]	nobelium 102 No [259]





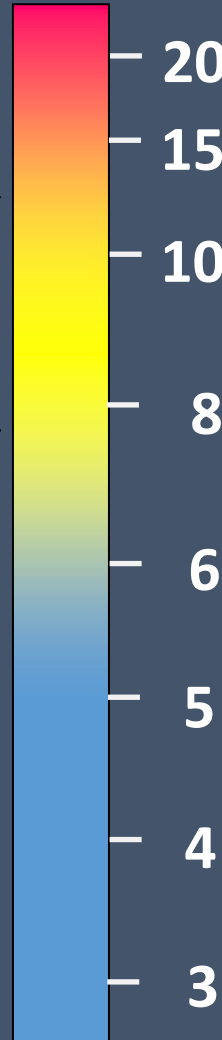
# Facteurs limitants

## Phosphore total ( $\mu\text{g/l}$ )



Cyanobactéries nuisibles

1  $\mu\text{g/l}$  = une partie par milliard  
 $\approx$  1 dé-à-coudre  
dans une piscine olympique !





## Aujourd'hui :

D'où vient le phosphore mesuré dans la colonne d'eau des lacs de villégiature ?

- des humains présents dans les bassins versants ?
- d'autres propriétés naturelles des lacs et de leurs bassins versants ?

Quelles sont les relations empiriques entre le P des lacs et les propriétés de leurs bassins versants et de leurs cuvettes ?

Les indicateurs précoces d'eutrophisation dans les lacs de villégiature

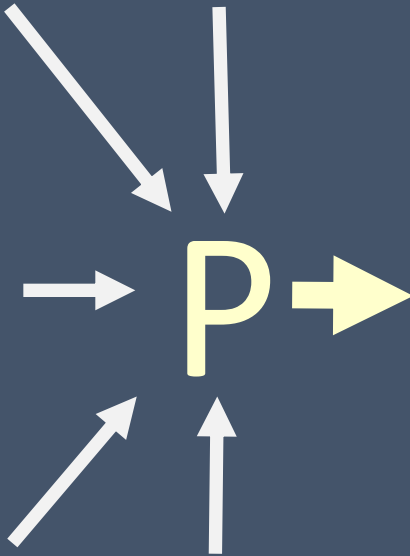
**Agriculture** (non durable)



**Atmosphère**



**Habitations**



**Milieux humides**

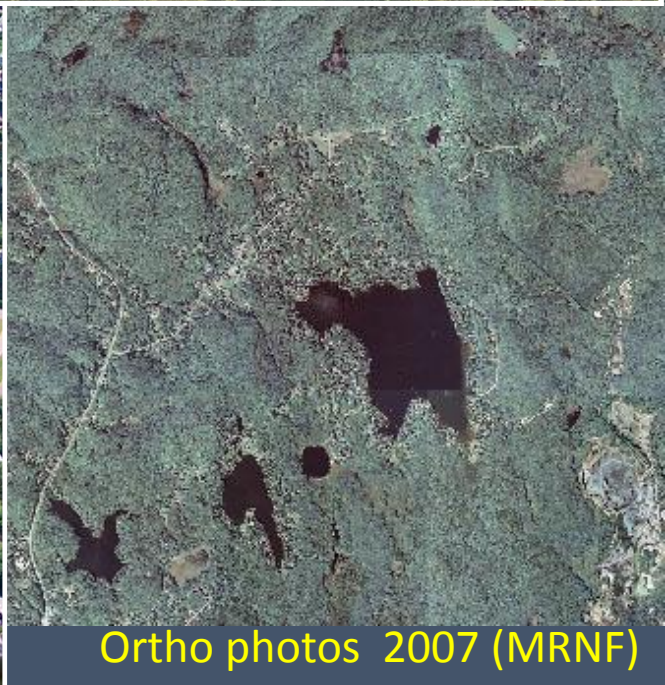
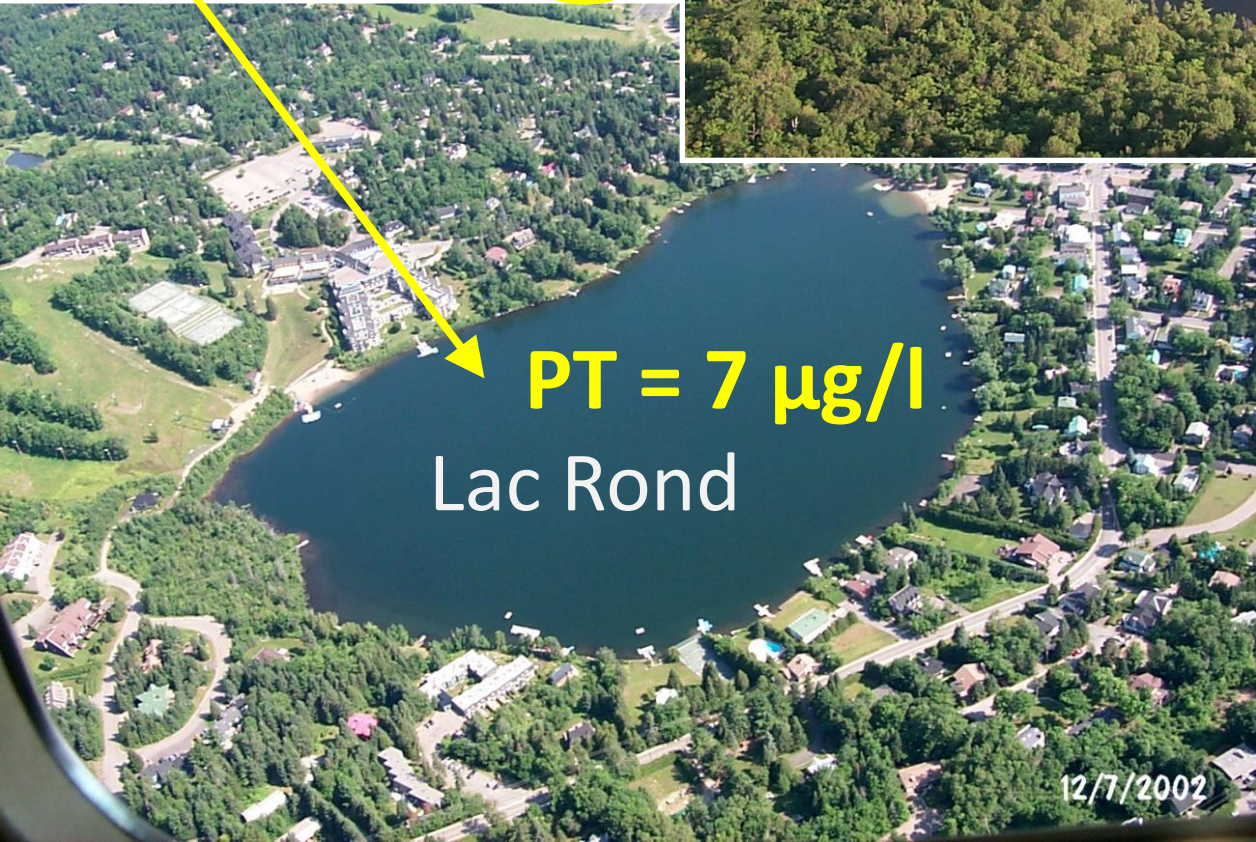
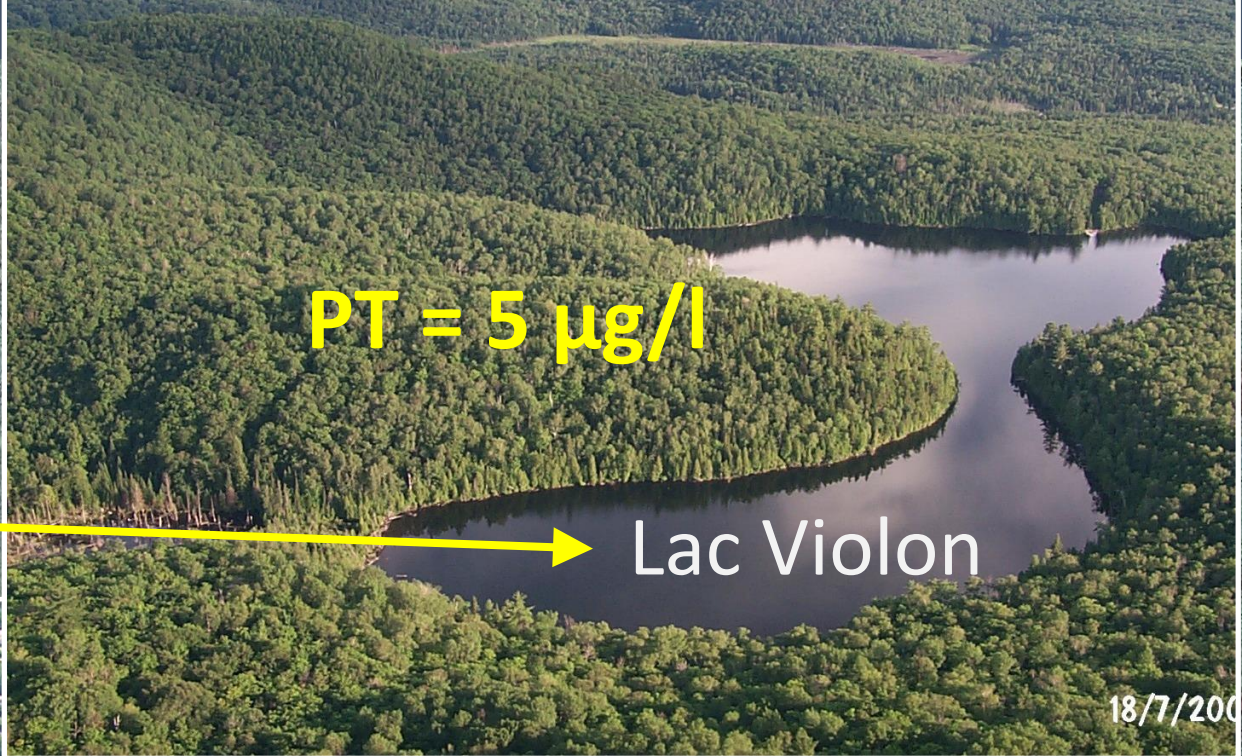
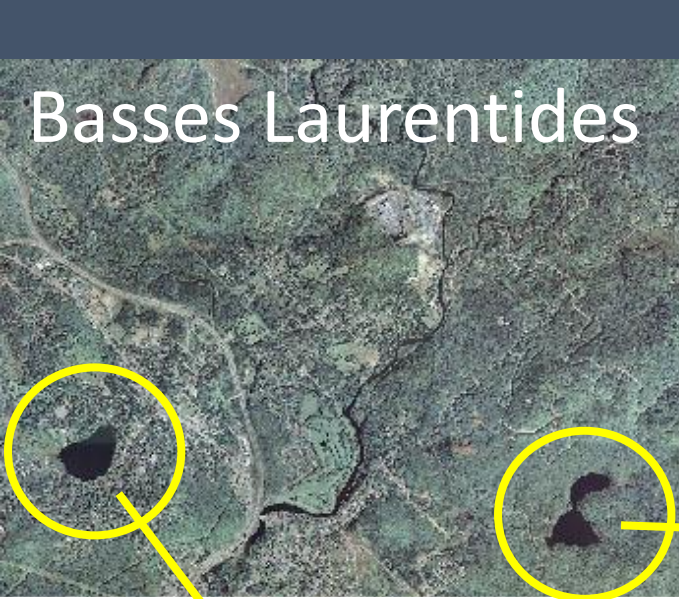


**Forêts**





# Basses Laurentides





# Facteurs limitants

## Phosphore total ( $\mu\text{g/l}$ )



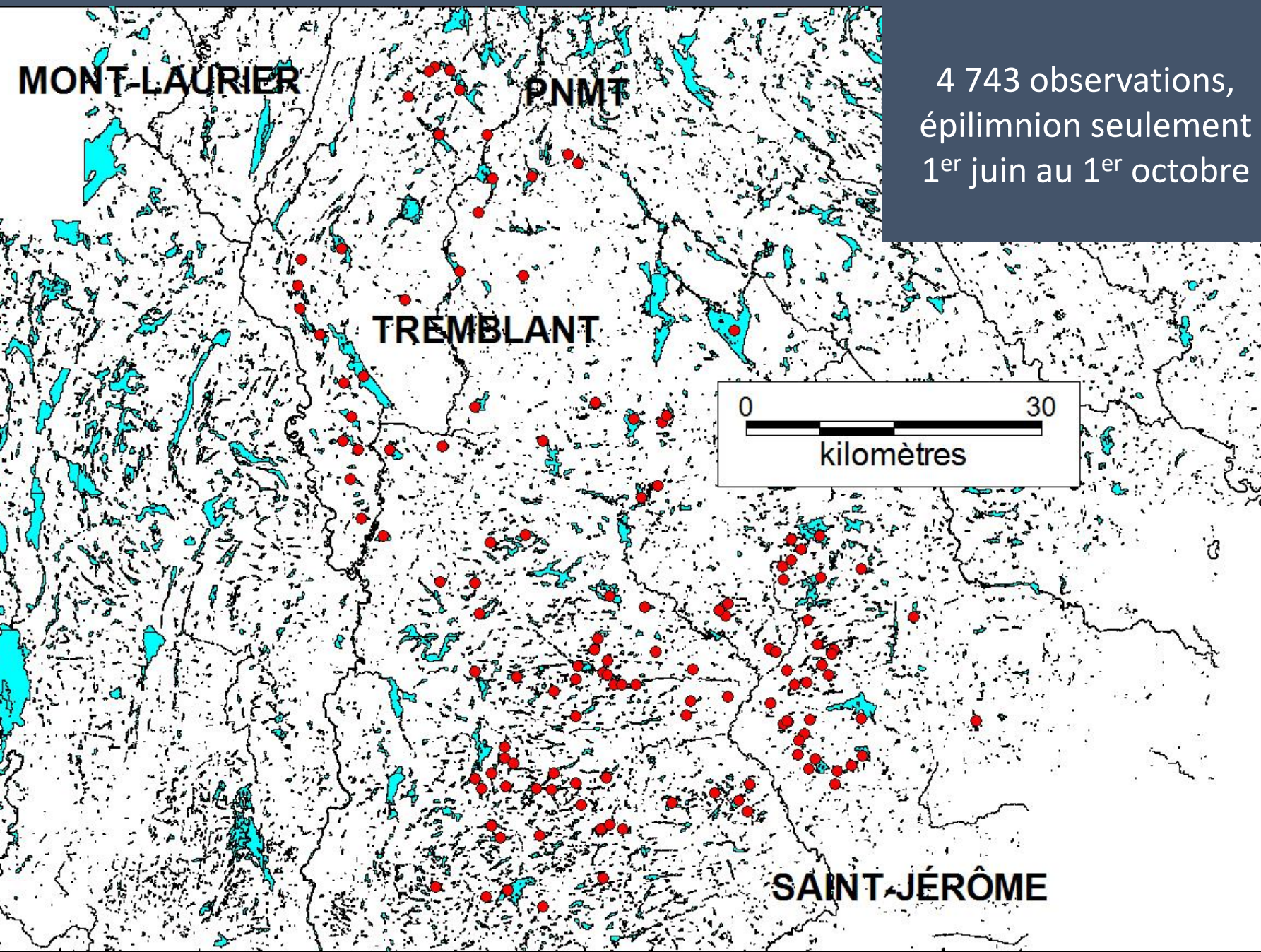
Cyanobactéries nuisibles

1  $\mu\text{g/l}$  = une partie par milliard  
= 1 dé-à-coudre  
dans une piscine olympique !





# Base de données acquise entre 1998 et 2009 (130 lacs, 4 700 km<sup>2</sup>)



4 743 observations,  
épilimnion seulement  
1<sup>er</sup> juin au 1<sup>er</sup> octobre



# Lac Croche, SBL (0 habitations dans le bassin versant)



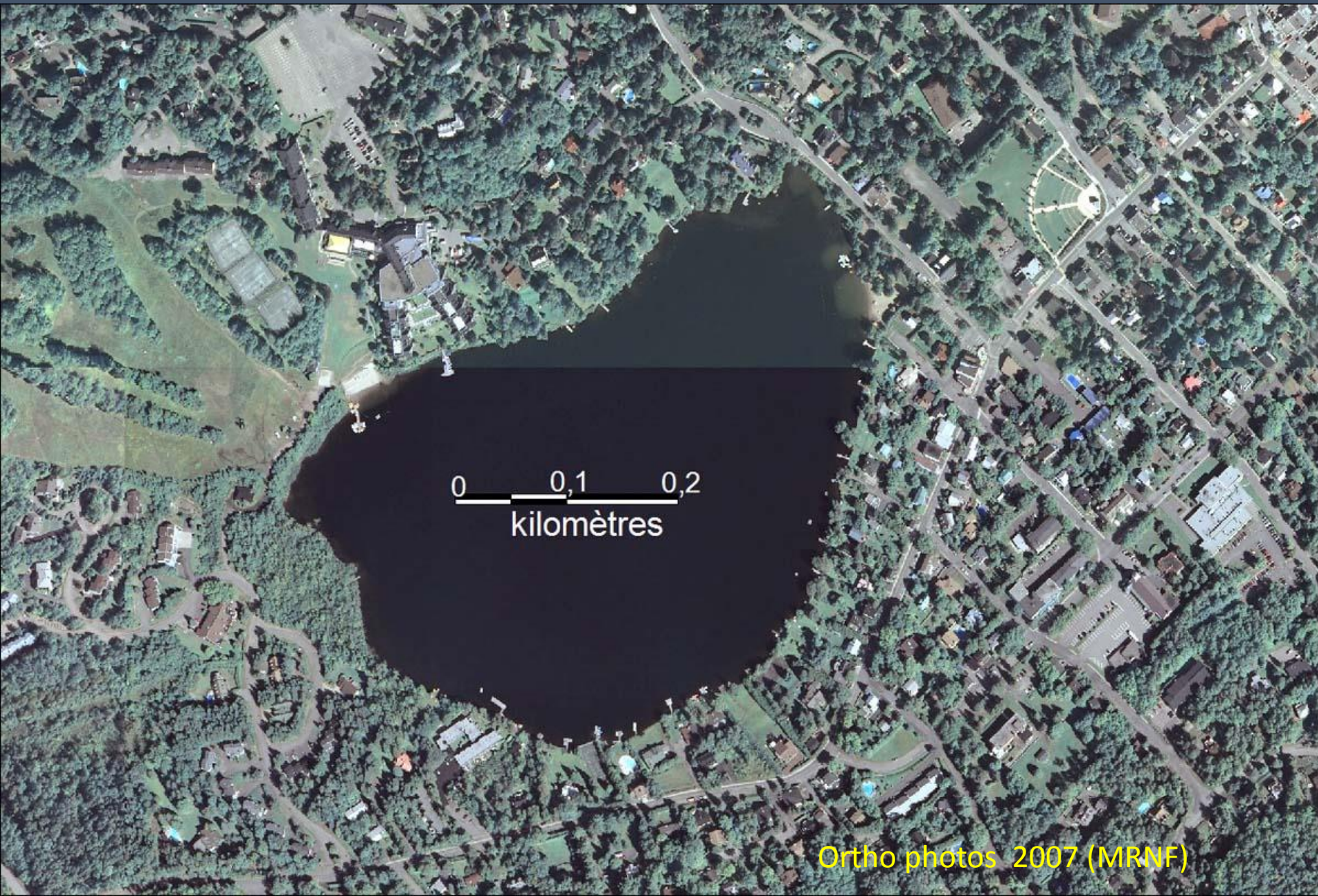


# Lac René, Saint-Hippolyte 38 habitations dans le bassin versant





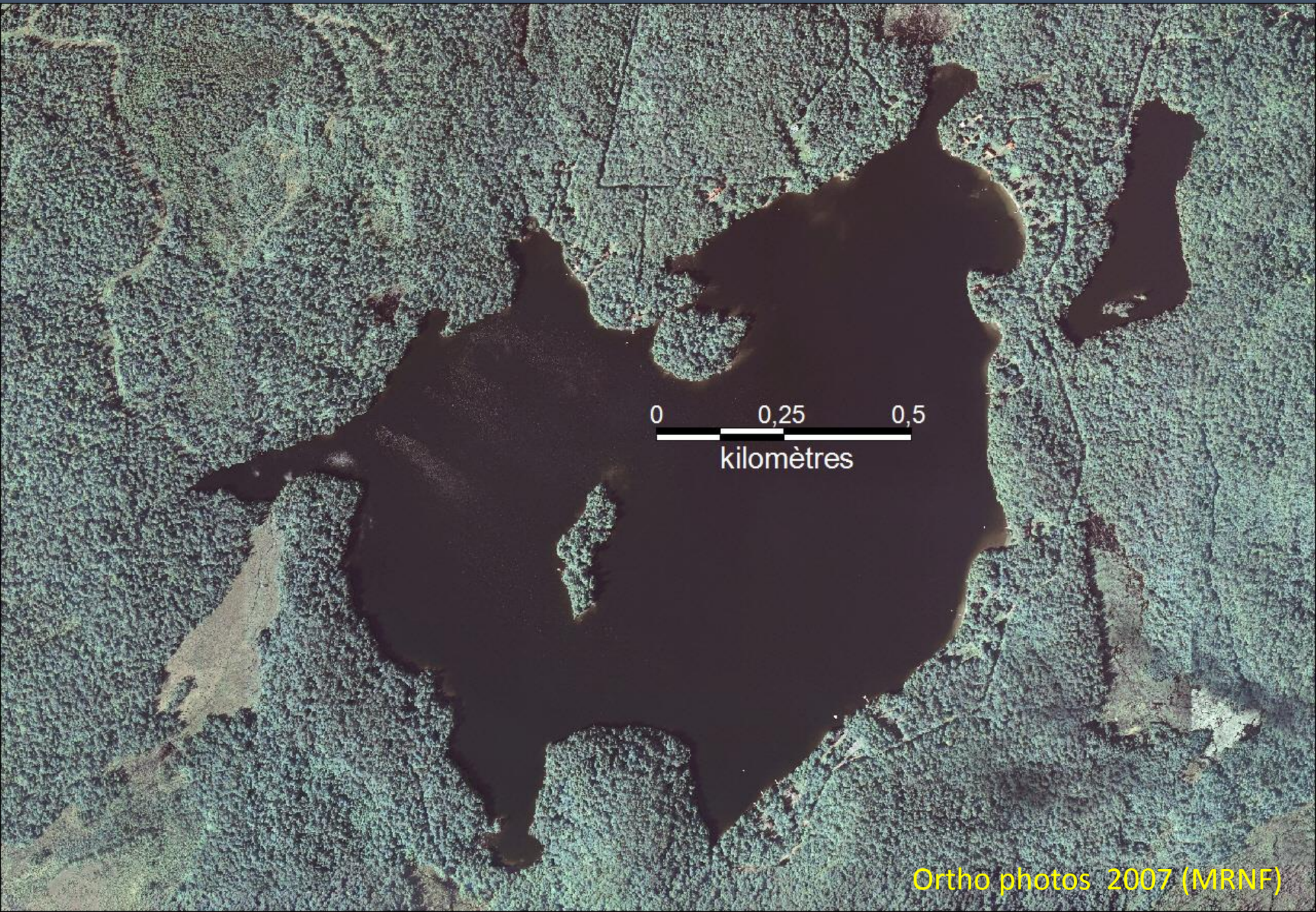
# Lac Rond, Sainte-Adèle (284 habitations dans le bassin versant)



Ortho photos 2007 (MRNF)

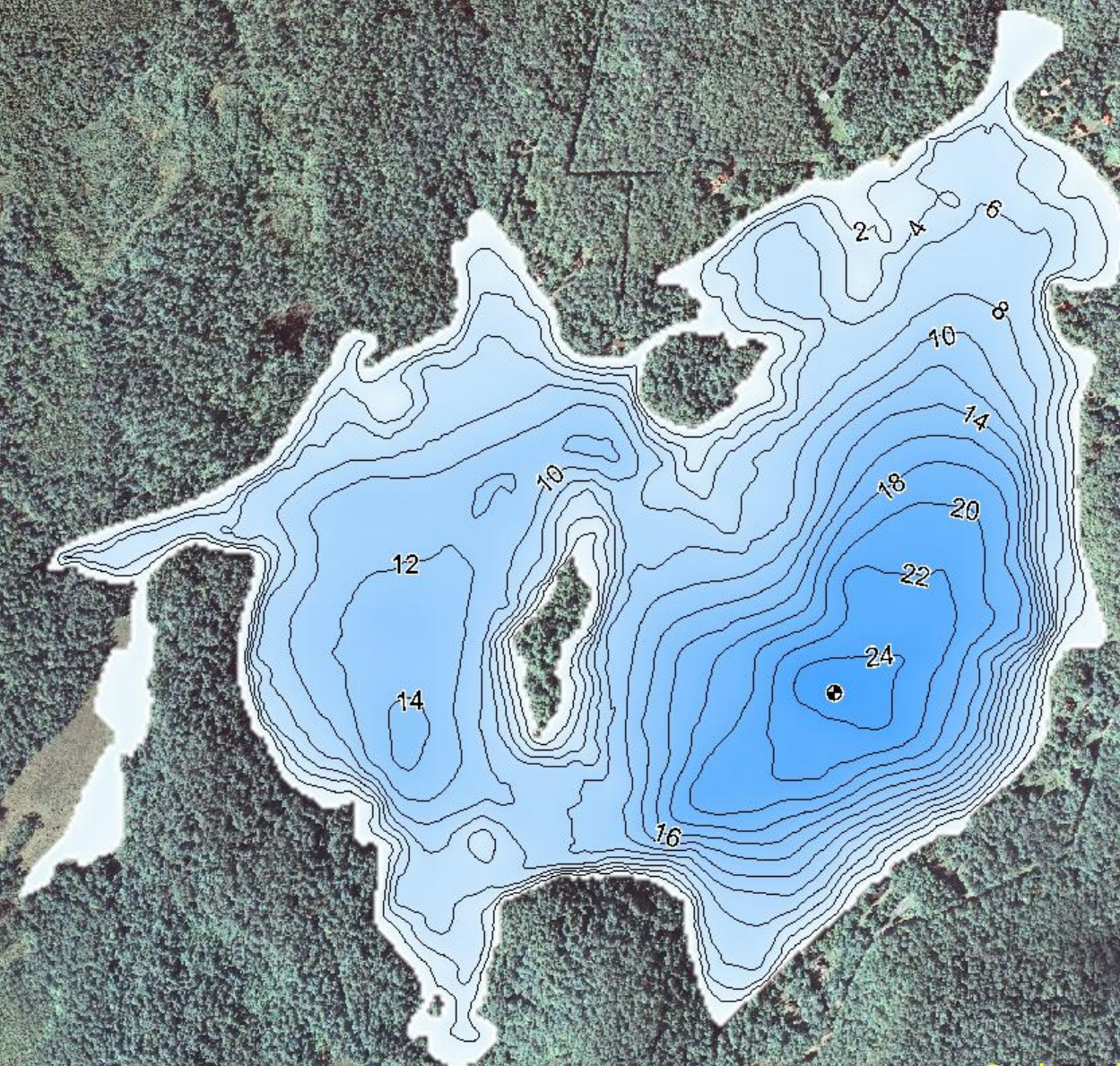


# Lac Anne, Wentworth (25 habitations dans le bassin versant)





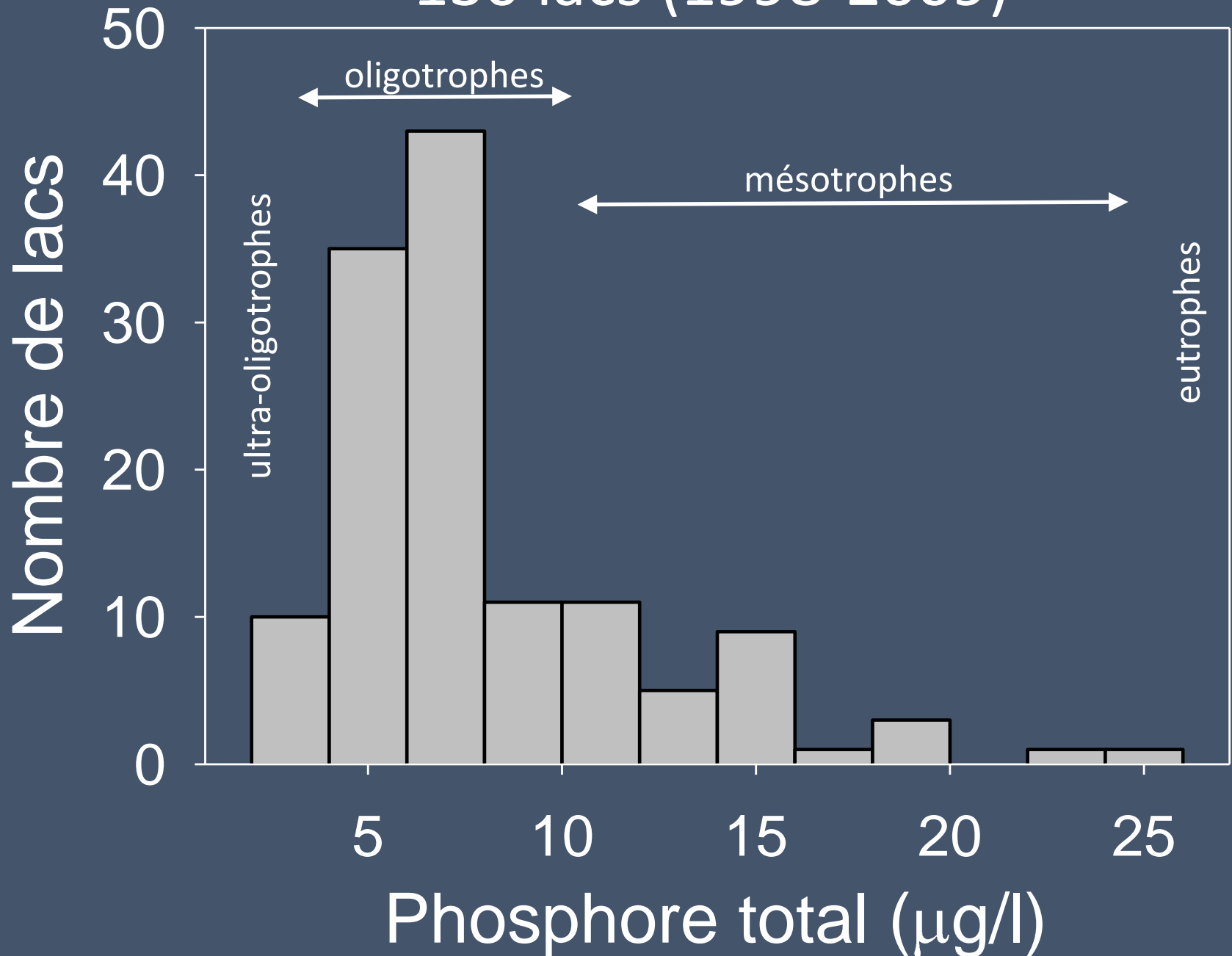
# Lac Anne, Wentworth (25 habitations dans le bassin versant)



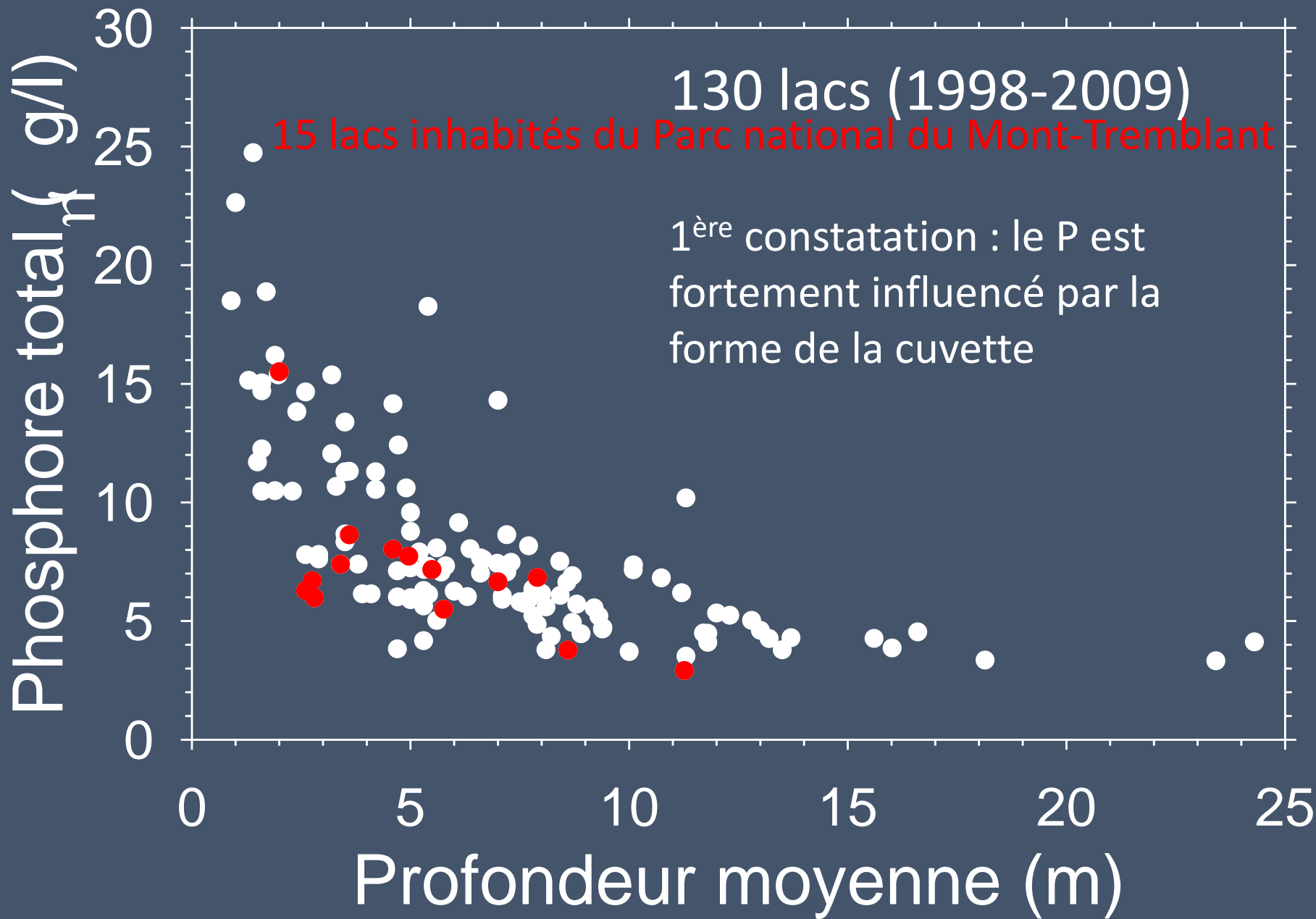
Ortho photos 2007 (MRNF)



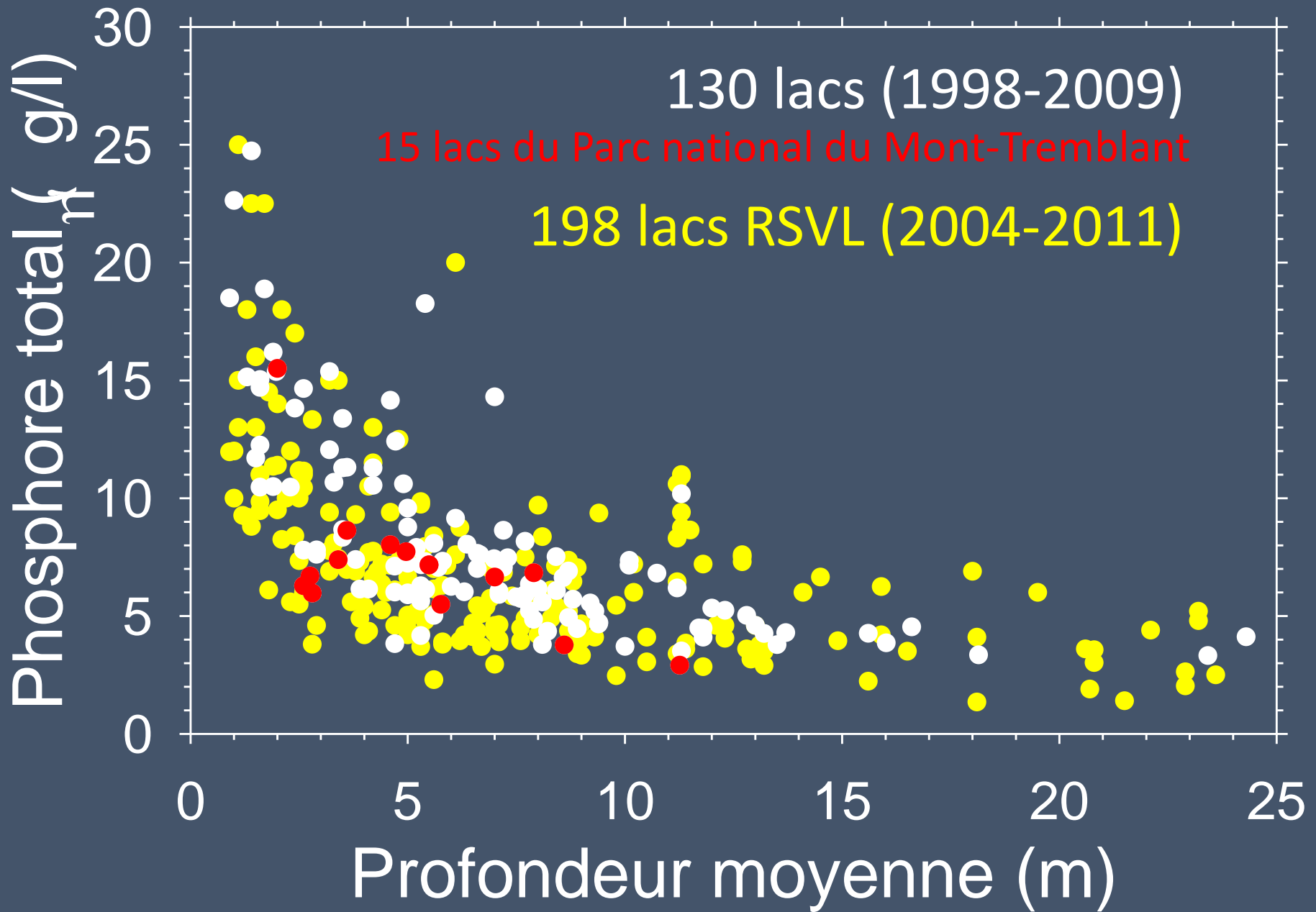
# 130 lacs (1998-2009)





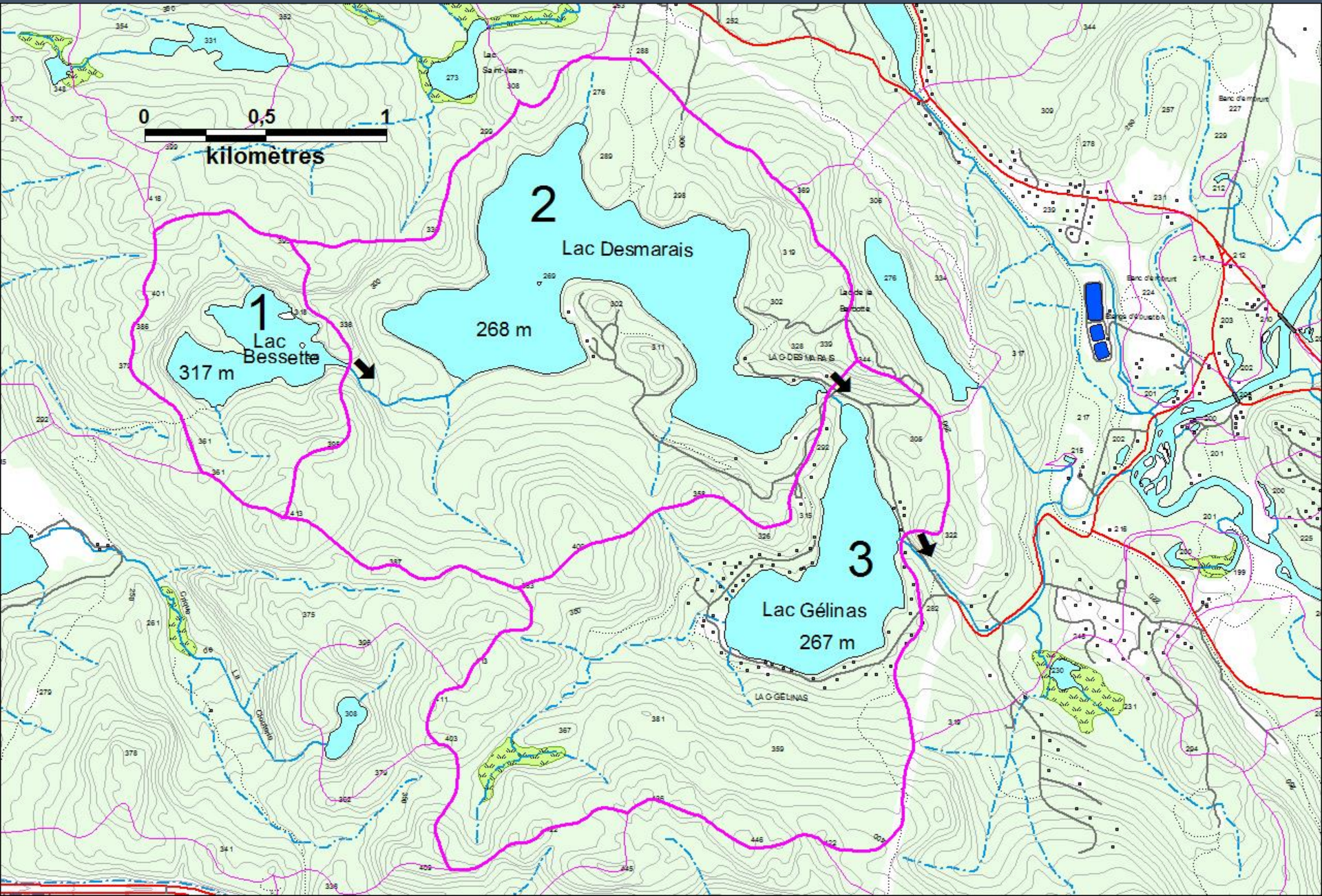




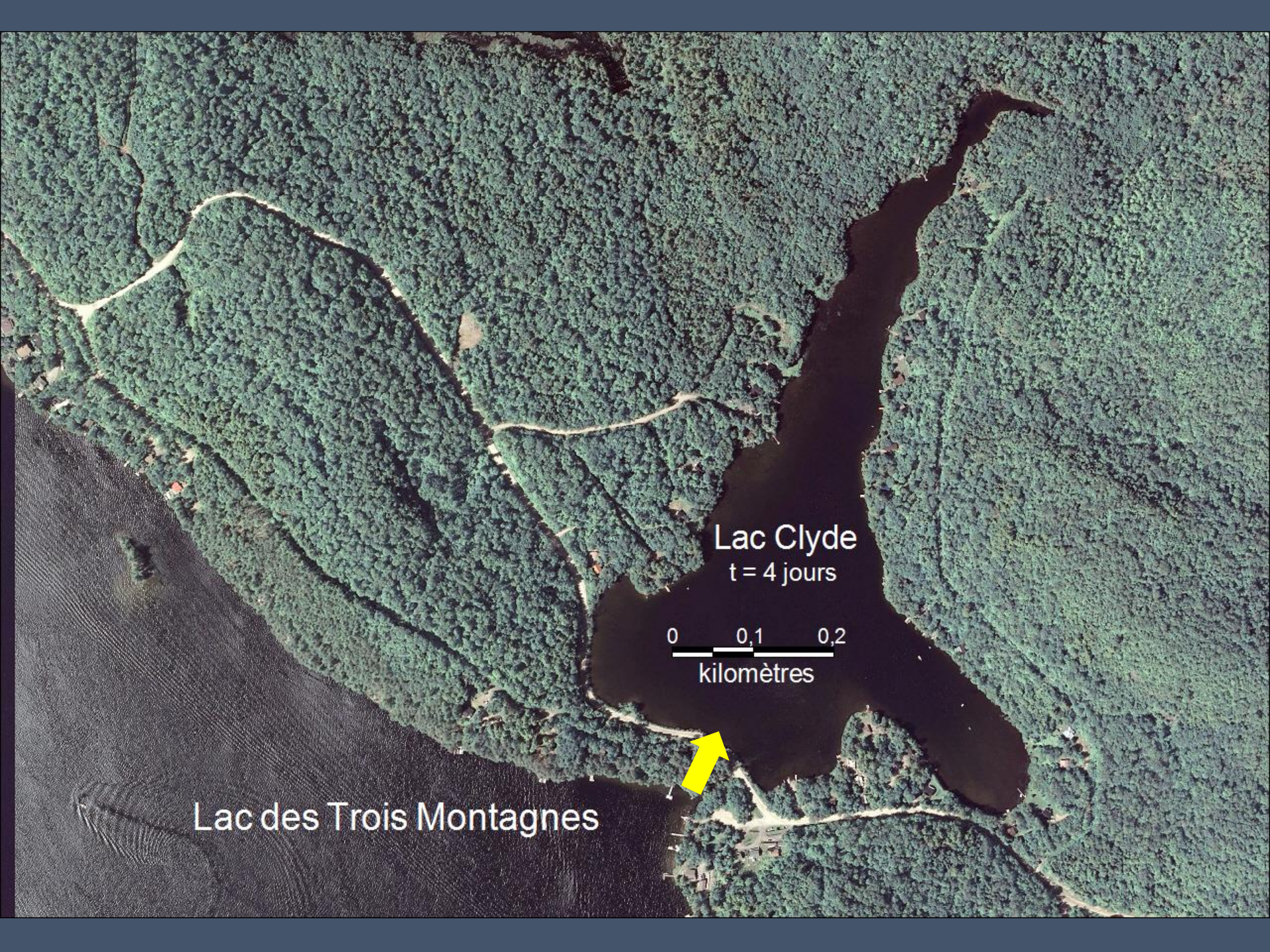




# Lac Gélinas : ordre hydrologique = 3





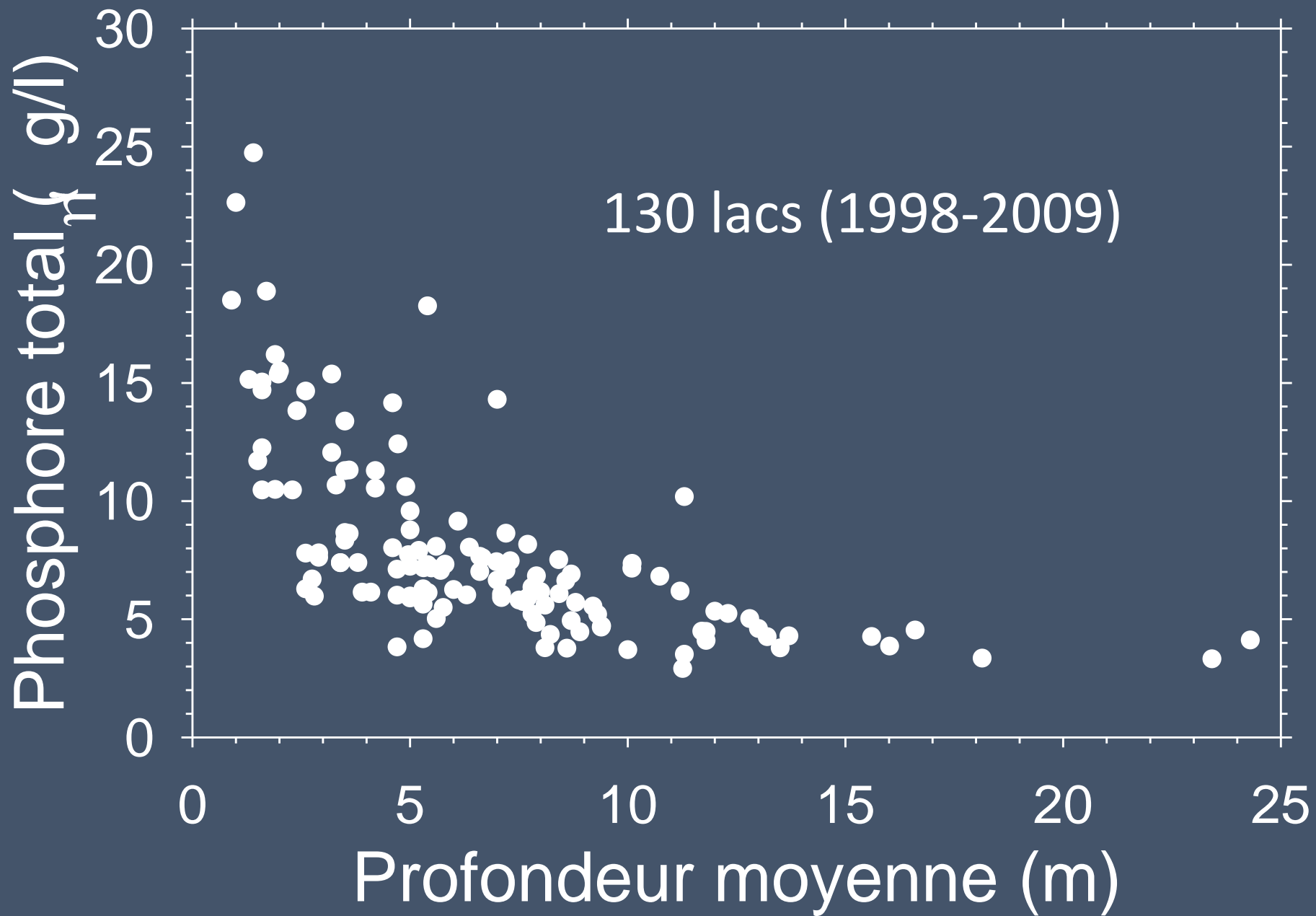


Lac Clyde  
t = 4 jours

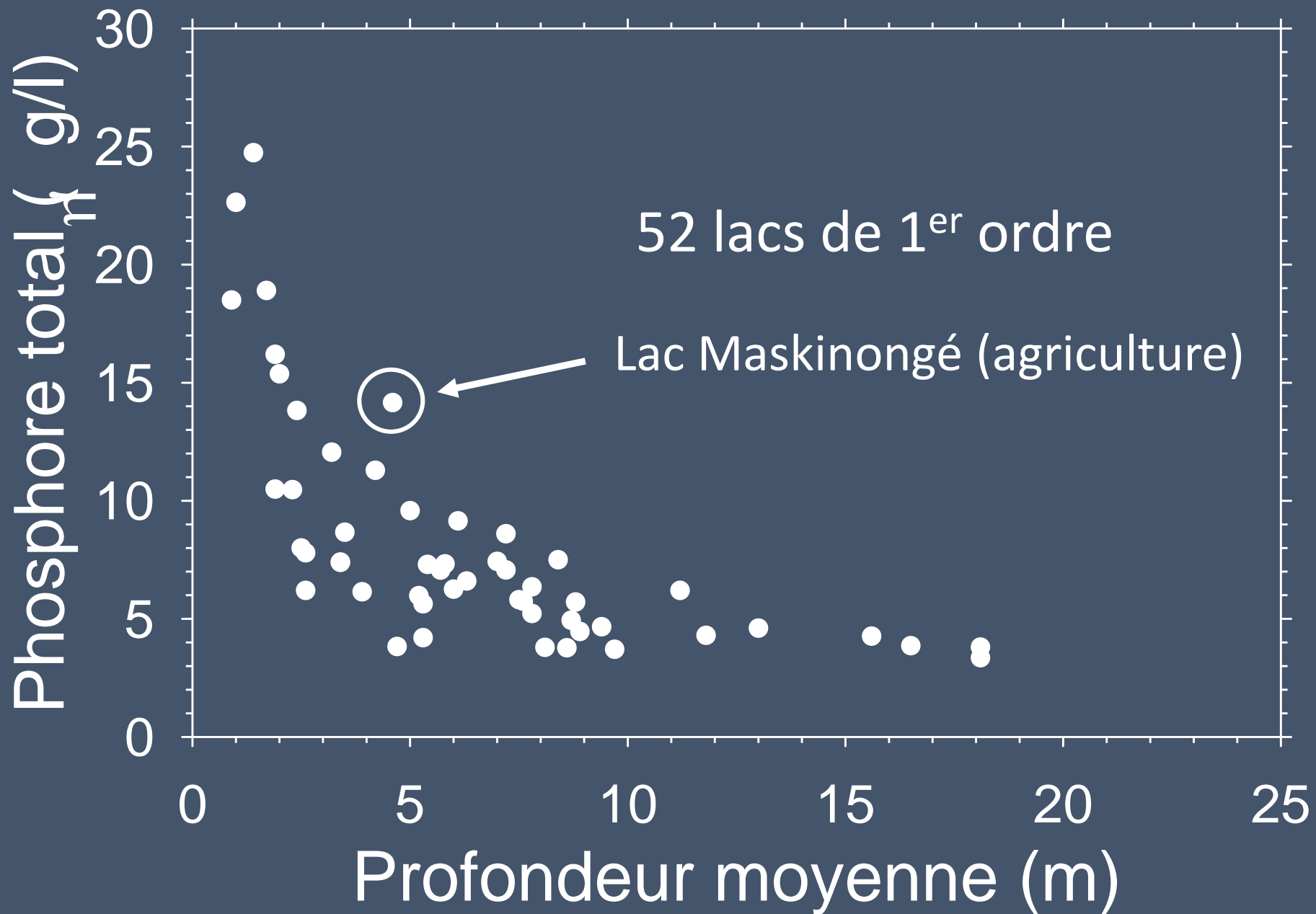
0 0,1 0,2  
kilomètres

Lac des Trois Montagnes











# Exclu : Lac Maskinongé, Tremblant (agriculture)

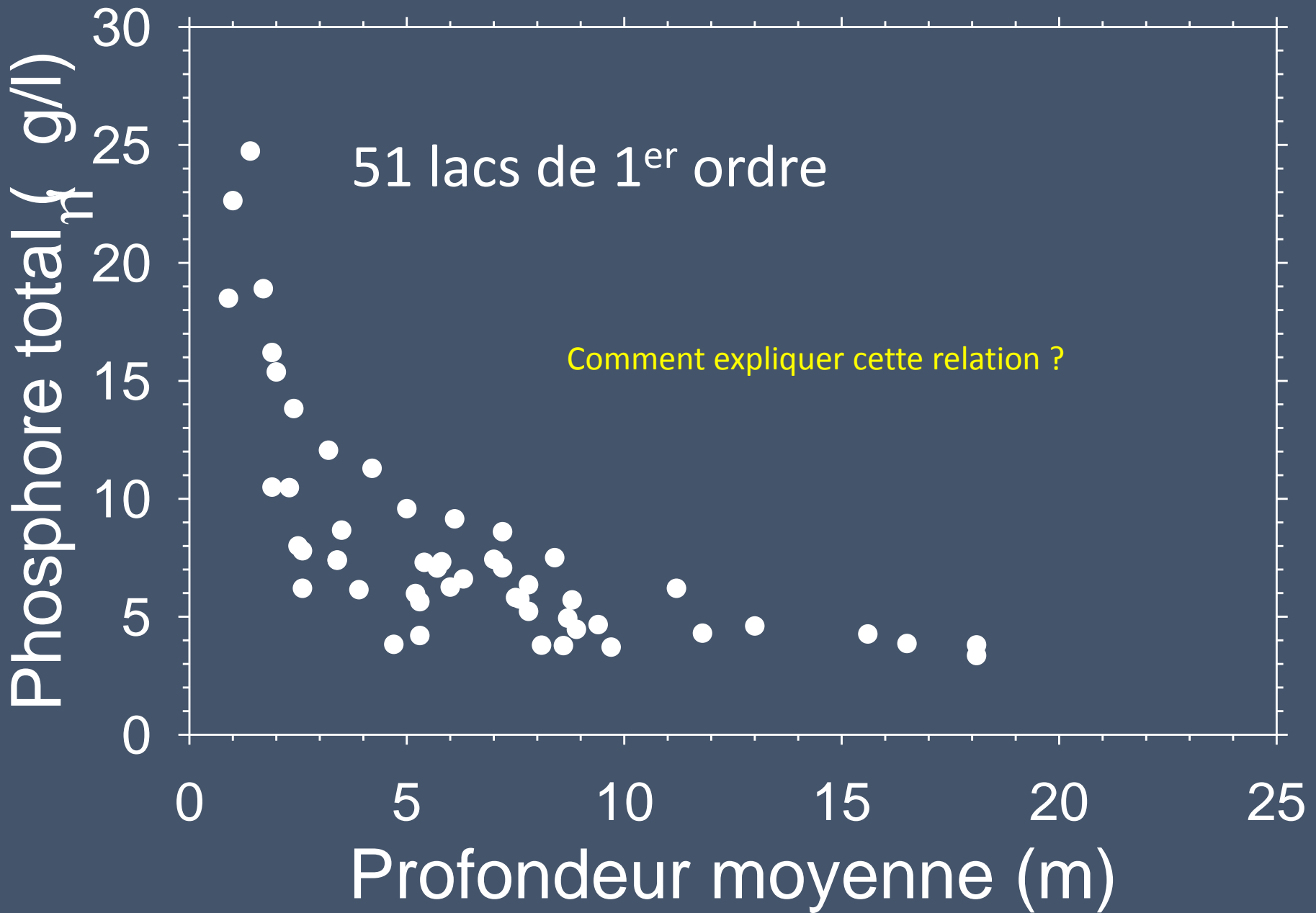
PT = 14,2  $\mu\text{g/L}$

Éclosions de cyanobactéries fréquentes et généralisées



0 0,5 1  
kilomètres

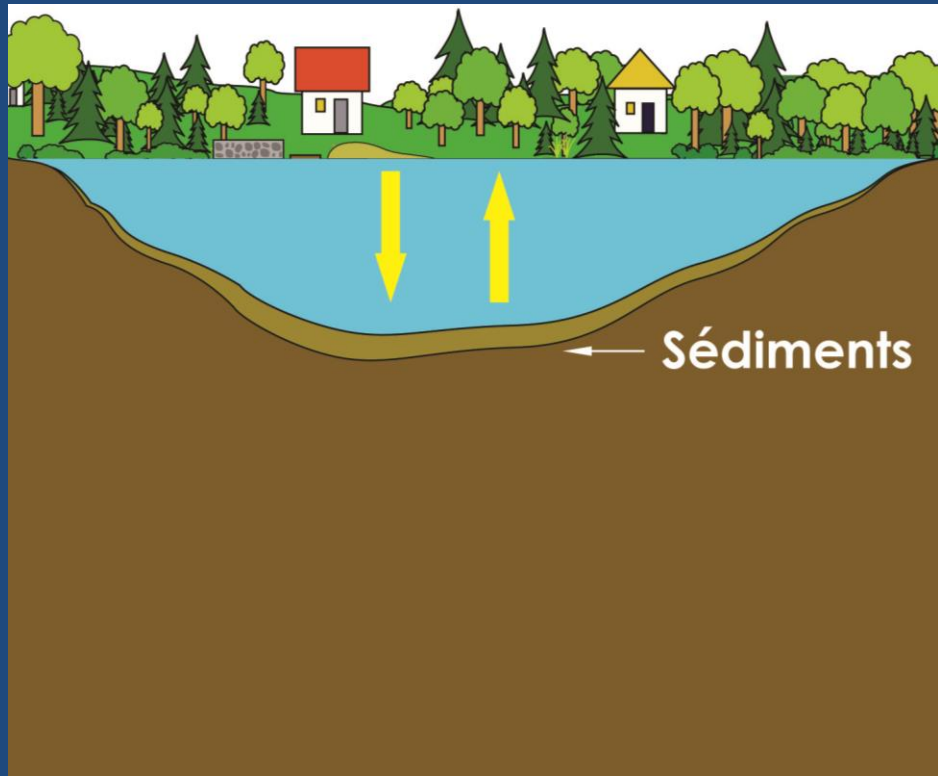






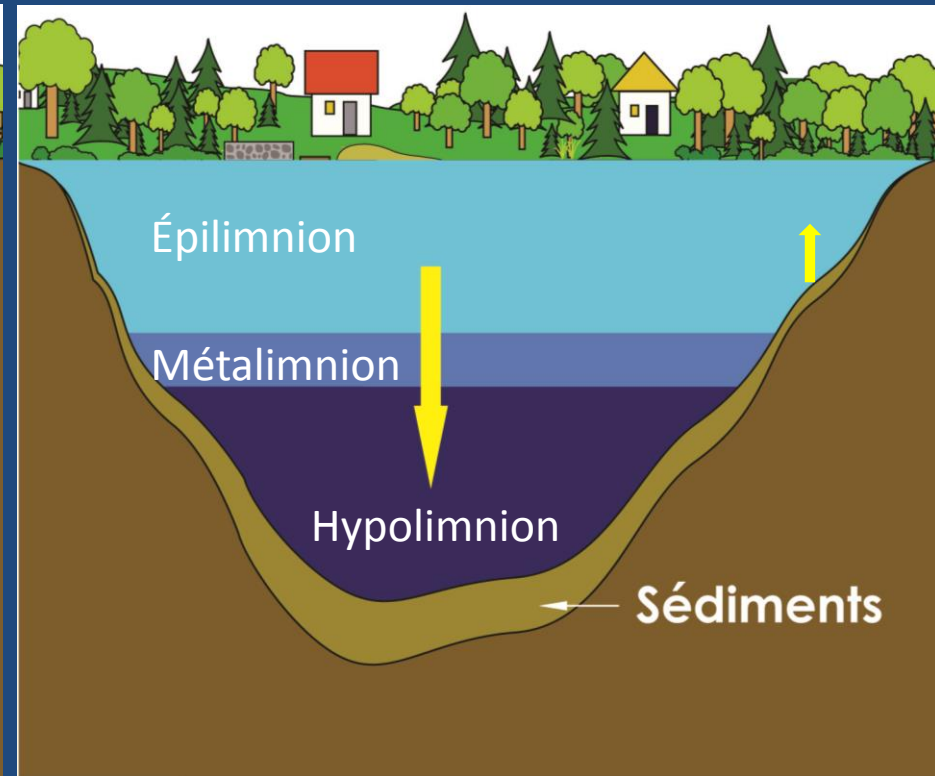
# Recyclage du phosphore dans les étangs et lacs

## Étang



Exemple : Lac Canard  
Sainte-Anne-des-Lacs

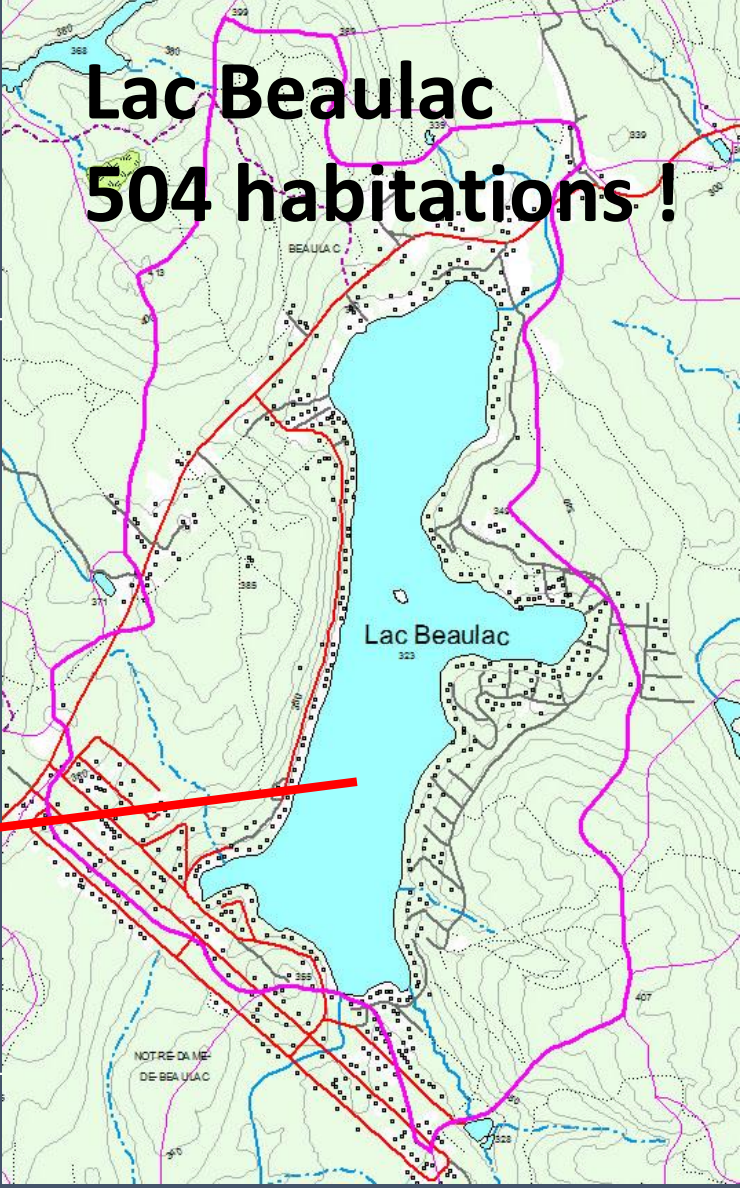
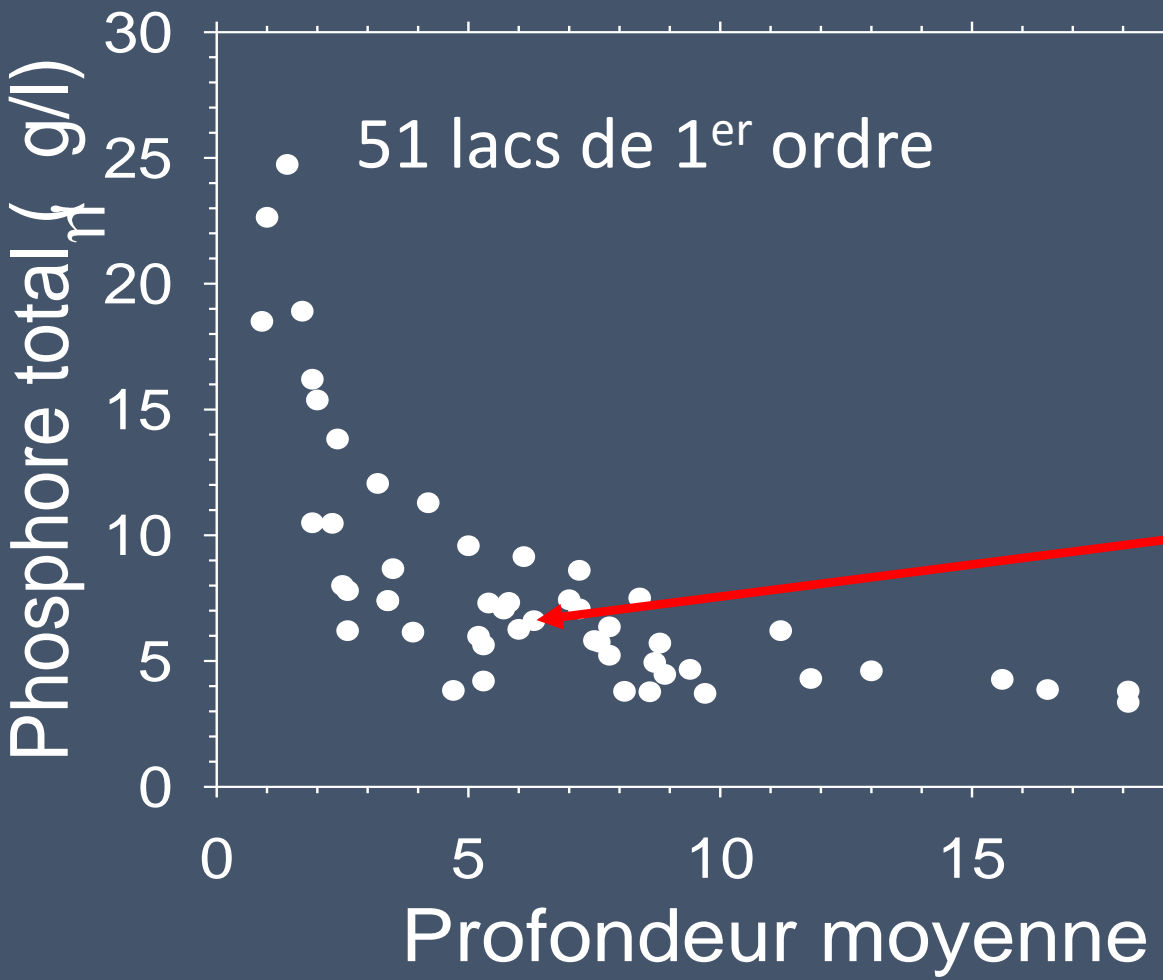
## Lac



Exemple : Lac Guindon  
Sainte-Anne-des-Lacs



**Lac Beaulac**  
**504 habitations !**

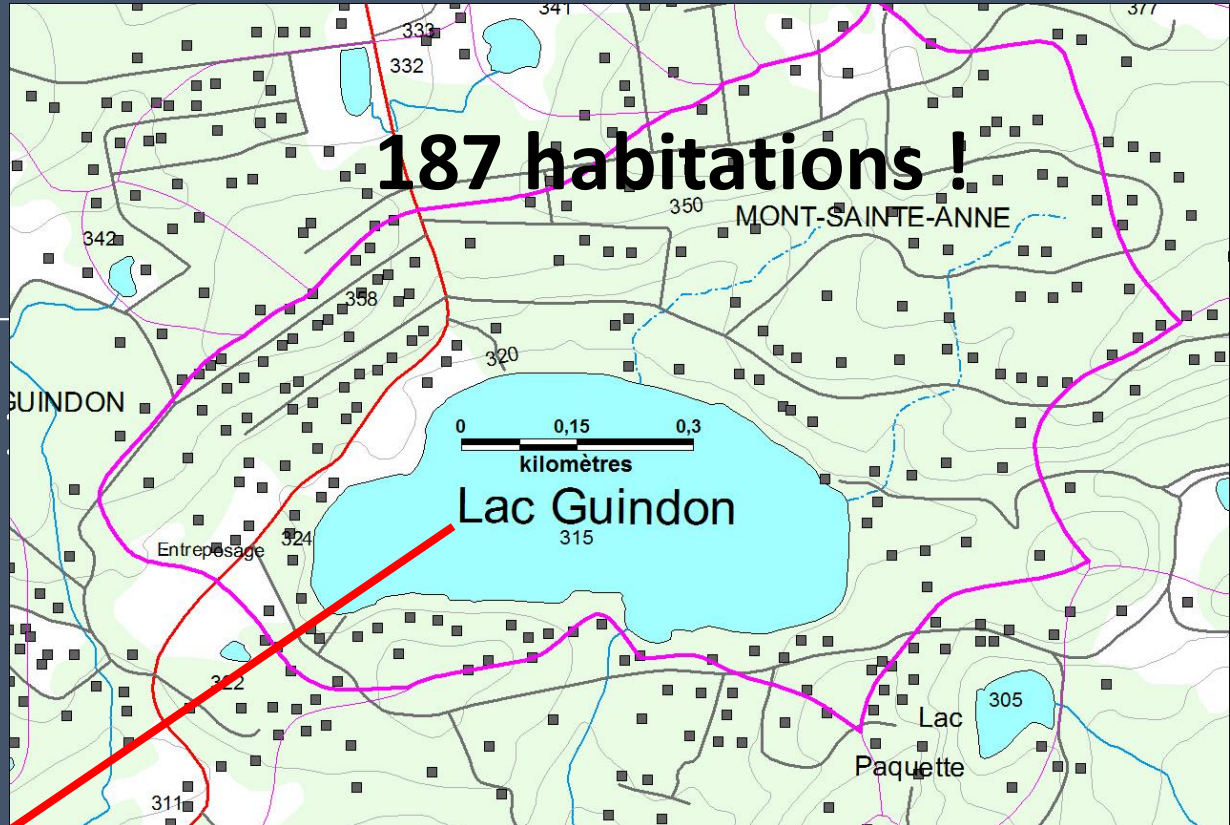
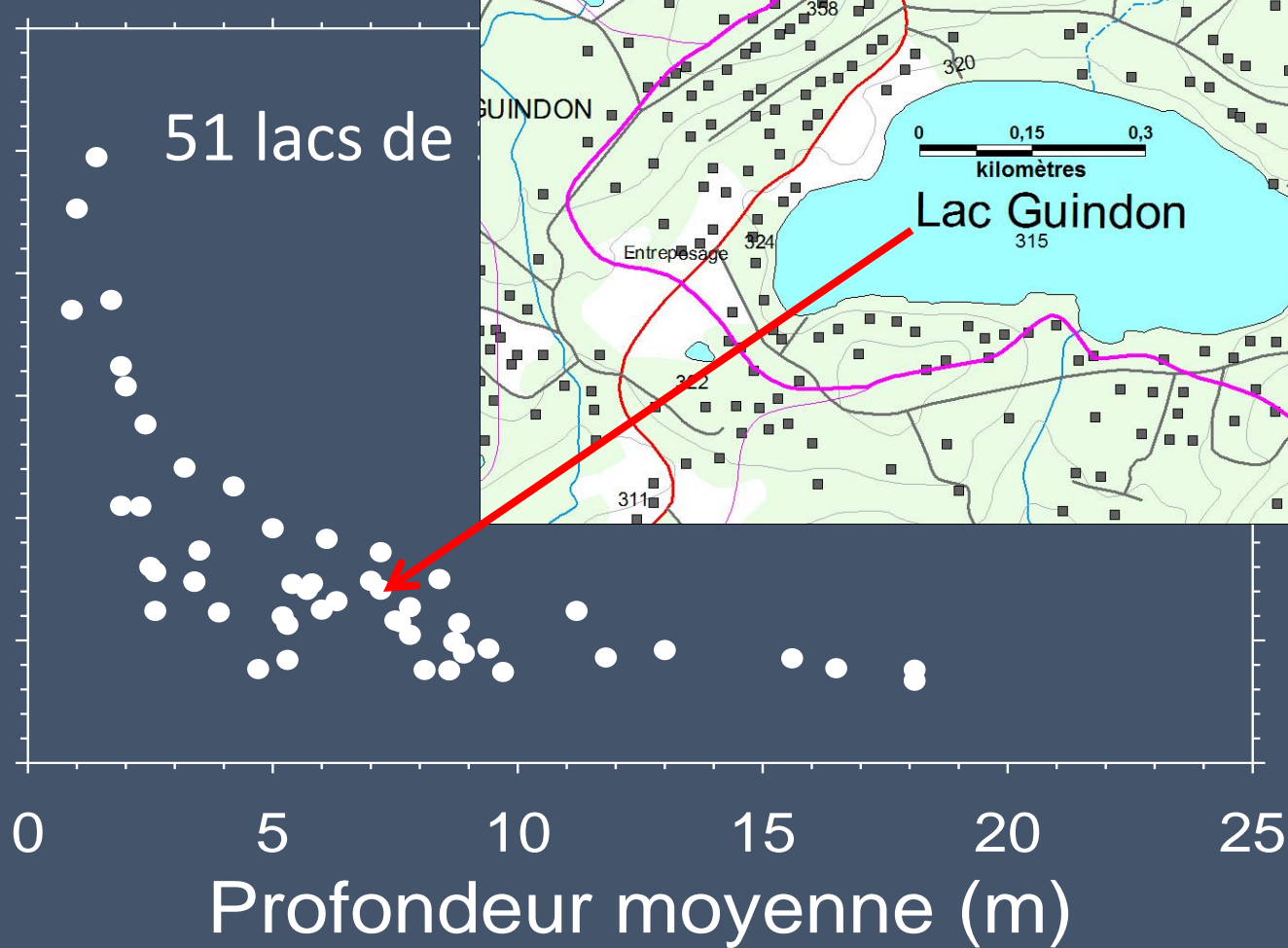




Phosphore total (g/l)

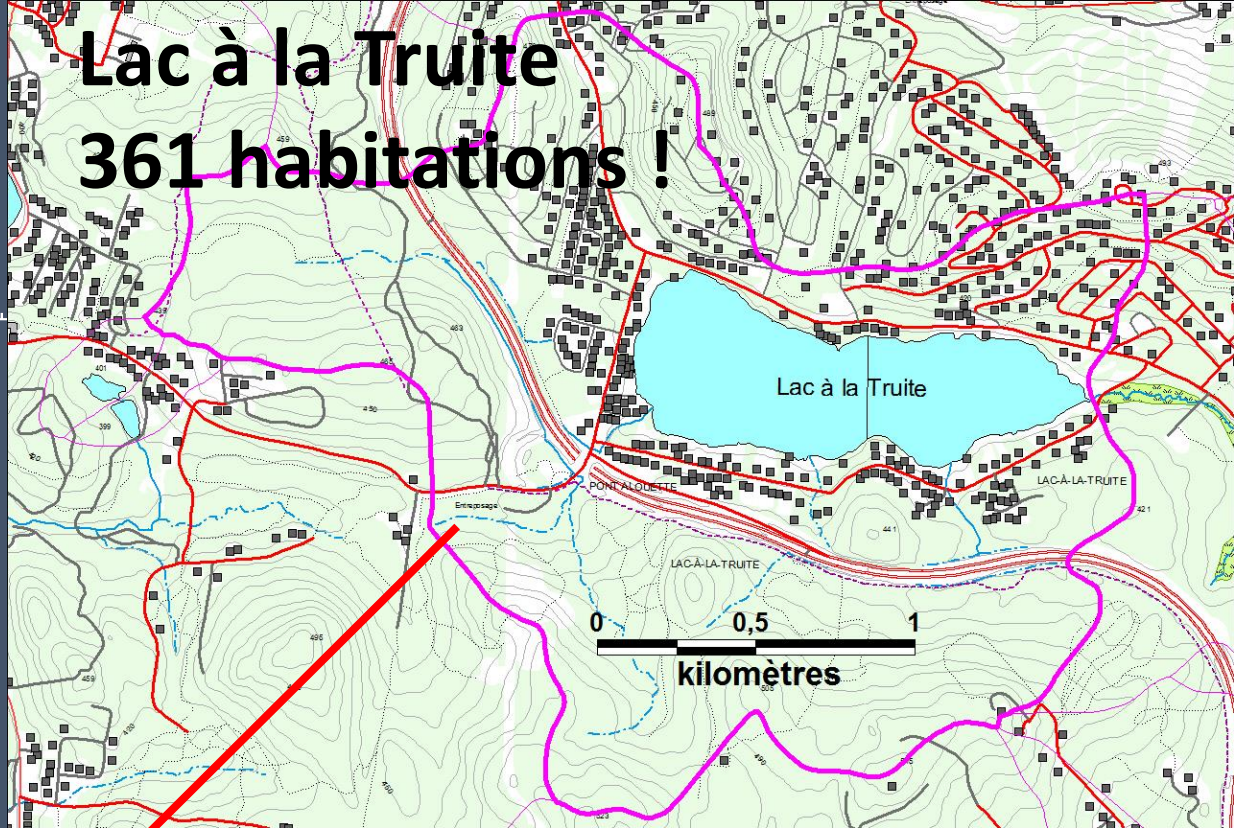
51 lacs de

**187 habitations !**

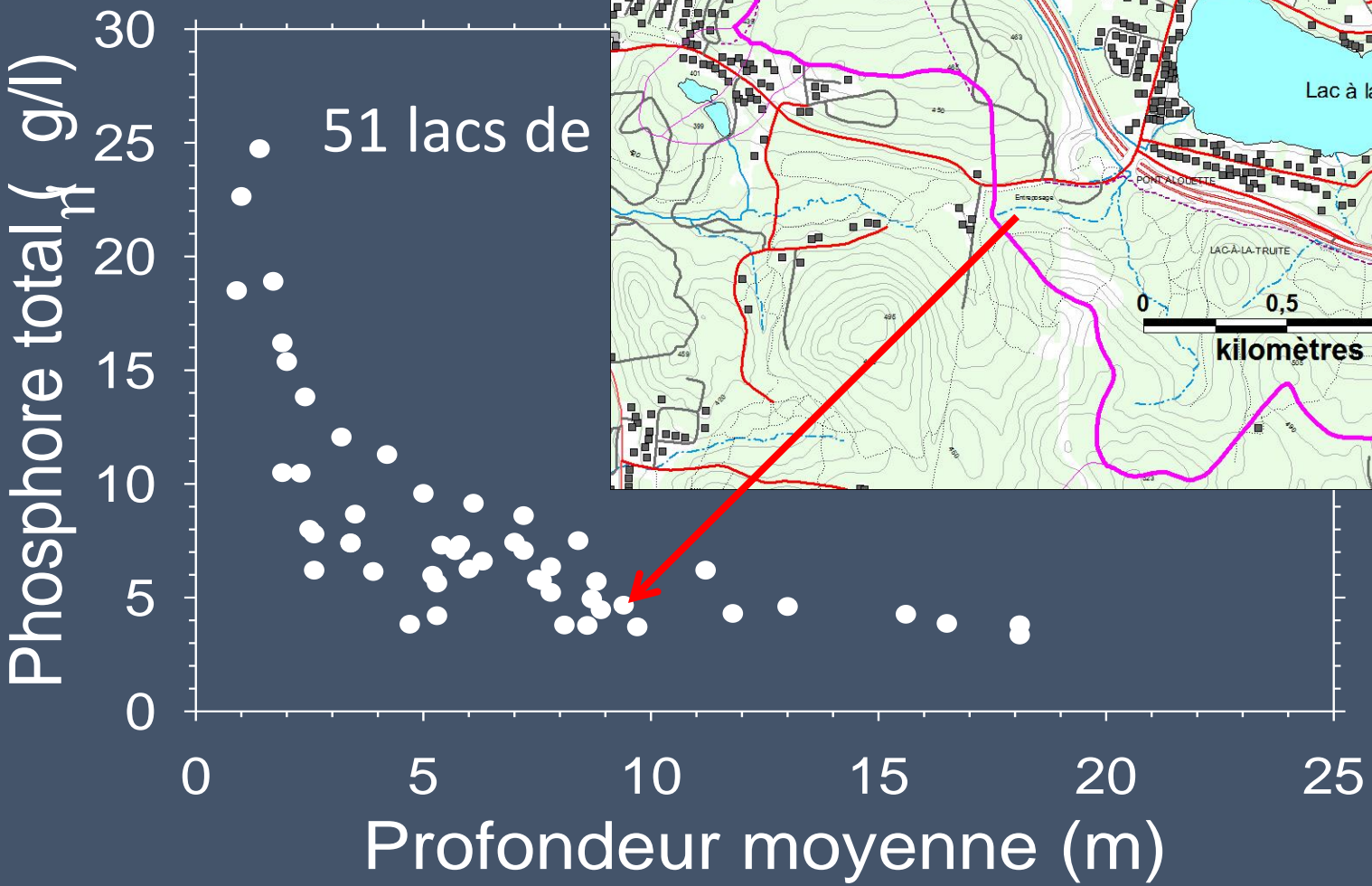




**Lac à la Truite**  
**361 habitations !**

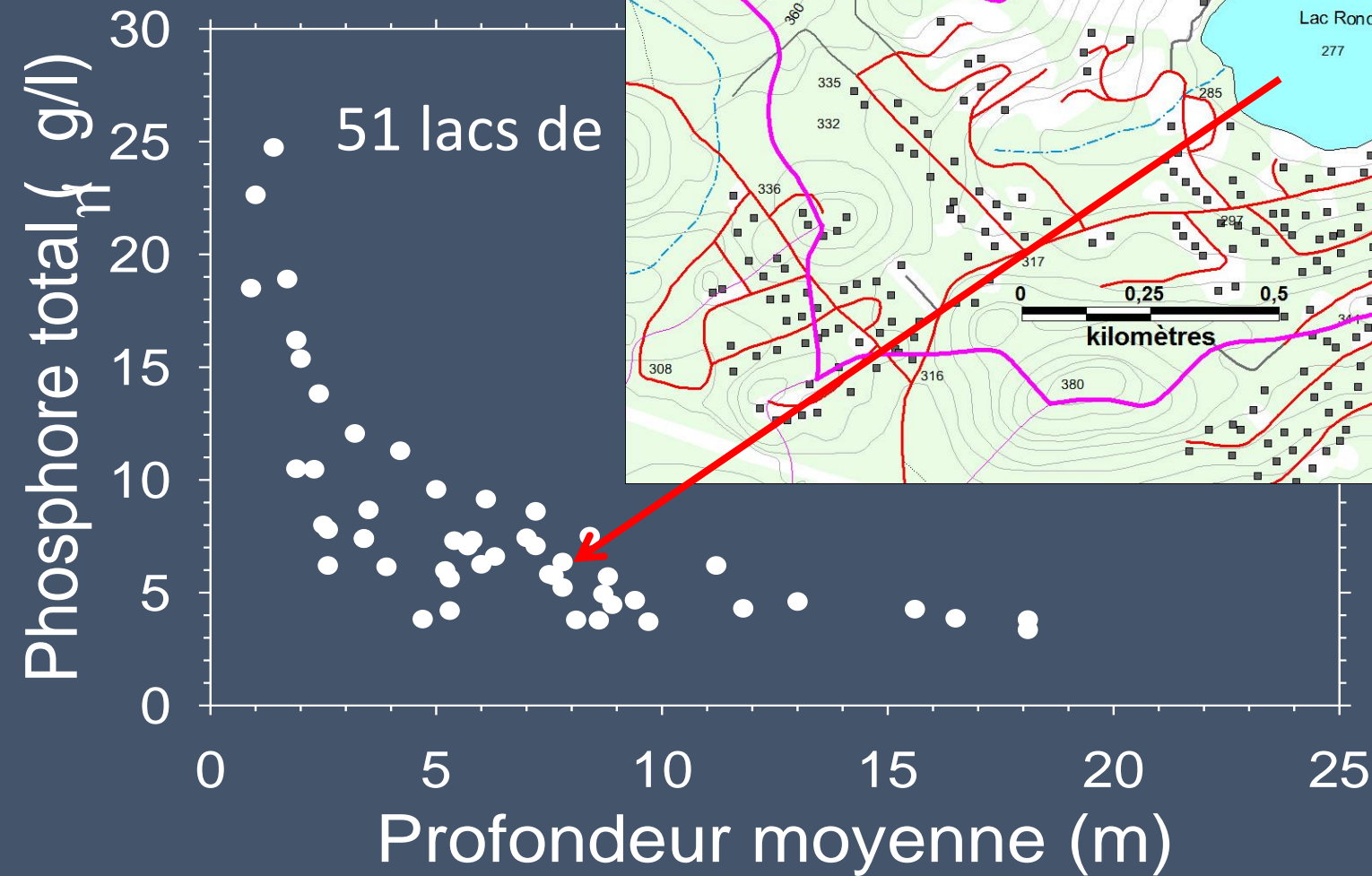
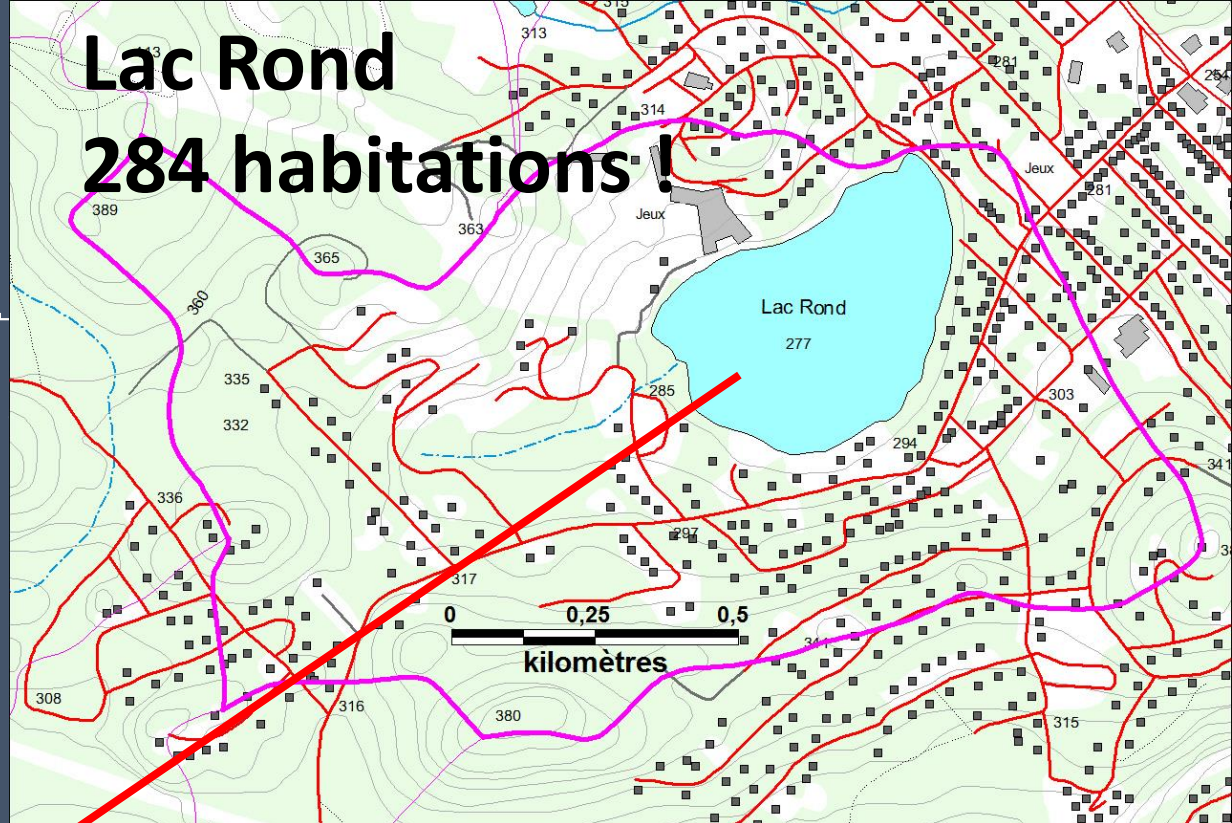


51 lacs de



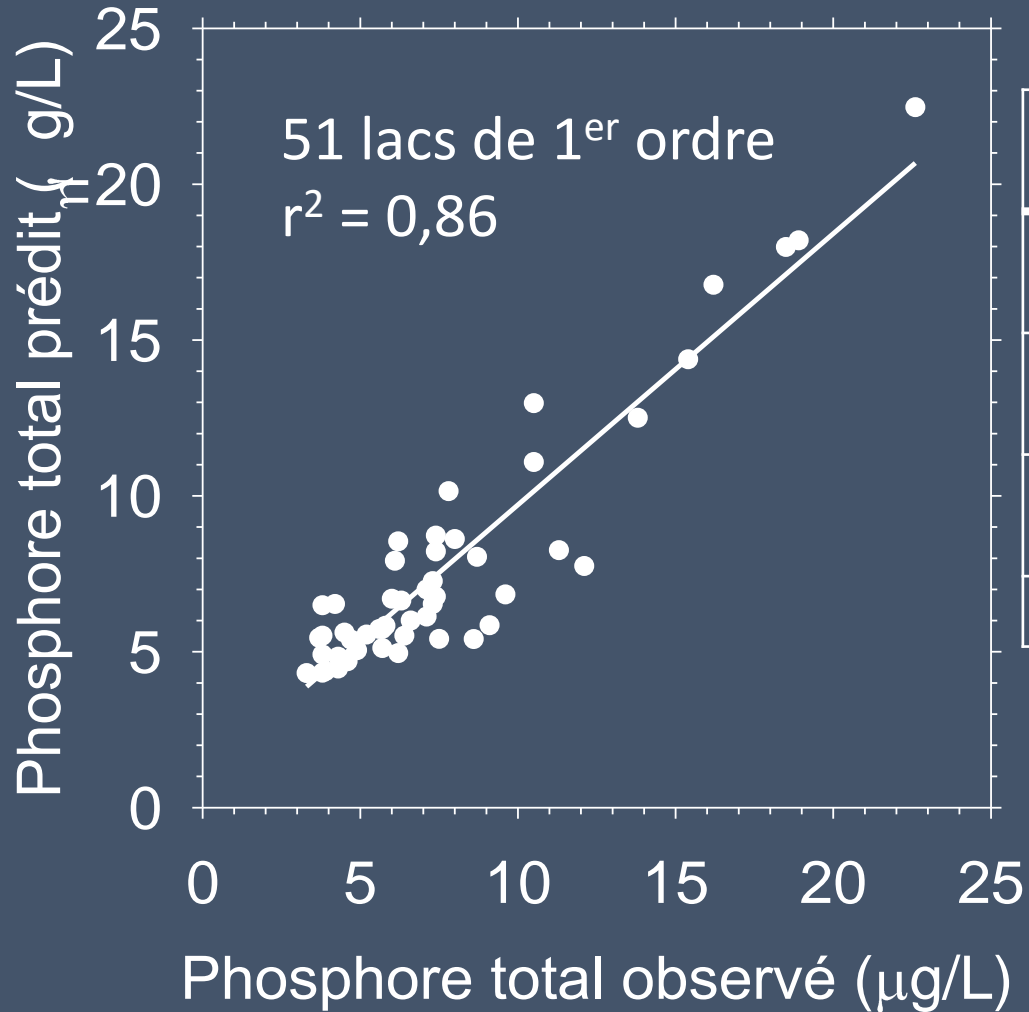


# Lac Rond 284 habitations !





En régression multiple, seulement quatre variables expliquent le P de cette population de lacs :



Variable	% variance	p
1/profondeur moyenne	76,5	< 0,0000
Milieux humides/volume	5,7	<0,0000
1/temps séjour de l'eau	1,2	0,008
Bâtiments/volume	1,9	0,01



Dans les lacs des Laurentides, l'intensité de la villégiature n'a que peu d'influence sur la concentration en **phosphore** et sur l'abondance des cyanobactéries dans la colonne d'eau

En conséquence :

Les modèles de « capacité de support » basés sur :

- un coefficient d'exportation associé aux habitations et
- une concentration en phosphore dans la colonne d'eau et un degré de développement immobilier à ne pas dépasser sont inadéquats et sans avenir



**Agriculture** (non durable)



**Atmosphère**



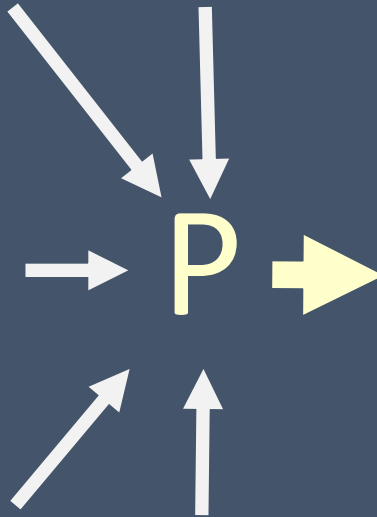
**Habitations**



**Milieux humides**



**Forêts**





Ceci ne veut pas dire que les sources diffuses de P et de N provenant de la villégiature n'ont aucune incidence sur la qualité des écosystèmes lacustres

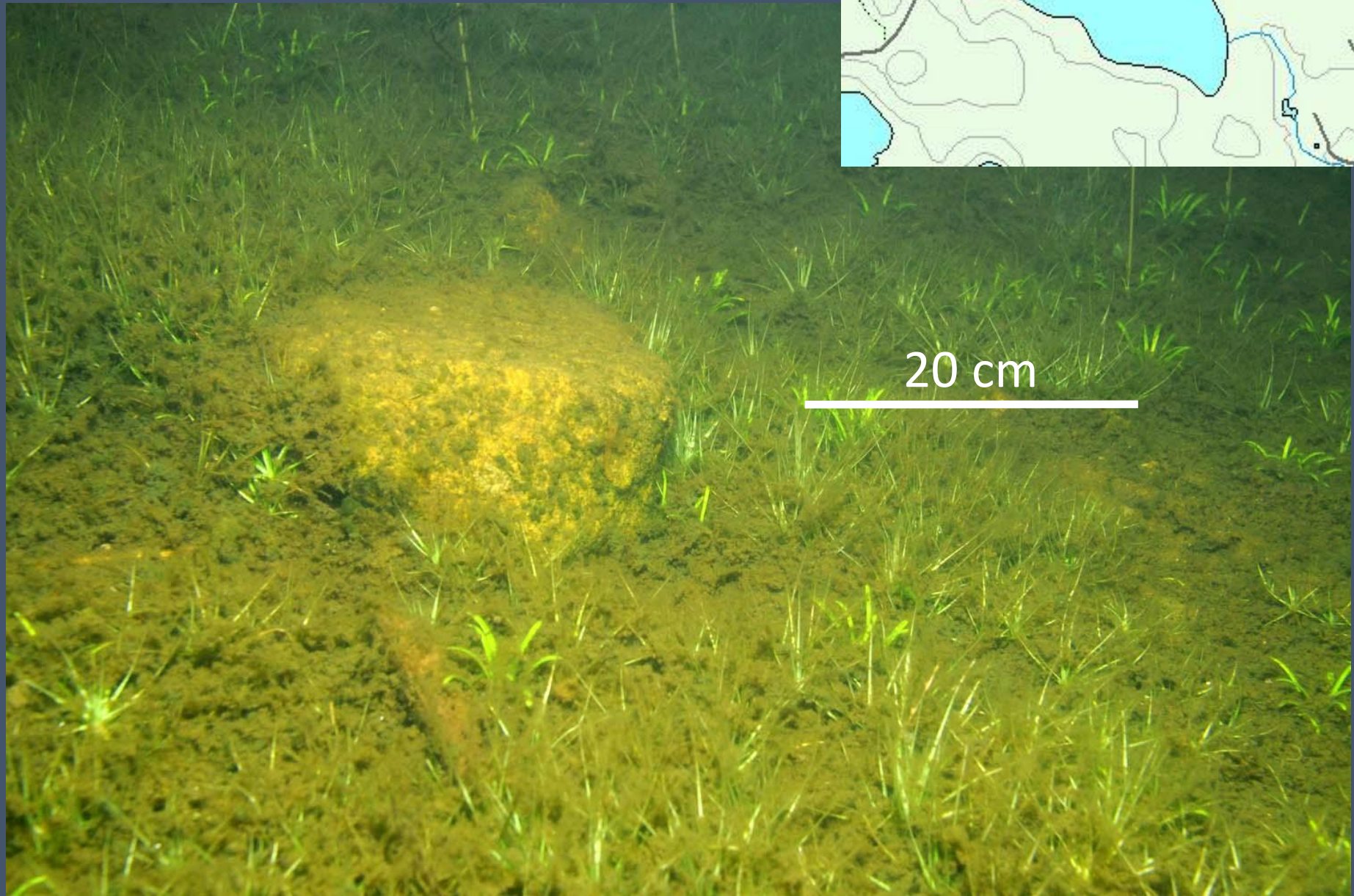
Beaucoup d'autres choses changent avant le phosphore, la biomasse planctonique et l'incidence des cyanobactéries dans la colonne d'eau



*Myriophyllum spicatum*  
Lac Pémichangan,  
septembre 2009



# Roche, lac Morin, août 2009

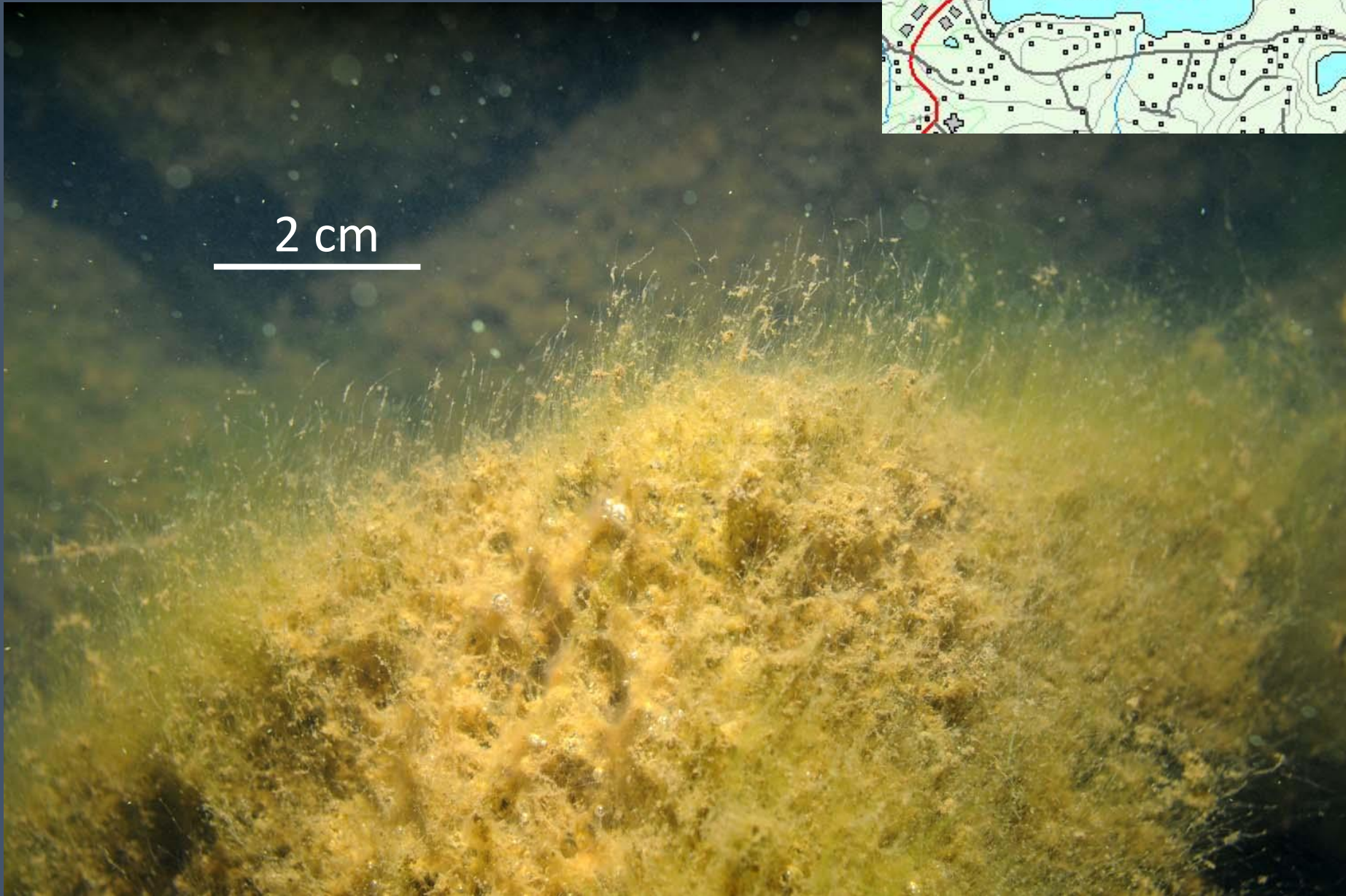




# Roche, lac Guindon, juillet 2009

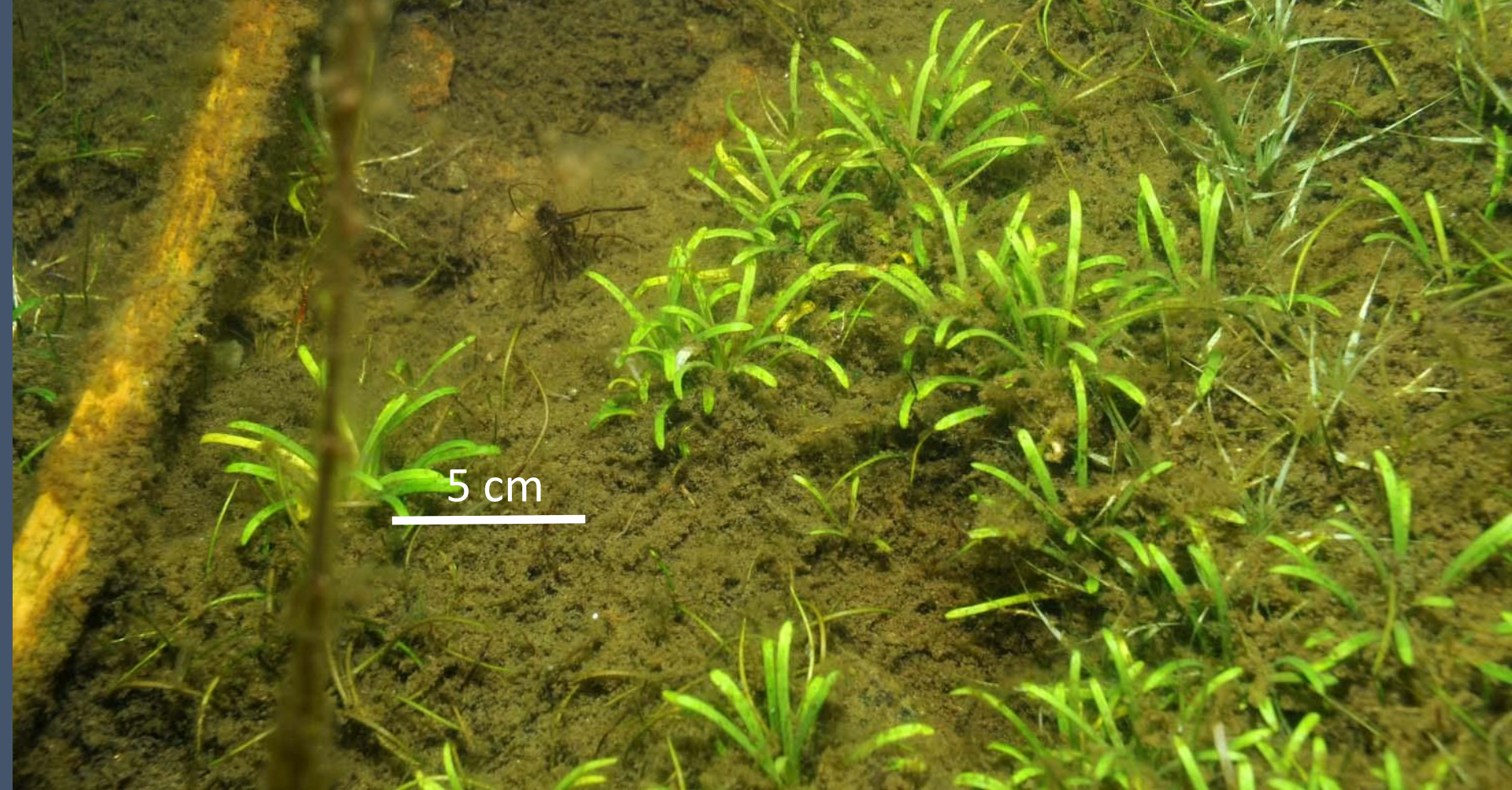


2 cm





# Zone littorale, lac Morin, août 2009



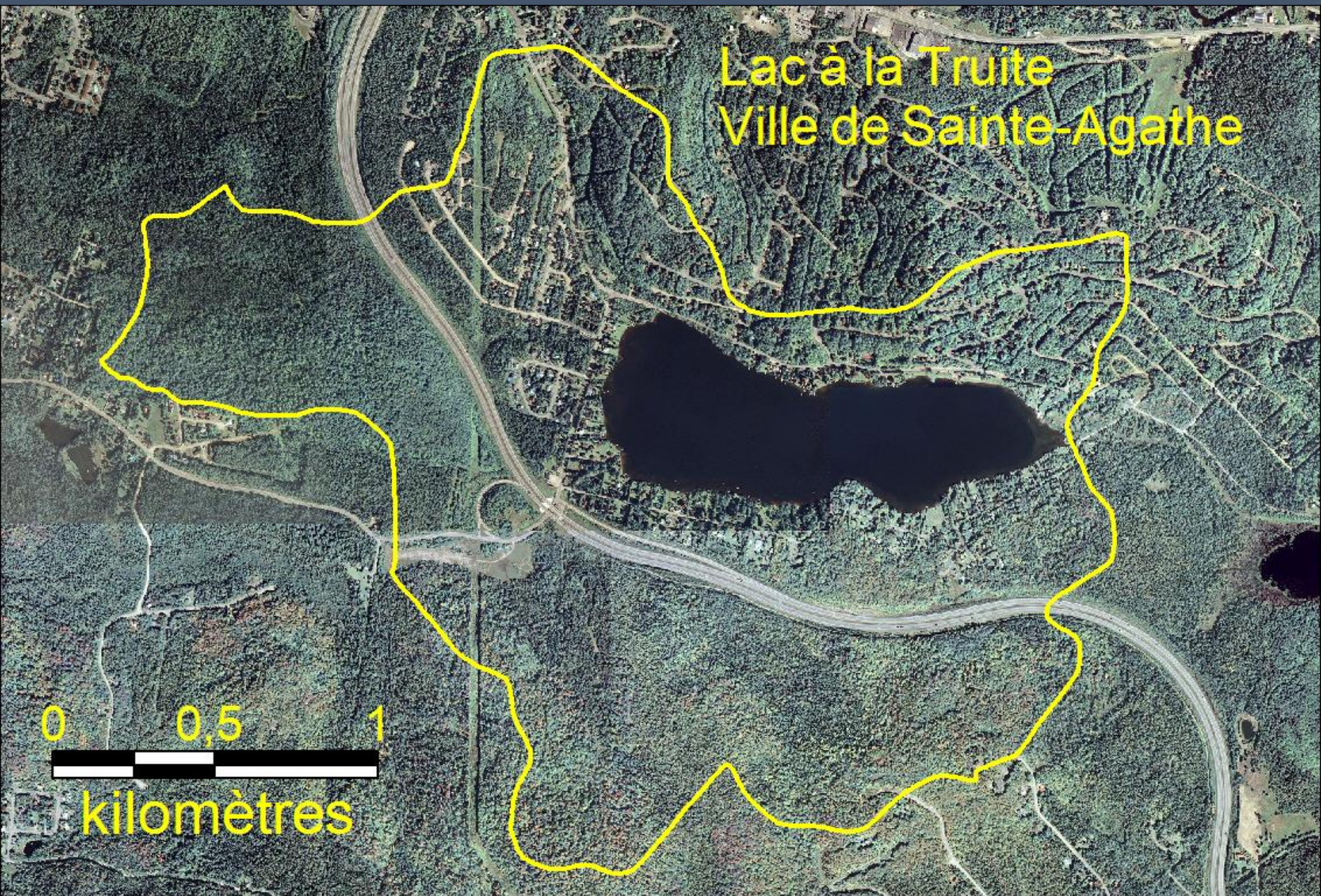


# Zone littorale, lac Saint-Amour, août 2008





# Les macrophytes dans les lacs très habités



Lac à la Truite  
Ville de Sainte-Agathe

0 0,5 1

kilomètres

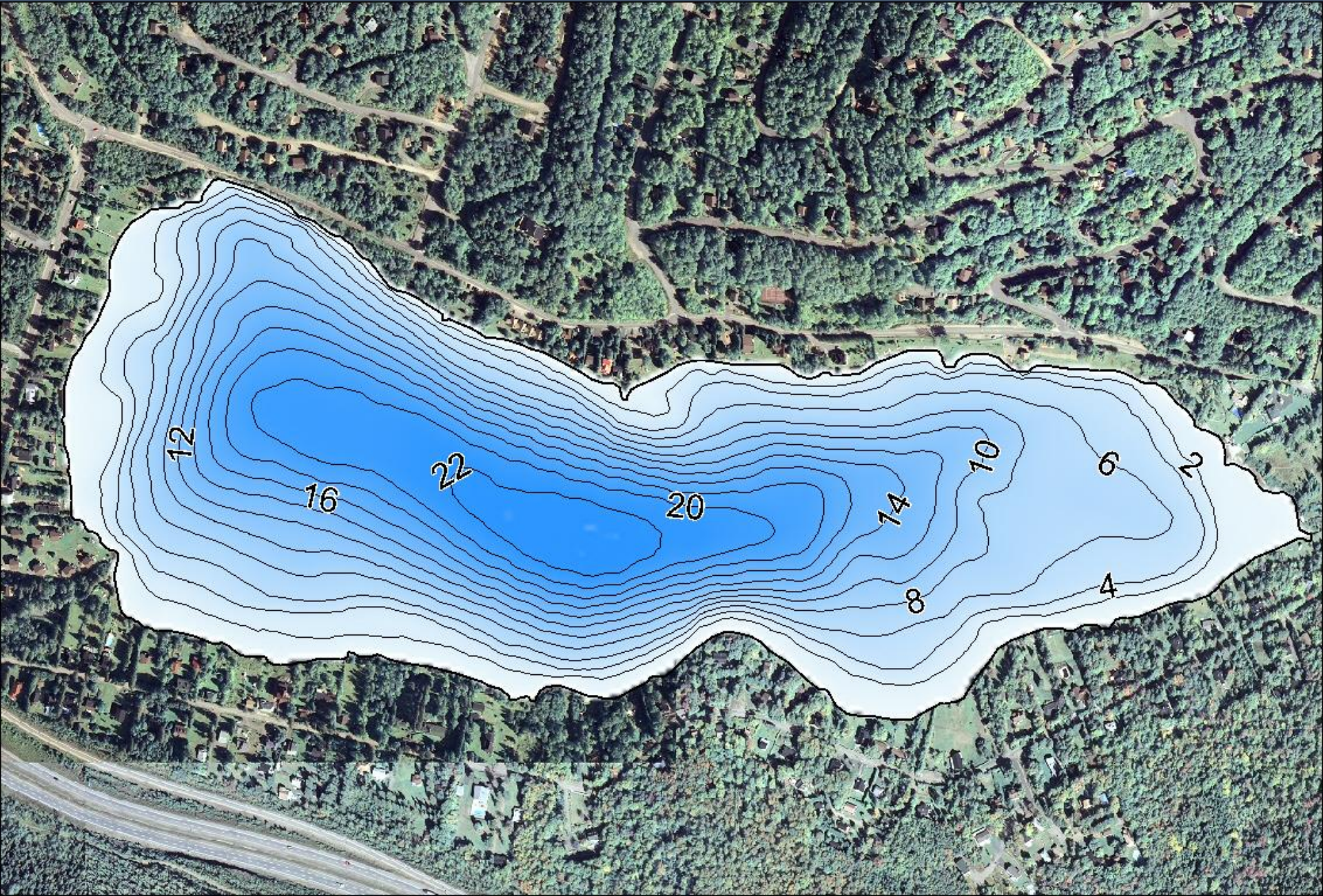


# Lac à la Truite, Sainte-Agathe-des-Monts





# Lac à la Truite, Sainte-Agathe-des-Monts

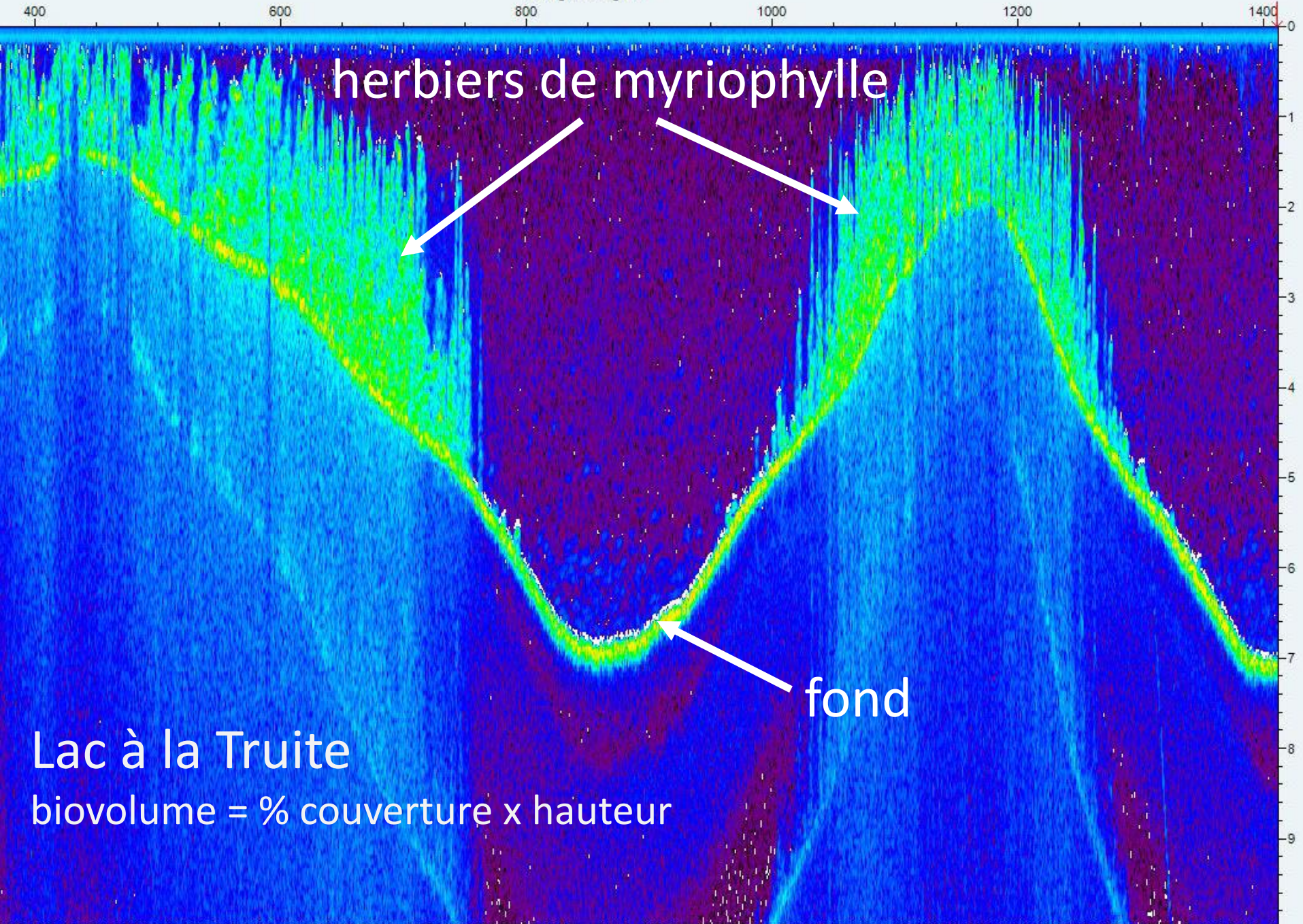




# Lac à la Truite, Sainte-Agathe-des-Monts



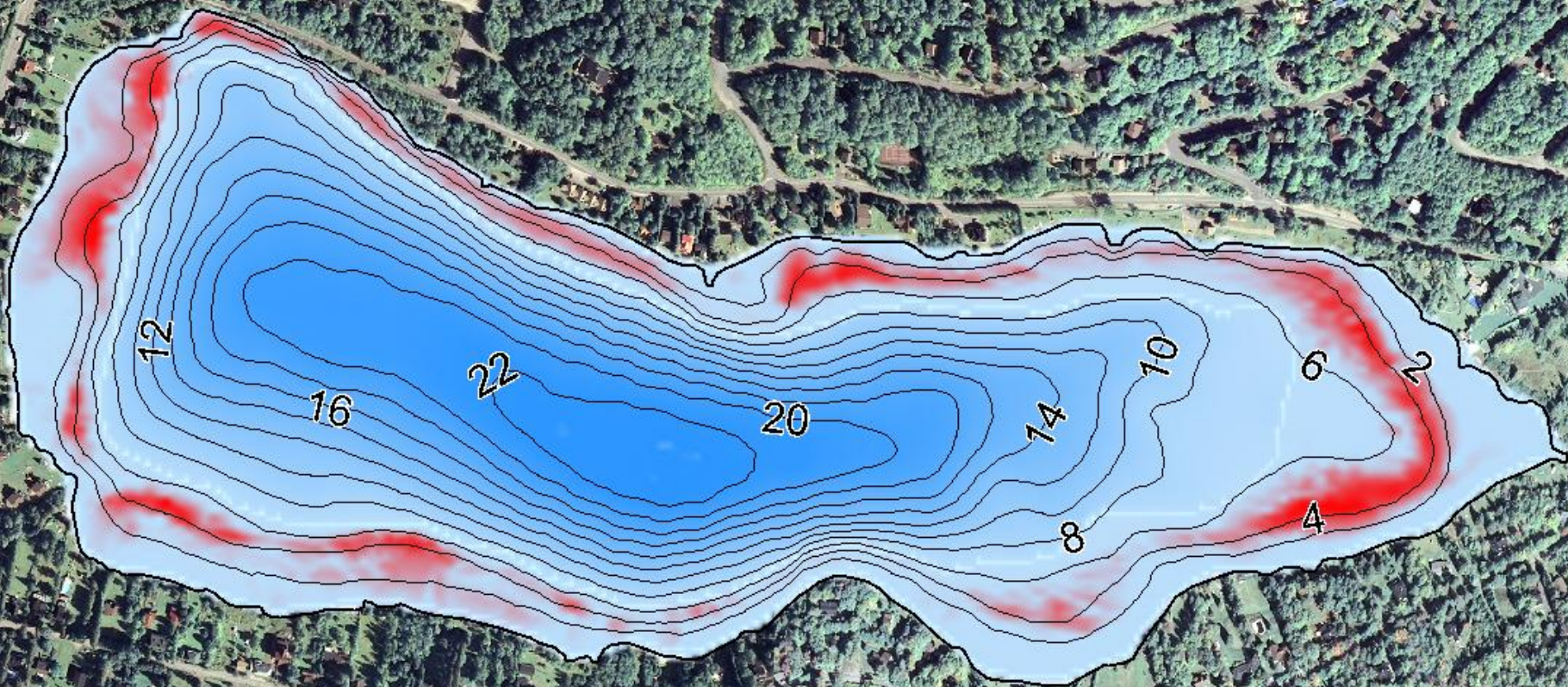






# Lac à la Truite, Sainte-Agathe-des-Monts

Lac à la Truite  
Biovolume des macrophytes





# Lac à la Truite, Sainte-Agathe-des-Monts

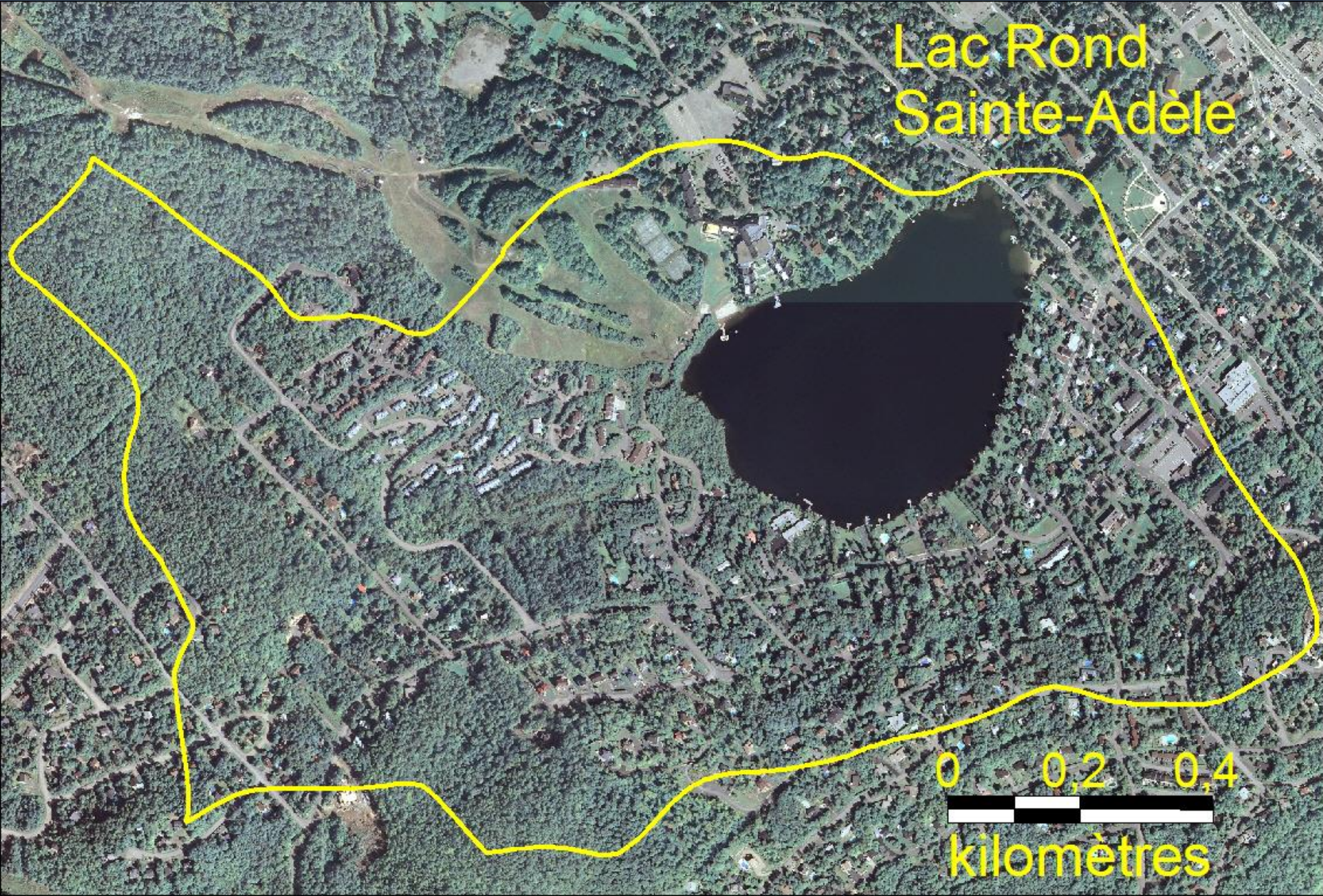
(le même jour)





# Lac Rond, Sainte-Adèle

Lac Rond  
Sainte-Adèle



0 0,2 0,4  
kilomètres

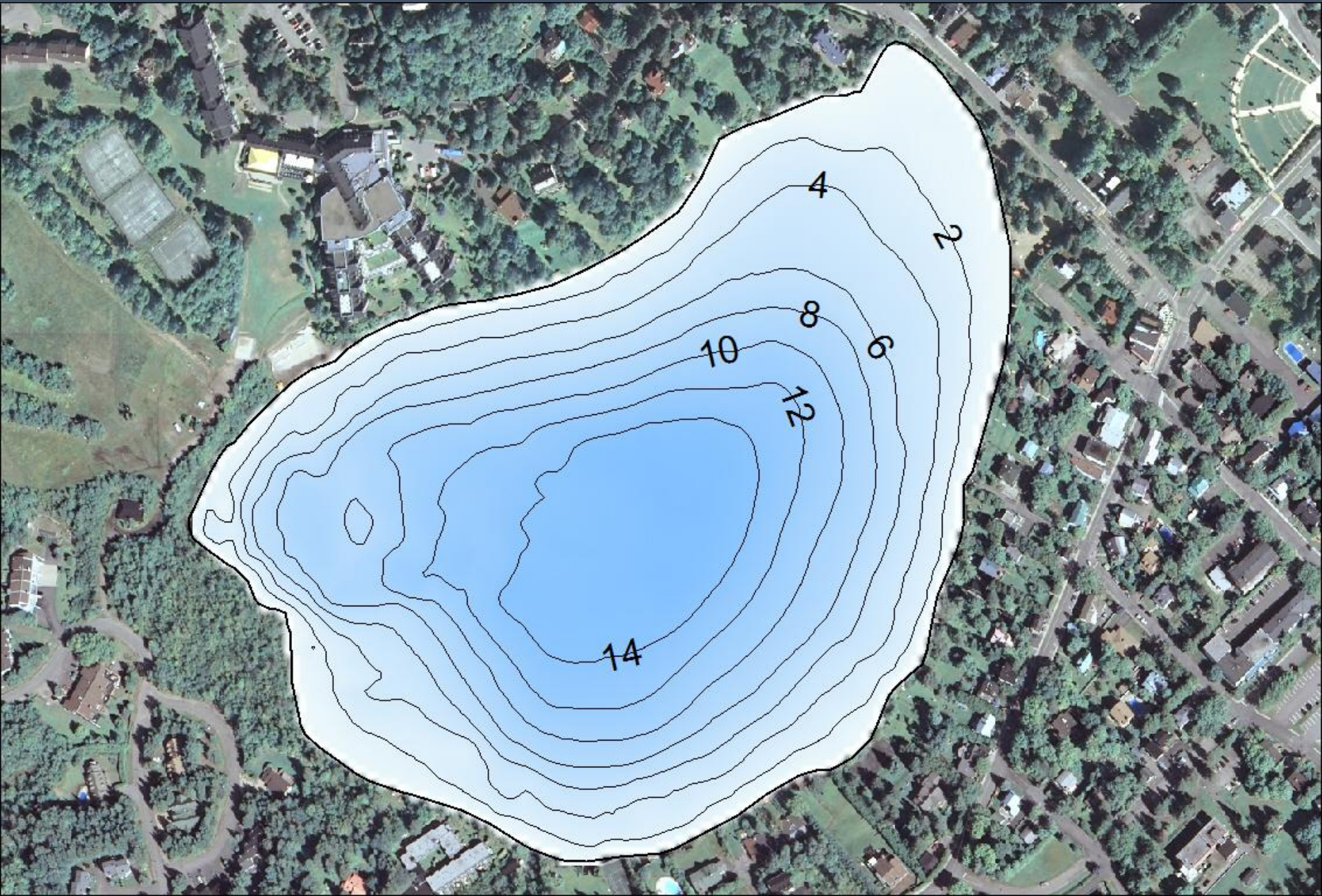


# Lac Rond, Sainte-Adèle





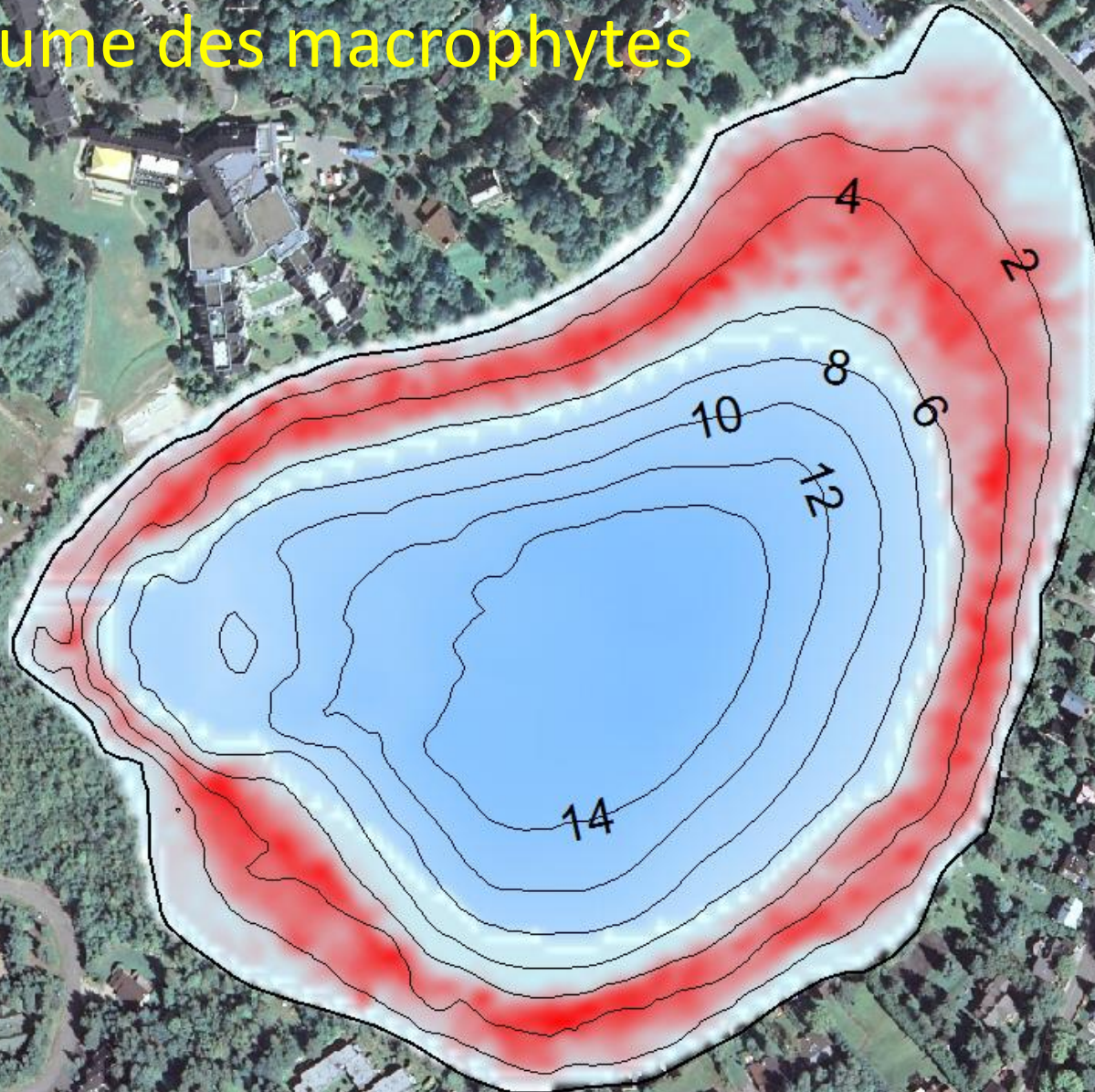
# Lac Rond, Sainte-Adèle





# Lac Rond, Sainte-Adèle

## Biovolume des macrophytes



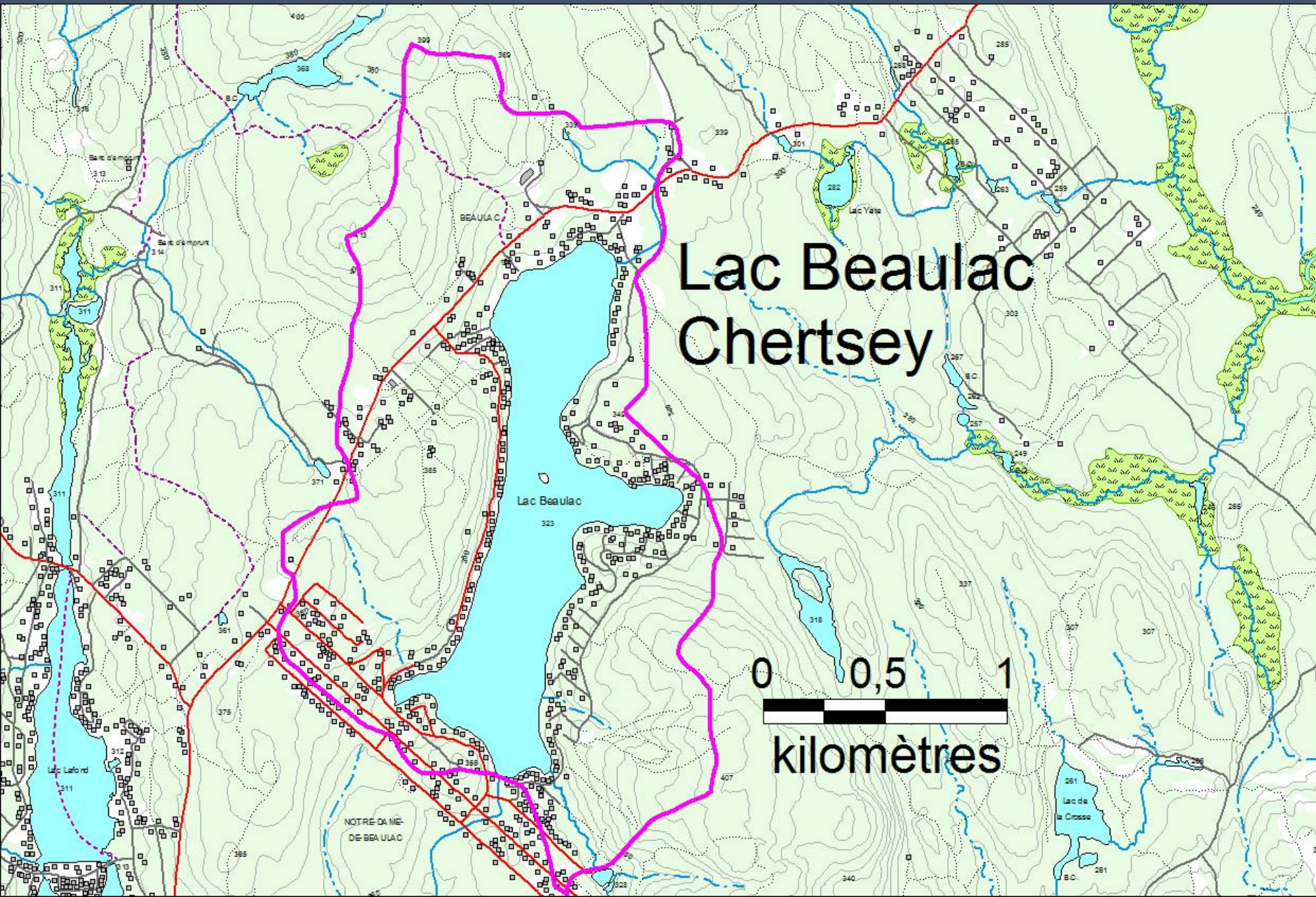


# Lac Rond, Sainte-Adèle



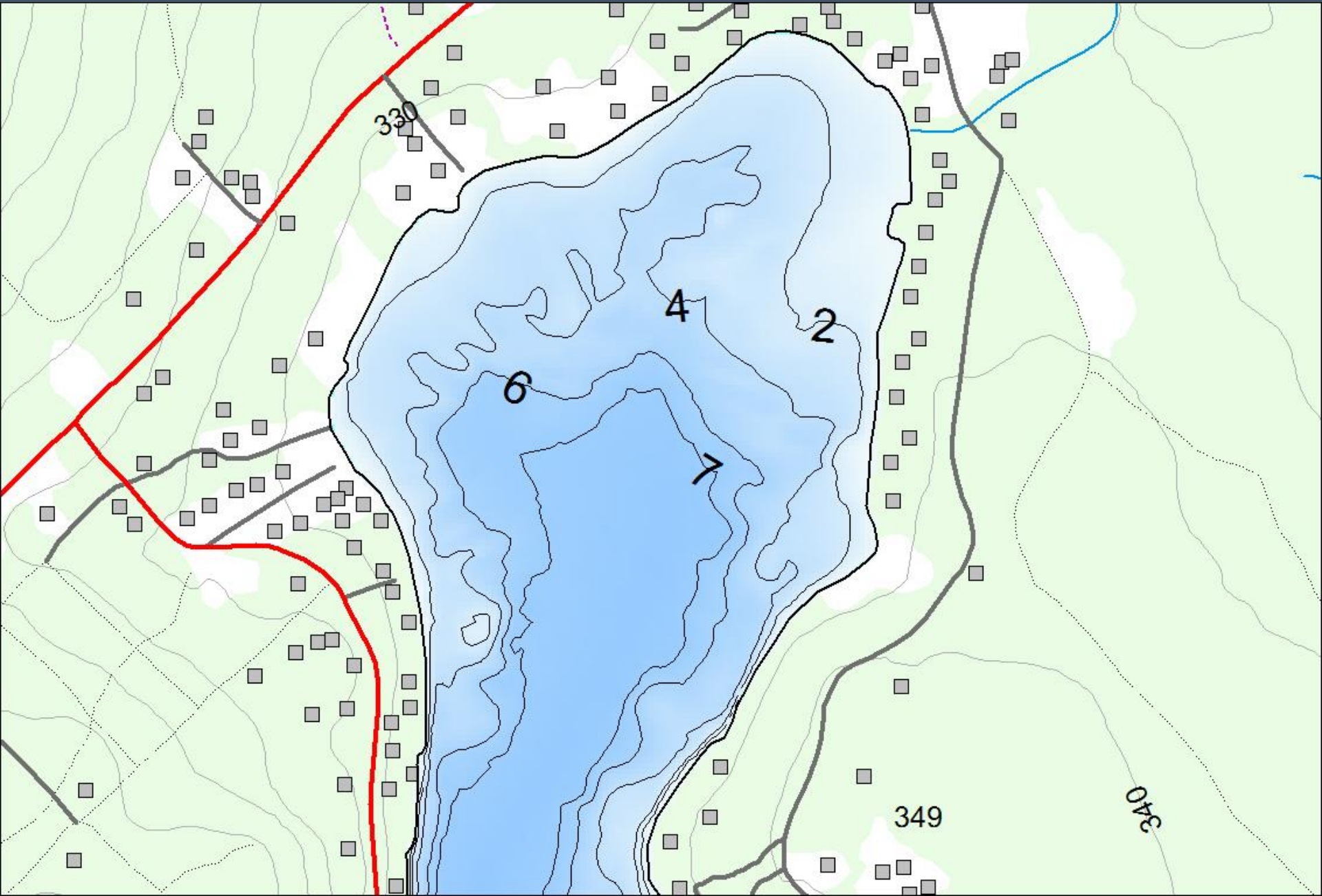


# Lac Beaulac, Chertsey



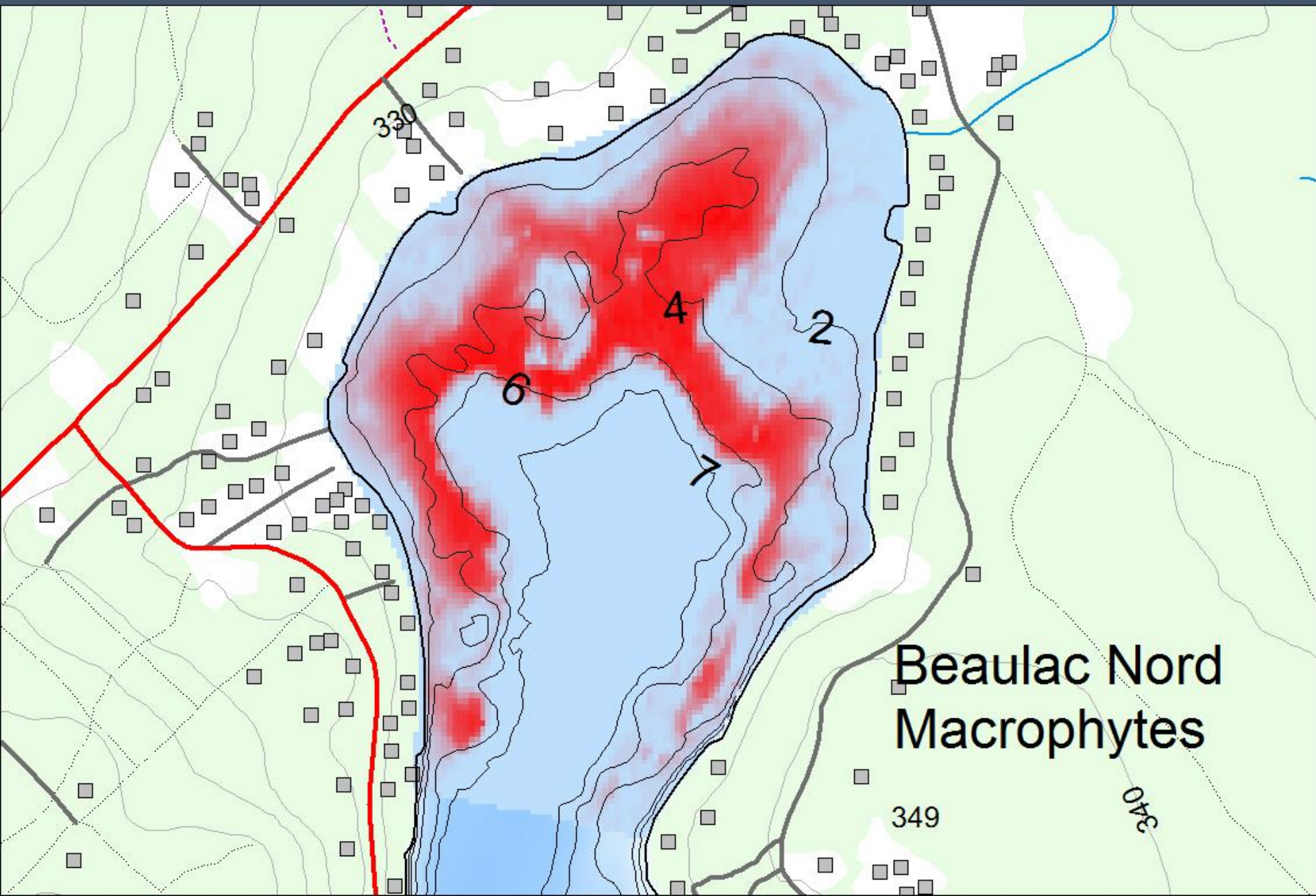


# Lac Beaulac, Chertsey



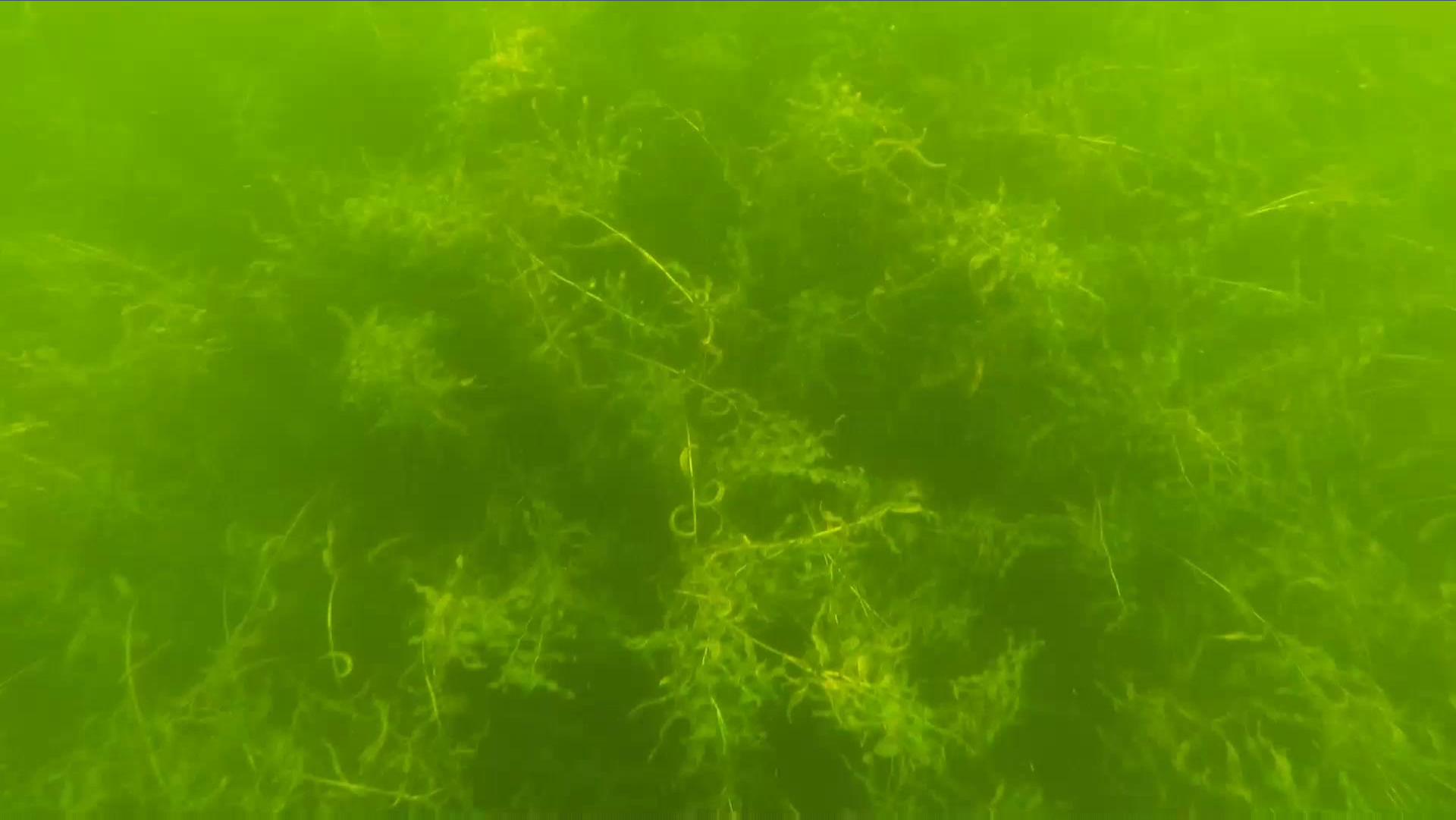


# Lac Beaulac, Chertsey





# Lac Beaulac, Chertsey

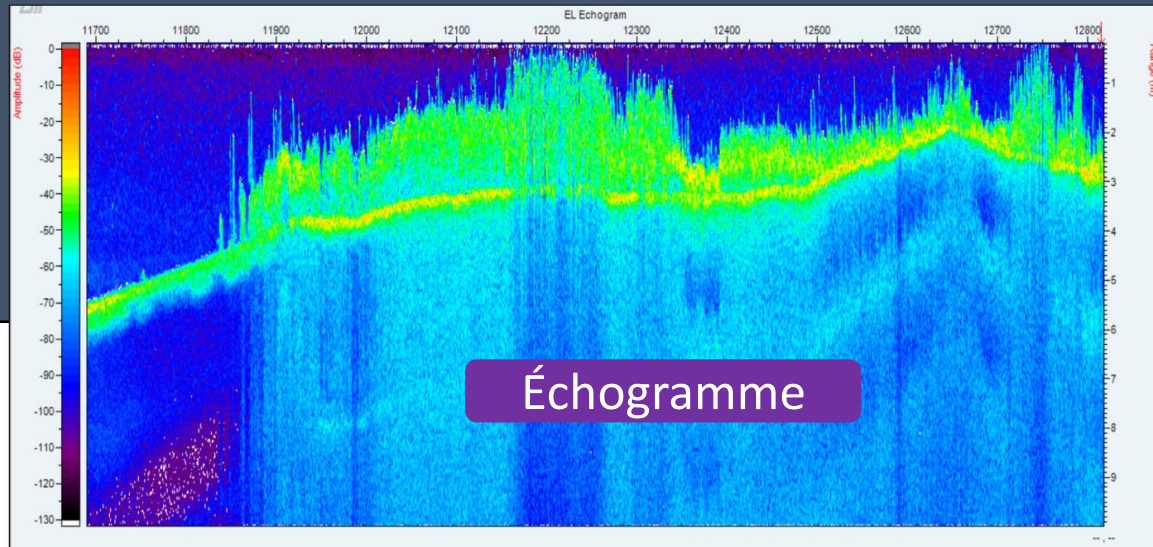




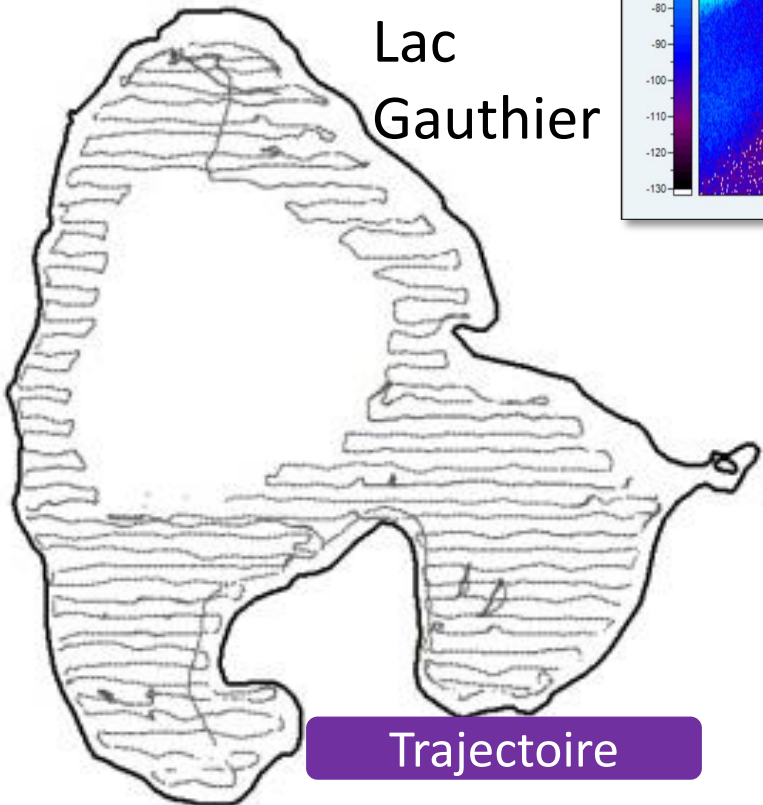
# Cartographie des macrophytes dans 33 lacs

(Ariane Denis-Blanchard)

Échosondeur  
BioSonics DT-X

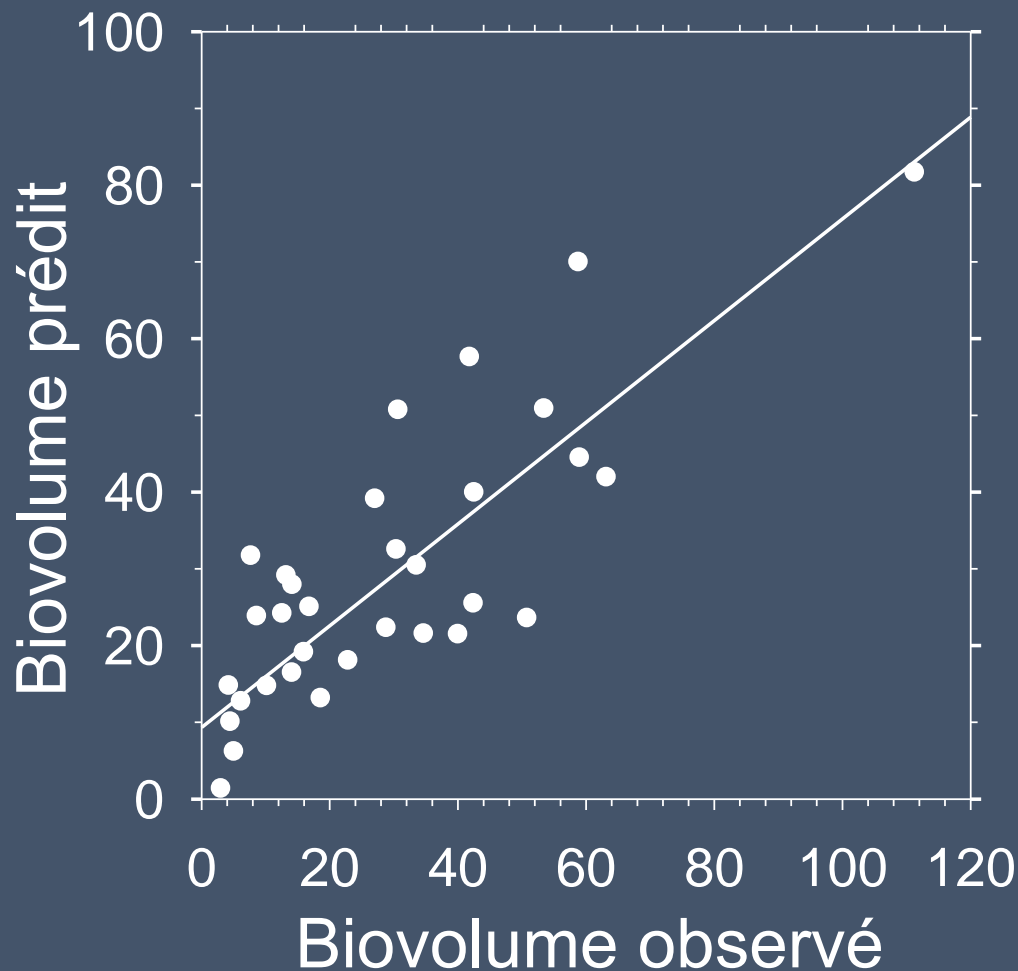


Lac  
Gauthier





En régression multiple, seulement quatre variables significatives :  
Les deux principales sont reliées à la densité et à la distribution des habitations dans le bassin versant



Variable	% variance	p
FIS DD (+)	29,3	< 0,0000
FIV 100m BV (-)	14,9	0,0003
Superficie du lac (+)	8,5	0,0019
Profondeur max (-)	8,9	0,0085

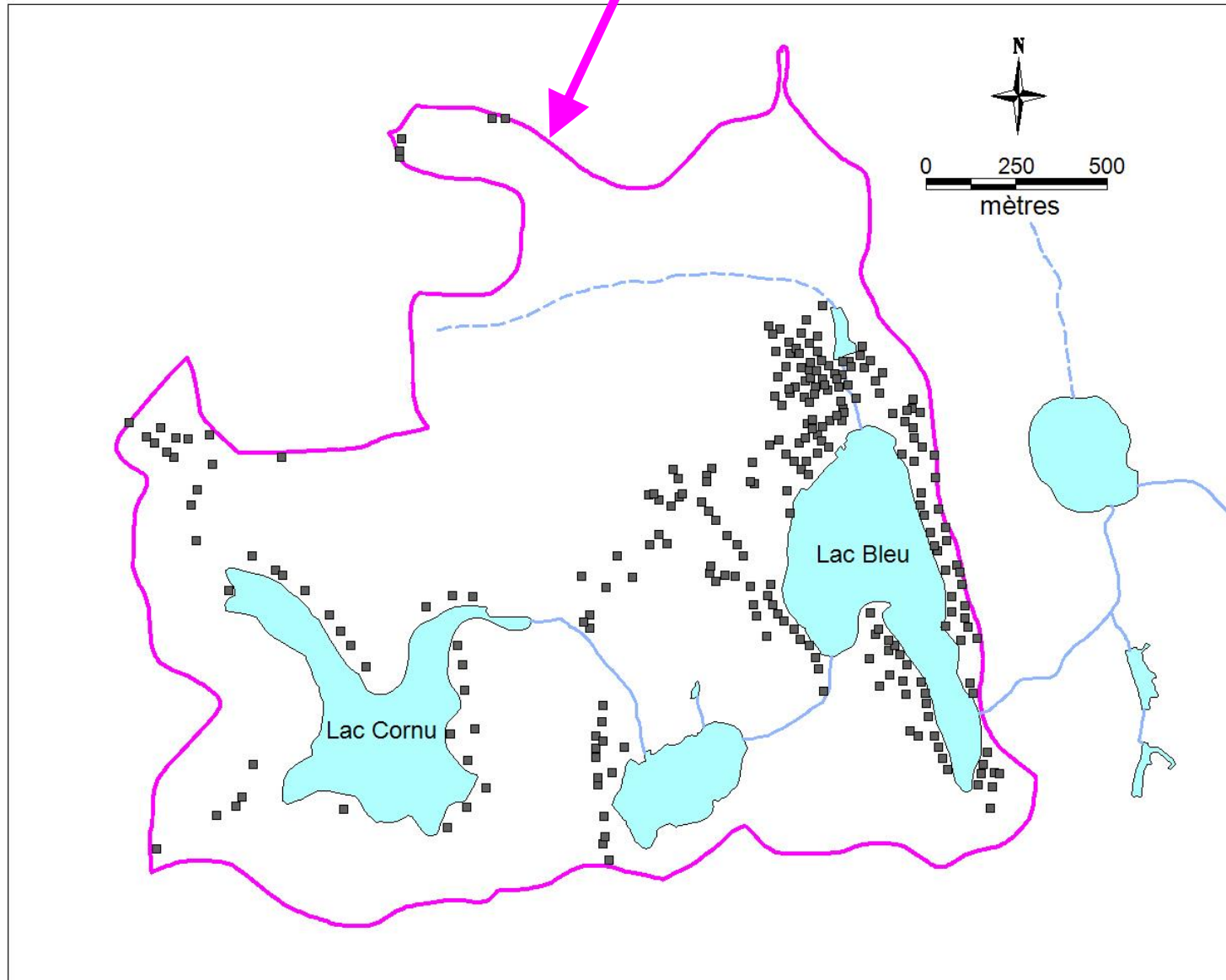
$r^2_{aj.} = 61,6 \%$

N = 33 lacs



# Lac Bleu, Saint-Hippolyte

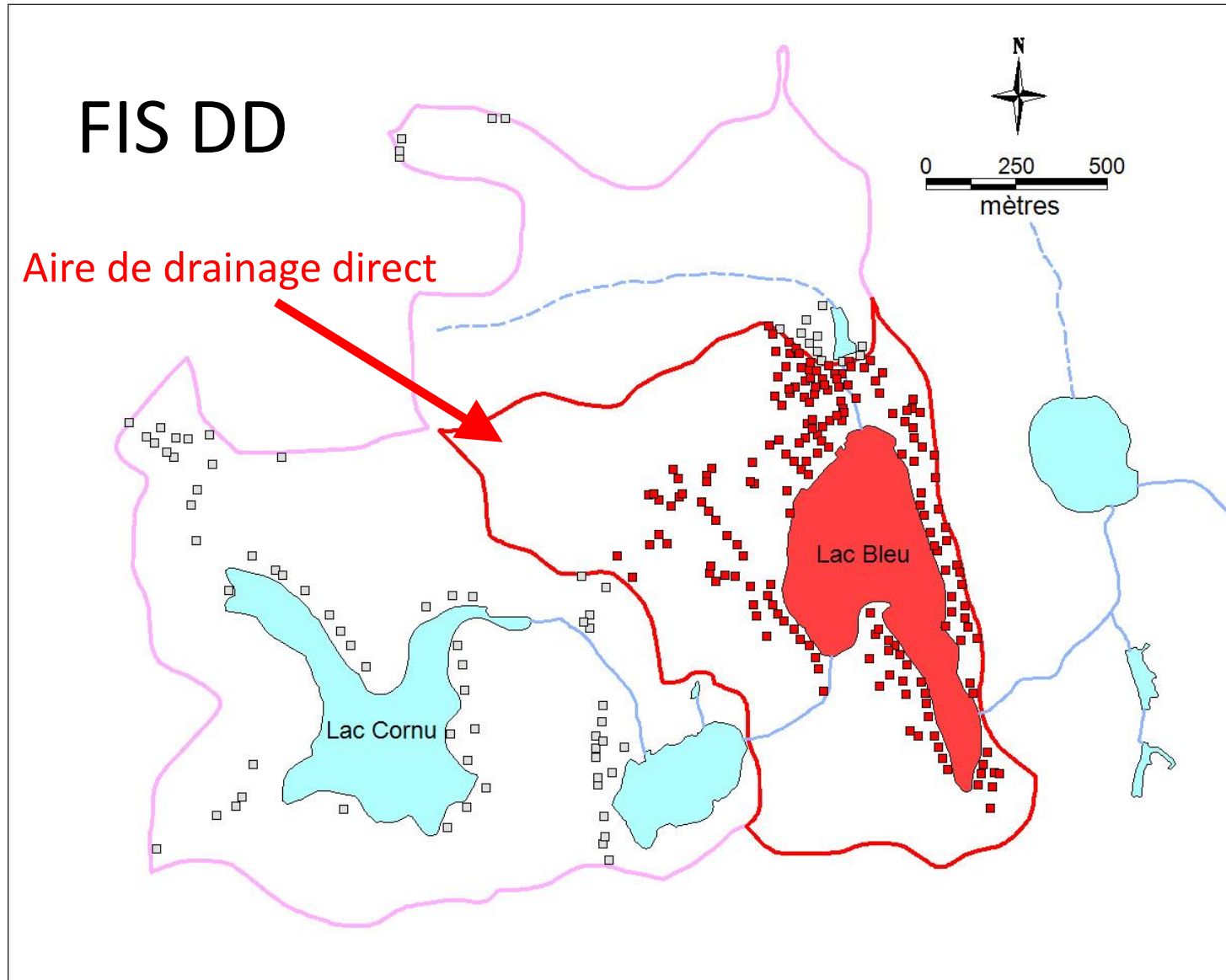
Bassin versant





# Lac Bleu, Saint-Hippolyte

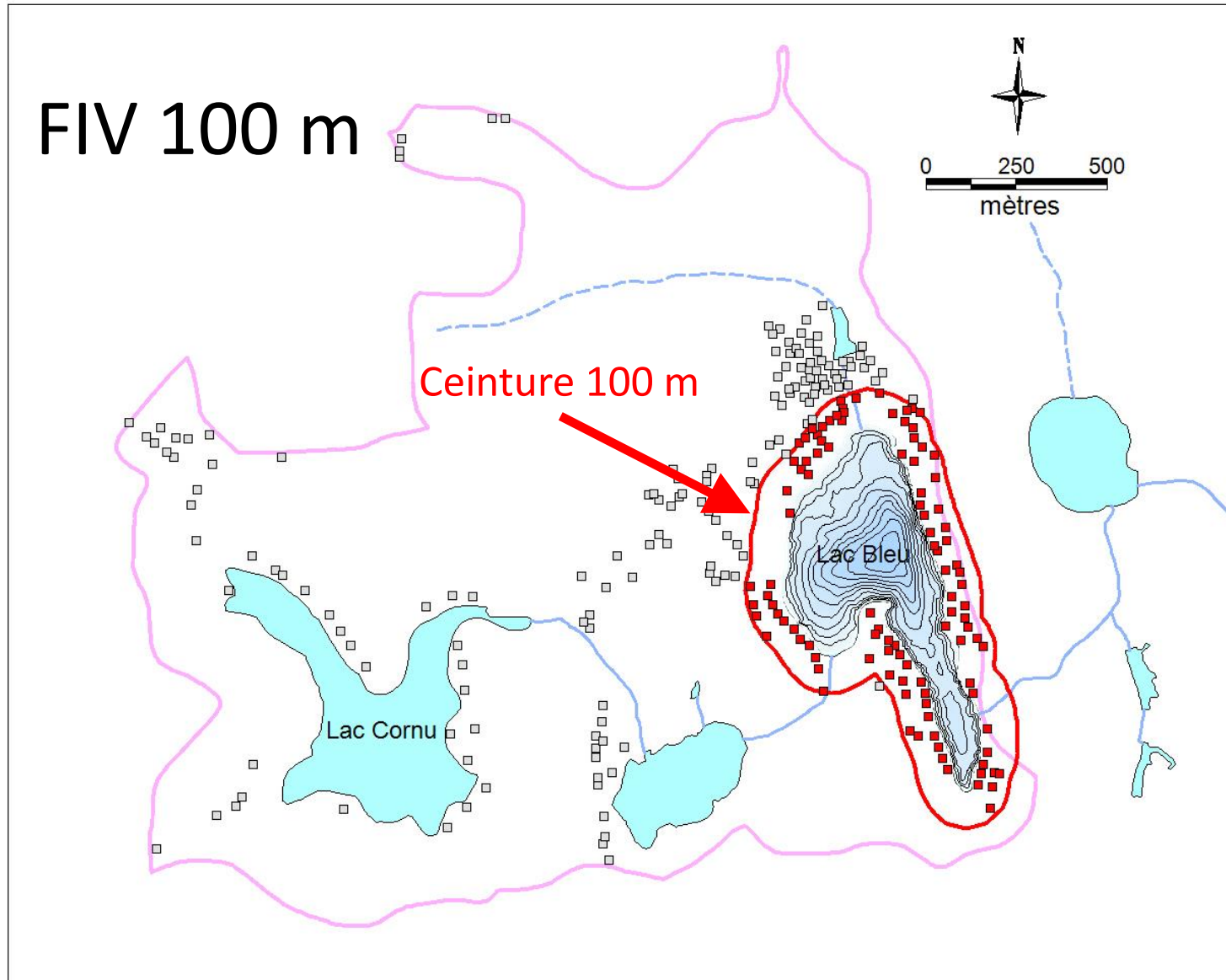
Nombre de bâtiments dans l'aire de drainage direct/superficie du lac





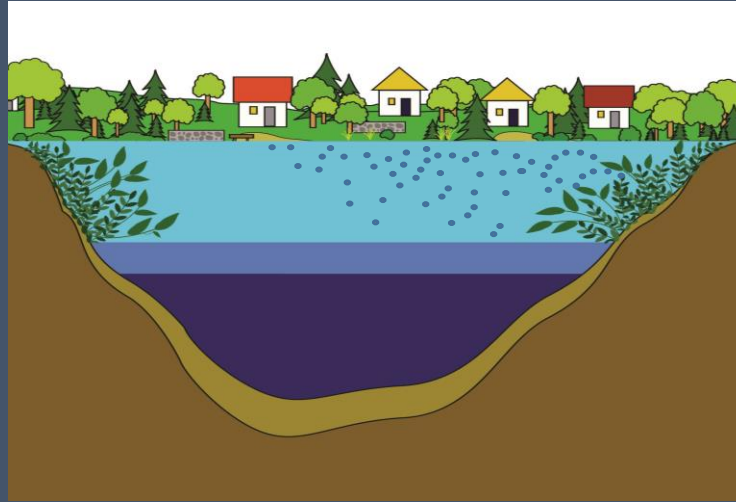
# Lac Bleu, Saint-Hippolyte

Nombre de bâtiments dans la zone 100 m/volume du lac

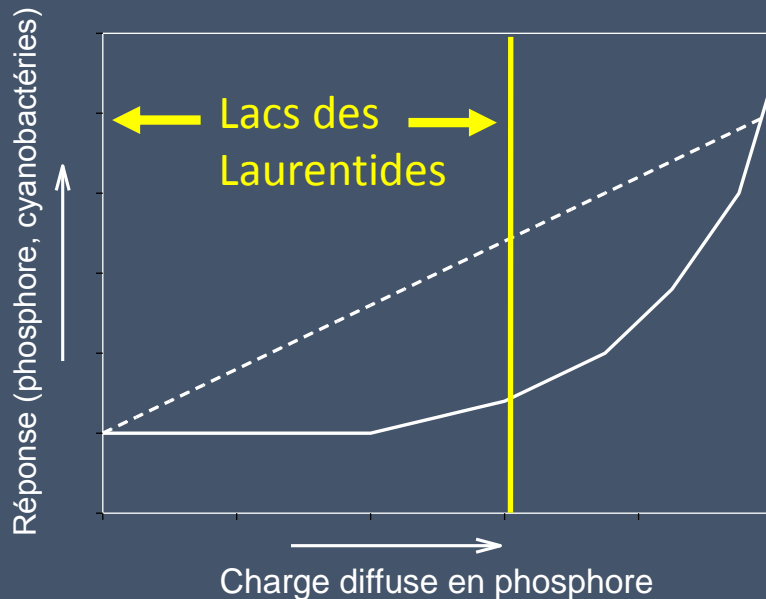




# Impacts humains sur les écosystèmes lacustres dans les Laurentides



L'effet cumulé des charges diffuses sur les concentrations en P dans la colonne d'eau n'est pas linéaire



Une grande partie de la charge diffuse en P est initialement séquestrée dans la zone littorale par les macrophytes, les épiphytes et les sédiments et ne s'exprime pas dans la colonne d'eau



# Conclusions

## Lacs de villégiature

Les concentrations en P et en chlorophylle planctonique ne sont pas des indicateurs sensibles de l'eutrophisation anthropique (implications futures pour le RSVL)

Se concentrer sur les indicateurs précoces de l'eutrophisation due aux charges diffuses de P et de N dans la zone littorale

- Levés hydro-acoustiques pour estimer l'abondance des macrophytes dans un grand nombre de lacs
- Quantifier le développement du périphyton