



RÉPUBLIQUE ET CANTON DE GENÈVE
Département du territoire

DGEau - Service de l'écologie de l'eau

ÉTUDE DE LA VÉGÉTATION MACROPHYTIQUE DE LA RADE ET DE PORT CHOISEUL - 2008



Photo J-M ZELLWEGER SESA-VD (août 2008)

décembre 2008

TABLE DES MATIERES

1	INTRODUCTION	- 1 -
2	OBJECTIFS DE L'ETUDE	- 2 -
3	METHODOLOGIE	- 3 -
4	RESULTATS 2008	- 6 -
	4.1 LA RADE	- 6 -
	4.2 PORT CHOISEUL	- 9 -
5	DONNEES ANCIENNES.....	- 11 -
	5.1 LA RADE	- 11 -
	5.2 PORT CHOISEUL	- 15 -
6	DISCUSSION DES RESULTATS.....	- 18 -
	6.1 LA RADE	- 18 -
	6.2 PORT CHOISEUL	- 19 -
	6.3 DIRECTIVES DE GESTION	- 20 -
7	CONCLUSIONS.....	- 21 -
8	ANNEXES	- 22 -

1 INTRODUCTION

Le dernier inventaire de la végétation aquatique de la Rade et de Port Choiseul date de 1997 dans le cadre de l'étude commandée par la CIPEL pour les rives du Léman.

Le SECOE a souhaité mener une étude en 2008 pour actualiser ces données et suivre l'évolution des macrophytes dans la Rade et à Port Choiseul.

Par ailleurs, un Plan de gestion des rives genevoises du Léman pour le faucardage des plantes aquatiques a été élaboré par le bureau GREN pour le DNP-SECOE en 2000. Le suivi biologique de ce plan de gestion avait été mis en place pour 3 campagnes annuelles entre 2001 et 2003.

Une mise à jour de ce plan de gestion a été faite en juin 2008 par le bureau GREN pour le Service de l'exploitation et de l'entretien du DGNP (Monsieur L. Deley).

La nouvelle cartographie servira à la mise à jour du plan de gestion du faucardage.

Ce document constitue le rapport final du bureau GREN Biologie Appliquée concernant l'étude 2008 des macrophytes de la Rade et de Port Choiseul (*recensements effectués en juillet 2008*).

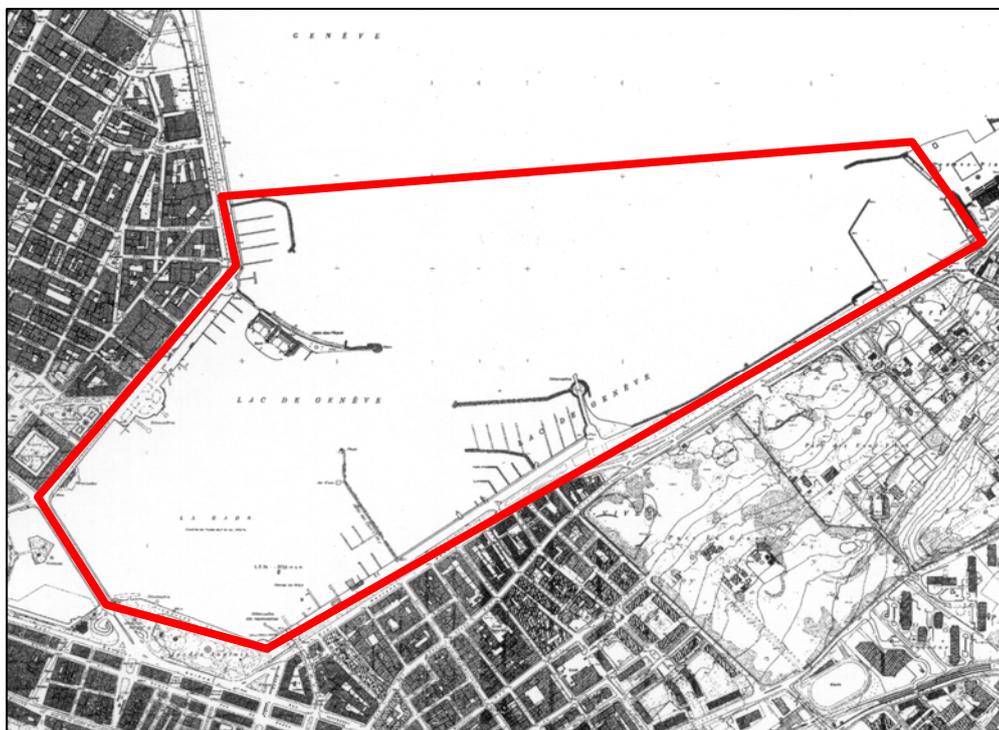
2 OBJECTIFS DE L'ETUDE

Les objectifs de l'étude peuvent se résumer ainsi :

- décrire la colonisation actuelle de la beine lacustre du point de vue qualitatif (*nombre d'espèces présentes, répartition*) et quantitatif (*abondance relative des différentes espèces, surface colonisée et abondance de la végétation macrophytique*)
- analyser l'évolution de la composition spécifique de la répartition et de la colonisation de la beine par comparaison avec les résultats antérieurs (Rade : 1972, 1997 ; Port Choiseul : 1972, 1997, 1998/99) et en rechercher les causes explicatives
- proposer des mesures pour améliorer la situation au cas où le diagnostic le nécessite.

L'étude 2008 devait fournir des types de résultats comparables à ceux de 1997 en terme de :

- secteurs de rive étudiés (*voir carte de la Rade ci-dessous + Port Choiseul*)
- abondance relative des espèces de macrophytes
- surface colonisée de la beine
- cartographie SIG des herbiers recensés



Localisation du périmètre d'étude de la Rade

3 METHODOLOGIE

Les relevés de terrain ont été effectués fin juillet 2008, période la plus favorable pour observer le plus possible d'espèces de macrophytes en plein développement. Seule cette période d'environ deux semaines permet de relever les espèces précoces comme *Potamogeton pectinatus* en même temps que des espèces plus tardives comme *Nitellopsis obtusa*.

Toute la beine colonisable du périmètre figurant à la page précédente, ainsi que l'intérieur de Port Choiseul, ont été parcourus en bateau et recensés par observation directe et pointages en "râtissant" les fonds avec un grappin à doubles dents. Quelques exceptions correspondent aux zones interdites à la navigation (*ski nautique entre Baby-Plage et la Nautique, Bains des Pâquis*) et aux estacades de ports (*surface sous les bateaux avec des chaînes empêchant les prélèvements au grappin*).

La densité des pointages est appréciée sur place en fonction de la transparence, de l'hétérogénéité des fonds et de la richesse des herbiers à macrophytes rencontrés.

A noter que les espèces très peu répandues ou de petite taille peuvent échapper à l'échantillonnage (*comme dans les relevés de 1972 et 1997*).

Les macrophytes sont déterminés sur place ou stockés dans des flacons pour être vérifiés en laboratoire (*cas des characées*).

Les algues filamenteuses récoltées ont été fournies au SECOE qui a procédé à leur détermination générique.

Aucune donnée sur les sédiments n'a été relevée systématiquement.

Les points de relevés sont localisés avec un GPS (coordonnées XY), par la profondeur (chevillière lestée, *mesure plus précise qu'à l'échosondeur*) et par la distance à la rive (télémètre laser).

Un pourcentage de recouvrement des fonds est noté par espèce et pour chaque herbier homogène. Les contours des herbiers sont relevés au GPS et au télémètre laser (*distance à la rive*).

Six indices de colonisation (% de recouvrement des fonds) sont utilisés:

0	< 5%
1	5 - 20%
2	21 - 40%
3	41 - 60%
4	61 - 80%
5	> 80%

La densité du peuplement est estimée en 3 catégories :

1	végétation peu dense
2	végétation moyennement dense
3	végétation dense

L'abondance relative d'une espèce par rapport aux autres espèces présentes dans la même zone de végétation est obtenue par la formule suivante :

$$\text{Abondance} = \text{surface}_{\text{zone}} \times \text{densité}_{\text{zone}} \times \% \text{ relatif de l'espèce}$$

La somme des abondances par espèce est calculée à l'échelle d'une zone de végétation. Ensuite, ces abondances par zones peuvent être regroupées pour le secteur de rive étudié.

Pour l'ensemble de la Rade et Port Choiseul, certains paramètres sont aussi considérés :

- la fréquence des espèces (*nb de zones avec présence de l'espèce / nb total de zones*)
- la richesse floristique

La cartographie SIG est réalisée grâce au logiciel ArcGIS 9.2 avec le report des contours des herbiers un fond cartographique (carte 1:25'000 en couleur) et sur le fond d'orthophotos aériennes le plus récent (2005).

Les polygones correspondant aux herbiers ont des couleurs différentes selon leur densité de recouvrement des fonds.

Une couverture de photos aériennes du Léman a été effectuée en août 2008 pour la CIPEL; les photos correspondant au périmètre d'étude ont été fournies à GREN par l'intermédiaire du SECOE.

Ces photos aériennes ont été effectuées à basse altitude, avec un appareil photo embarqué, mais sous forme de prises de vue obliques. De ce fait, ces photos ne peuvent pas être redressées et géoréférencées sur SIG. Elles ont toutefois été utilisées comme base de dessin manuel pour le pourtour des zones de végétation (*photo non disponible pour Port Choiseul*).

Ces zones de végétation ont finalement été reportées sur SIG avec ArcGIS 9.2.

A relever que ce procédé est nettement moins précis que celui utilisé avec les relevés de 1997 pour lesquels des photos aériennes orthogonales de la même année étaient disponibles.

Les résultats 2008 sont analysés dans un diagnostic de l'état actuel puis comparés aux recensements datant de :

- 1972 : LACHAVANNE, J-B. & WATTENHOFER, R. 1975 : Les macrophytes du Léman. *Conservatoire botanique de Genève, Genève*, 147 p.
- 1997 : DEMIERRE, A. & DURAND, P. 1999 : La végétation macrophytique du Léman. *CIPEL, Rapp. Comm. int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 1998*, 129-217.
- 1998/99 : NAYEMI, S. 2000 : Contribution à la connaissance de l'écosystème aquatique de Port Choiseul. *Université de Genève, travail de diplôme*, 194 p.

Des comparaisons sont faites avec deux autres études menées récemment par le bureau GREN :

- 2007 : GREN 2007 : Etude de la végétation macrophytique du Léman - Rapport d'étude préliminaire 2007. *CIPEL*, 21 p + annexe.
- 2008 : GREN 2008 : Rives genevoises du Léman. Plan de gestion pour le faucardage des plantes aquatiques - Mise à jour du rapport 2000. *Etat de Genève, DGNP - SEE, Genève*, 10 p.

L'évolution de la colonisation des fonds est discutée et des conclusions sont tirées quant aux changements relevés, en particulier ceux liés à l'amélioration de la qualité des eaux du lac.

Les principaux résultats pouvant être mis en relation avec le plan de gestion du faucardage sont relevés ; ces résultats vont contribuer à optimiser les pratiques de faucardage dans les années à venir.

4 RESULTATS 2008

4.1 LA RADE

Pour rappel, le périmètre étudié dans la Rade correspond au lac entre l'alignement Nautique - Port des Pâquis et le Pont du Mt-Blanc.

⇒ La carte des herbiers de macrophytes de la Rade 2008 est présentée en annexe 1.

La richesse en macrophytes est de 17 espèces dont l'abondance et la fréquence relatives sont les suivantes :

Espèce	Abondance relative	Fréquence relative
<i>Potamogeton pectinatus</i>	41 %	51 %
<i>Chara globularis</i>	18 %	45 %
<i>Chara vulgaris</i>	17 %	28 %
<i>Myriophyllum spicatum</i>	10 %	30 %
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	5 %	26 %
<i>Elodea canadensis</i>	2 %	17 %
<i>Elodea nuttallii</i>	2 %	29 %
<i>Potamogeton lucens</i>	2 %	8 %
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1 %	25 %
<i>Nitellopsis obtusa</i>	1 %	10 %
<i>Zannichellia palustris</i>	1 %	14 %
<i>Groenlandia densa</i>	< 1 %	1 %
<i>Iris pseudacorus</i>	< 1 %	1 %
<i>Phragmites australis</i>	< 1 %	1 %
<i>Potamogeton berchtoldii</i> *	< 1 %	11 %
<i>Potamogeton crispus</i>	< 1 %	10 %
<i>Potamogeton x decipiens</i>	< 1 %	4 %

* anciennement désigné comme *Potamogeton* gr. *pusillus*

La surface de la Rade colonisée en herbiers représente 69 ha.

Une partie des fonds, où le passage des bateaux de la CGN est fréquent, n'est pas colonisé par les macrophytes (*remous créés par les hélices empêchant l'enracinement de la végétation*).

La profondeur moyenne des herbiers varie entre 1.9 m et 4.9 m (*voir tableau en annexe 3*).

Seuls 2 espèces d'hélophytes ont été relevées dans les 98 zones de végétation de la Rade. Il s'agit d'une petite bande de 20 m² de roseau (*Phragmites australis*) avec quelques touffes d'iris jaune (*Iris pseudacorus*), présente en contrebas de la digue du Jet d'eau et abritée derrière une ligne d'enrochements.

Les 15 autres espèces recensées sont des hydrophytes : 3 espèces de charophytes (*Chara globularis*, *C. vulgaris* et *Nitellopsis obtusa*) et 12 spermatophytes (*plantes à graines*).

A relever la présence en juillet 2008 de 4 genres d'algues filamenteuses :

Ulothrix sp. : Police du Lac, Jardin Anglais, Port des Pâquis, Bains des Pâquis

Vaucheria sp. : Bains des Pâquis, Cinélaç

Rhizoclonium sp. : avec *Vaucheria*

Microspora sp. : Bains des Pâquis, La Nautique, amont jetée Jet d'eau

Concernant la présence quantitative des 17 espèces de la Rade, il faut relever les points forts suivants :

La végétation macrophytique est dominée par :

Potamogeton pectinatus qui représente 41 % de l'abondance totale,

les charophytes dont les 3 espèces présentes (*Chara globularis*, *C. vulgaris* et *Nitellopsis obtusa*) représentent plus du tiers (36 %) de l'abondance totale.

Le dernier quart de l'abondance totale concerne 7 espèces dont *Myriophyllum spicatum* (10%) et *Potamogeton perfoliatus* (5 %).

Six espèces présentes sont quantitativement négligeables. A noter la faible présence d'*Elodea nuttallii* (2 %) qui a fait l'objet d'un effort d'élimination particulier depuis 2000, dans le cadre du plan de gestion du faucardage (*voir référence GREN 2008 en p.5*).

Concernant la fréquence des espèces, il faut relever les points forts suivants :

Potamogeton pectinatus est présent dans la moitié des zones recensées ; à noter toutefois qu'il est peu présent dans les zones abritées du courant et même absent dans les ports (Pâquis, Eaux-Vives, Nautique, aval Jet d'eau, aval Goléron), supplanté par les charophytes. Son enracinement puissant le rend plus concurrentiel dans les zones à fort courant.

Les charophytes ont une répartition assez différenciée :

Chara globularis est largement dominante dans les zones abritées comme le Port des Pâquis, le Port des Eaux-Vives, la Police du Lac et La Nautique.

Chara vulgaris se rencontre préférentiellement sur la beine plus exposée aux vagues mais sous forme d'un tapis ras (10-20 cm de haut); elle est très peu présente en aval du Jet d'eau.

Nitellopsis obtusa est moins fréquente (10% des zones de végétation) et se rencontre principalement dans et à proximité du Port des Eaux-Vives.

Myriophyllum spicatum est, comme *Potamogeton pectinatus*, une espèce à fort enracinement, ce qui la favorise dans les zones de courant comme l'axe central de la Petite Rade.

Potamogeton perfoliatus se localise principalement dans les zones profondes, souvent le long des digues ; il ne forme pas de grands herbiers denses.

Les élodées (*Elodea canadensis* et *E. nuttallii*) ont une abondance comparable mais *Elodea nuttallii* est plus fréquente. On trouve souvent les deux espèces ensemble, comme à l'entrée des ports des Eaux-Vives et de la Nautique ou au débarcadère CGN du Quai Wilson.

Potamogeton lucens forme quelques herbiers purs en amont du pont du Mt-Blanc mais principalement dans le Port de la Nautique.

Ceratophyllum demersum est présent dans les trois ports (Pâquis, Eaux-Vives, Nautique) et à la Police du Lac.

Groenlandia densa est l'espèce rare de la Rade, présente à quelques exemplaires isolés dans la Petite Rade.

Espèces accompagnantes, les *Potamogeton berchtoldii* et *P. crispus* sont disséminés dans la Rade, toujours en petite quantité.

Potamogeton x decipiens est très peu fréquent ; il forme quelques herbiers en amont du Jet d'eau et des Bains des Pâquis.

4.2 PORT CHOISEUL

Pour rappel, le périmètre étudié à Port Choiseul correspond à l'intérieur de l'enceinte

⇒ La carte des herbiers de macrophytes de Port Choiseul 2008 est présentée en annexe 2.

La richesse en macrophytes correspond à 8 espèces dont l'abondance et la fréquence relatives sont les suivantes :

Espèce	Abondance relative	Fréquence relative
<i>Chara globularis</i>	46 %	79 %
<i>Nitellopsis obtusa</i>	26 %	68 %
<i>Potamogeton pectinatus</i>	16 %	43 %
<i>Ceratophyllum demersum</i>	10 %	64 %
<i>Potamogeton berchtoldii</i> *	1 %	11 %
<i>Zannichellia palustris</i>	1 %	7 %
<i>Elodea nuttallii</i>	< 1 %	43 %
<i>Myriophyllum spicatum</i>	< 1 %	4 %

* anciennement désigné comme *Potamogeton* gr. *pusillus*

La surface du port colonisée en herbiers représente 21'000 m².

Une partie des estacades ne recèlent que quelques plantes isolées qui ne forment pas une zone de végétation (*voir symboles de lettres sur la carte en annexe 2*).

La profondeur moyenne des herbiers varie entre 1.6 m et 3.7 m (*voir tableau en annexe 4*).

☛ A noter que la profondeur est à considérer pour l'entretien du port car la faucardeuse « Haller » ne coupe pas au-delà de 2.2 m.

Aucun héliophyte n'a été relevé dans les 28 zones de végétation du port. Toutes les espèces recensées sont des hydrophytes : 2 espèces de charophytes (*Chara globularis* et *Nitellopsis obtusa*) et 6 spermatophytes (*plantes à graines*).

A relever la présence en juillet 2008, entre les estacades et à des profondeurs inférieures à 2.5 m, d'un seul genre d'algue filamenteuse: *Hydrodictyon* (Chlorophycée).

Concernant la présence quantitative des 8 espèces du port, il faut relever les points forts suivants :

La végétation macrophytique est largement dominée par les charophytes dont les 2 espèces présentes (*Chara globularis* et *Nitellopsis obtusa*) représentent les $\frac{3}{4}$ de l'abondance totale du port.

L'autre quart de l'abondance totale concerne *Potamogeton pectinatus* (16 %) et *Ceratophyllum demersum* (10 %).

Les 4 autres espèces présentes sont quantitativement négligeables.

Concernant leur fréquence, il faut relever les points forts suivants :

Ceratophyllum demersum et, dans une moindre mesure *Potamogeton pectinatus*, sont bien présents dans le port (64 % et 43 % de présence dans l'ensemble des zones de végétation) mais avec des recouvrements proportionnellement plus faibles que les charophytes.

Elodea nuttallii est recensée dans près de la moitié des zones de végétation (fréquence : 43 %) mais en très faible quantité (< 1 % d'abondance). Ce très bon résultat est à mettre à l'actif des efforts d'entretien du port consentis ces dernières années pour limiter sa présence (voir référence GREN 2008 citée p. 5).

A noter la présence anecdotique de *Myriophyllum spicatum* qui est une espèce se développant plutôt sur la beine ouverte.

5 DONNEES ANCIENNES

5.1 LA RADE

Il est intéressant de comparer les résultats 2008 avec les autres campagnes exhaustives de 1972 et de 1997.

Le tableau ci-dessous montre la variabilité quantitative des espèces présentes :

Espèce	Abondance relative		
	1972	1997	2008
<i>Ceratophyllum demersum</i>			1 %
<i>Chara sp</i>	2 %		
<i>Chara globularis</i>		8 %	18 %
<i>Chara vulgaris</i>		3 %	17 %
<i>Nitellopsis obtusa</i>			1 %
<i>Elodea canadensis</i>	< 1 %		2 %
<i>Elodea nuttallii</i>		7 %	2 %
<i>Groenlandia densa</i>	4 %		< 1 %
<i>Iris pseudacorus</i>			< 1 %
<i>Myriophyllum spicatum</i>	< 1 %	2 %	10 %
<i>Phragmites australis</i>		< 1 %	< 1 %
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	< 1 %	5 %	< 1 %
<i>Potamogeton crispus</i>	4 %	< 1 %	< 1 %
<i>Potamogeton lucens</i>	3 %	< 1 %	2 %
<i>Potamogeton pectinatus</i>	50 %	54 %	41 %
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	17 %	7 %	5 %
<i>Potamogeton x decipiens</i>	12 %	9 %	< 1 %
<i>Zannichellia palustris</i>	8 %	5 %	1 %
Richesse spécifique	11	12	17

Selon Lachavanne et Wattenhofer (réf. p.4), la situation en 1972, cartographiée à la page suivante, se décrit ainsi :

Située à l'exutoire du Léman, la rade de Genève héberge une végétation aquatique abondante. La répartition des espèces macrophytiques y est en grande partie conditionnée par le courant. Sur les bords, dans les zones protégées par les estacades, on ne trouve pas les mêmes espèces qu'en plein milieu de la rade. Ils sont caractérisés par la présence de *Potamogeton densus* et *crispus*, *Elodea* et *Myriophyllum* qui poussent à des profondeurs de 0.5 à 1.5 m environ.

L'ensemble de la rade est dominé par un champ de *Potamogeton pectinatus* qui est traversé, là où le courant est le plus fort et dans le sens de celui-ci, par une large bande de plusieurs mètres où l'hybride *Potamogeton x decipiens* se situe à une profondeur comprise entre 3 et 5 m.

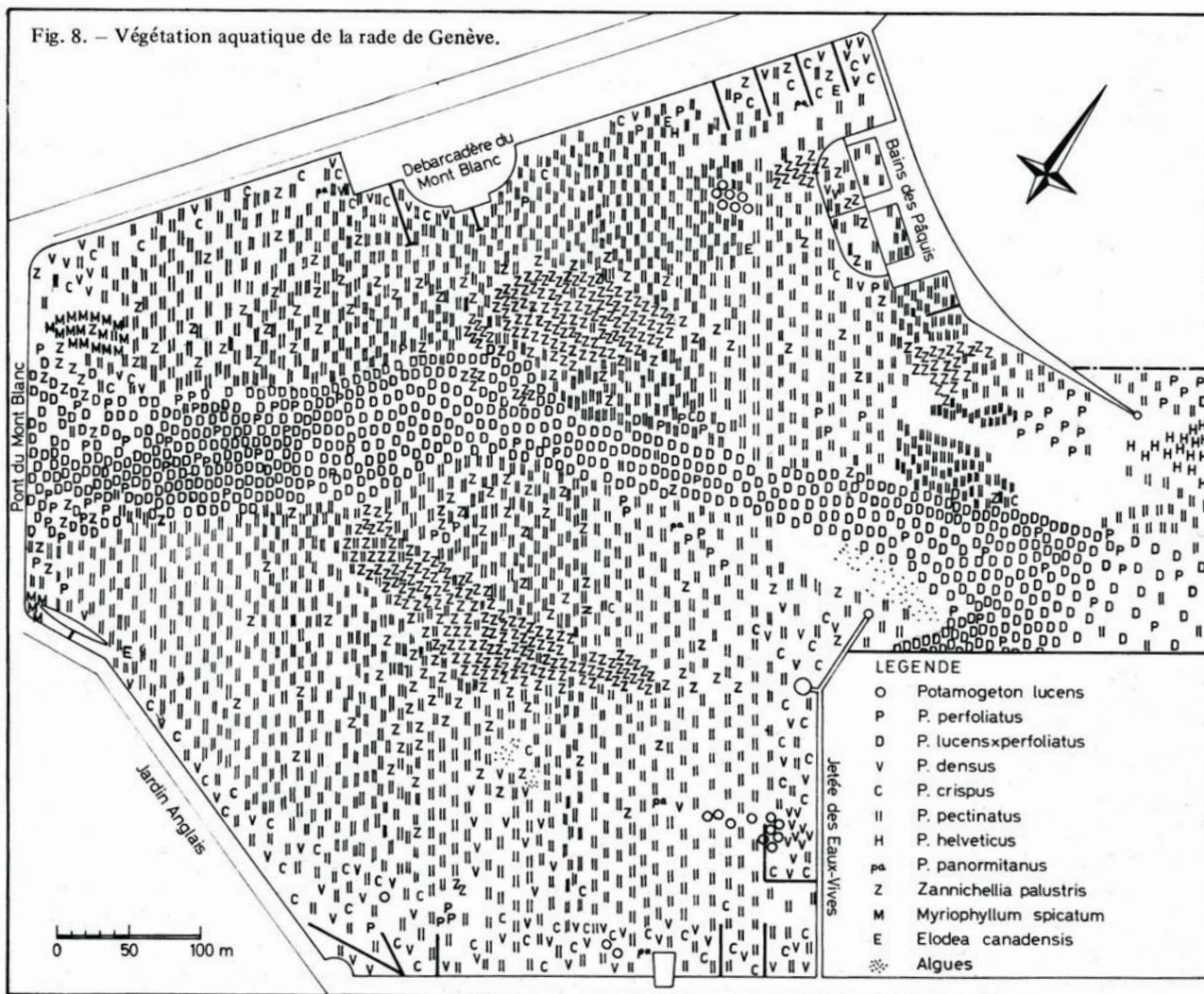
Il faut noter également la présence de *Zannichellia palustris* qui est mélangé, dans presque toute la rade, au *Potamogeton pectinatus* (dans des rapports qui varient suivant les régions) sauf dans deux zones où il est dominant. Il semble que cette espèce soit assez sensible au courant, car les deux zones où il domine sont en dehors des veines principales du courant. A l'exception de l'hybride mentionné ci-dessus, les *Potamogeton* à grandes feuilles sont peu abondants. *P. lucens* se trouve dans les régions les plus protégées du courant et ne forme que deux ou trois zones.

Bien qu'abondant en dehors du port, le *P. perfoliatus* est très peu représenté à l'intérieur, où il se trouve mélangé à la lisière de la zone formée par *P. x decipiens*. A l'entrée de la rade dans la veine principale du courant, s'étend une zone de *P. helveticus* dans laquelle sont disséminées des touffes de *Myriophyllum spicatum*.

Il est intéressant de relever que la comparaison de documents photographiques de 1964, fournis par le Service lac et cours d'eau du Département des travaux publics de Genève, avec ceux de 1972, permet de dire que la surface couverte par la végétation macrophytique de la rade a triplé.

A noter que *Potamogeton helveticus* est actuellement assimilé à *P. pectinatus*, *P. densus* est décrit comme *Groenlandia densa*, *P. lucens x perfoliatus* comme *P. x decipiens* et *P. panormitanus* comme *P. berchtoldii*.

Fig. 8. – Végétation aquatique de la rade de Genève.



Les principales modifications relatives à la situation 2008 sont les suivantes :

Les characées, quasi inexistantes en 1972, forment maintenant plus d'un quart de l'abondance totale.

Les *Potamogeton* sont globalement en régression, en particulier *Potamogeton x decipiens* qui a disparu de la Rade en aval du Jet d'eau et *P. perfoliatus* qui ne forme quasiment plus d'herbiers denses.

Zannichellia palustris, bien présente en 1972 dans les zones préservées du fort courant, est en grande partie supplantée par les characées et les élodées.

Groenlandia densa a quasiment disparu de la Rade.

A relever l'apparition de : *Ceratophyllum demersum*, *Elodea nuttallii*, *Iris pseudacorus* et *Phragmites australis*.

Comparées aux résultats de 1997 (carte et tableau de données en annexes 5 et 6), les principales modifications à relever en 2008 sont les suivantes :

Ceratophyllum demersum fait son apparition dans les ports.

Les characées, réapparues dans la Rade au début des années 90, passent de 11 % à 26 % de l'abondance totale ; à noter l'apparition de la rare *Nitellopsis obtusa*.

Elodea nuttallii est en nette régression (de 7% à 2%), probablement grâce aux efforts des équipes d'entretien qui tentent de la contenir depuis la mise en place du plan de gestion en 2000. A relever également qu'*Elodea canadensis* fait son retour dans la Rade, dans des proportions qui semblent raisonnables et qui ne nécessitent pas de mesures d'entretien particulières.

Myriophyllum spicatum est en expansion dans la zone centrale à fort courant et à substrat non vaseux, ceci au détriment de *Potamogeton pectinatus*.

Plusieurs espèces sont en nette régression : *Potamogeton pectinatus*, *P. x decipiens* et *Zannichellia palustris*.

5.2 PORT CHOISEUL

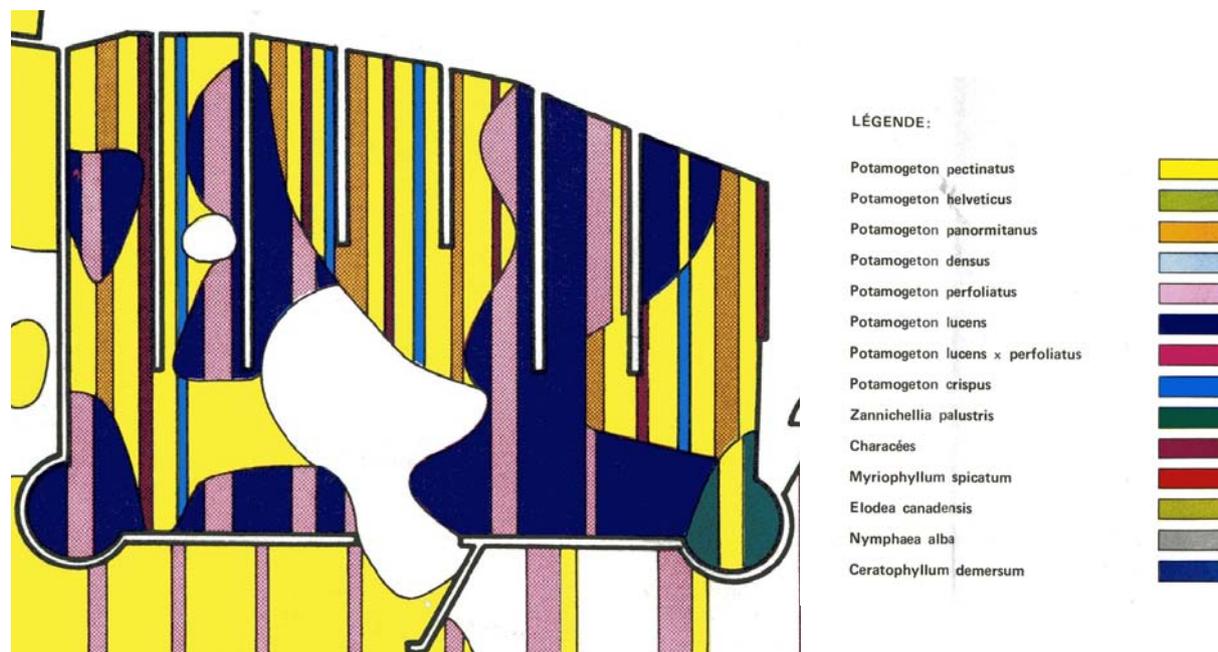
Il est intéressant de comparer les résultats 2008 avec les autres campagnes exhaustives de 1972, de 1997 et de 1998/99 (*cités en p.4*).

Le tableau ci-dessous montre la variabilité quantitative des espèces présentes :

Espèce	Abondance relative			
	1972*	1997	1998/99	2008
<i>Ceratophyllum demersum</i>		< 1 %	6 %	10 %
<i>Chara sp</i>	+			
<i>Chara globularis</i>			40 %	46 %
<i>Nitellopsis obtusa</i>		8 %	6 %	26 %
<i>Nitella sp</i>	+			
<i>Elodea canadensis</i>	+			
<i>Elodea nuttallii</i>		25 %	10 %	< 1 %
<i>Myriophyllum spicatum</i>	+	< 1 %	3 %	< 1 %
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	+	< 1 %	4 %	1 %
<i>Potamogeton lucens</i>	++			
<i>Potamogeton pectinatus</i>	++	67 %	31 %	16 %
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	+	< 1 %		
<i>Zannichellia palustris</i>	+			1 %
Richesse spécifique	9	7	7	8

* Les données chiffrées pour le seul périmètre du port ne sont pas disponibles

En 1972, les 9 espèces présentes (dont *Chara sp* et *Nitella sp*) se répartissaient comme le montre la carte ci-dessous.



A relever la présence dominante de *Potamogeton pectinatus* et *P. lucens*. Ce dernier a disparu du port dès le début des années 80.

Contrairement à la Rade, les characées sont déjà bien présentes en 1972.

En 2008, la végétation macrophytique du port est complètement différente. Les principaux changements sont les suivants :

Les **characées** ont pris le dessus et représentent les $\frac{3}{4}$ de l'abondance totale. Malheureusement, les espèces présentes en 1972 ne sont pas connues ; le genre *Nitella* n'a pas été revu depuis lors.

Potamogeton lucens et *P. perfoliatus* ont disparu du port.

Ceratophyllum demersum est apparu à la fin des années 90 et représente en 2008 plus qu'une espèce accompagnante avec 10% de l'abondance totale.

Relativement aux relevés de 1997 (annexes 7 et 8) puis de 1998/99, l'évolution des dix dernières années peut se résumer ainsi :

La progression des characées est nette et n'est peut-être pas encore stabilisée. Il en va de même pour *Ceratophyllum demersum*.

D'autres espèces sont, elles, en régression marquée. Il s'agit de :

Potamogeton pectinatus qui se fait concurrencer par les characées (zones mixtes fréquentes),

Elodea nuttallii qui a subi les mesures de lutte menées depuis 2000 par les équipes d'entretien du SEE (Etat de Genève - DGNP). Il faut relever que cette espèce indésirable est passée de 25 % de l'abondance totale en 1997 à < 1% en 2008. Beau succès !

6 DISCUSSION DES RESULTATS

6.1 LA RADE

A la fin du 19^e siècle, environ les $\frac{3}{4}$ de la Rade étaient colonisés essentiellement par trois espèces : *Potamogeton pectinatus*, *Elodea canadensis* et les characées (DEMIERRE, A. & DURAND, P. 1999, cité en p.4).

L'augmentation du niveau trophique dans le Léman a eu pour conséquence la forte régression de ces deux dernières espèces alors que *Potamogeton pectinatus*, plus résistant, s'est répandu dans toute la Rade jusqu'à représenter la moitié de toute la végétation macrophytique.

Une banalisation des zones de végétation dans les années 70 fut aussi constatée, peut-être à l'exception de zones peu profondes et abritées du courant. Les characées ont clairement subi les problèmes d'eutrophisation des eaux et ont même disparu de la Petite Rade.

Dans les années 80, l'envahissement de *Potamogeton pectinatus* s'accroît et plus des $\frac{3}{4}$ des herbiers ne contiennent plus que cette espèce. Quelques *P. x decipiens* se maintiennent encore dans la veine centrale du courant et *Elodea canadensis* est en expansion dans les zones calmes.

Le retour des characées dans les années 90 est un signe de l'amélioration de la qualité des eaux du lac. Bien que les trois espèces présentes en 2008 ne soient pas des indicatrices sténoèces et qu'elles supportent des niveaux trophiques assez élevés, il n'en reste pas moins que la bioindication de ces characées est bien marquée et très intéressante à l'échelle de la décennie.

Il faut rappeler une particularité biologique des characées qui les différencie des autres espèces de macrophytes : elles assimilent uniquement les substances nutritives dissoutes dans l'eau, contrairement aux macrophytes comme les *Potamogeton* ou *Myriophyllum* qui puisent leur nourriture dans les sédiments via leur système racinaire absorbant.

Pour cette raison, la diminution progressive du phosphore et de l'azote dissous dans l'eau du lac a une conséquence positive plus rapide sur les characées que la lente baisse du stock de nutriments présents dans les sédiments qui est davantage utilisé par les autres macrophytes.

Il est donc très intéressant de suivre l'évolution des concentrations de nutriments dans l'eau et dans les sédiments du Léman et de la corréler avec les changements de composition en macrophytes de la baignade littorale.

En dehors des conditions « naturelles » de l'environnement lacustre, il faut également prendre en compte les modifications du milieu liées aux pratiques d'entretien dans la Rade.

Les principaux résultats issus du plan de gestion du faucardage datant de 2000 sont globalement très positifs. La lutte contre l'envahissement d'*Elodea nuttallii* depuis une dizaine d'années a porté ses fruits et le problème lié à la gêne pour la navigation et la baignade a quasiment disparu de la Rade.

Il est intéressant de relever qu'*Elodea canadensis* est de retour (espèce qui avait aussi posé des problèmes de prolifération), mais sans laisser craindre une nouvelle explosion du fait de la diminution progressive du niveau trophique des eaux.

Parmi les espèces peu indicatrices de qualité des eaux, les potamots à grandes feuilles ont un historique contrasté.

C'est *Potamogeton perfoliatus* qui montre la régression la plus marquée. Toujours peu abondant dans les ports, il était toutefois une des espèces les plus fréquentes du lac dans les années 70. *Potamogeton x decipiens* est également menacé à Genève ; depuis les années 70, les herbiers diminuent comme peau de chagrin, ceci sans explication évidente car il n'est pas concurrencé par les characées.

A l'opposé, *Potamogeton lucens* montre une belle expansion à Genève où les directives du plan de gestion commencent à porter leur fruit. Cette espèce est présente dans les ports et les zones d'amarrage au large ; comme elle fleurit en surface, *P. lucens* faisait l'objet d'une fauche régulière, voir d'arrachage systématique. Depuis qu'elle est préservée de l'entretien, de beaux herbiers se développent, par exemple dans le Port de la Nautique.

6.2 PORT CHOISEUL

La composition en macrophytes du port est complètement différente de celle des années 70, et même de celle des années 90.

Dans ce milieu abrité des vagues, la domination des characées est encore plus marquée que dans la Rade. *Potamogeton pectinatus*, qui représentait encore les 2/3 de l'abondance totale en 1997, est en forte régression (16% en 2008) et la situation n'est peut-être pas encore stabilisée. De grands herbiers sont composés de ce potamot qui se développe sur un tapis de characées. Il semble que celles-ci peuvent supplanter encore davantage *P. pectinatus* si les concentrations en éléments nutritifs dissous continuent de baisser, en particulier dans les sédiments.

L'abondance des characées posent toutefois un nouveau problème à Port Choiseul. Selon les années, les herbiers peuvent se développer rapidement en juillet et créer des amas gênant la navigation dès le mois d'août. Si les plantes mesurent 70-80 cm de haut au maximum, elles peuvent se détacher naturellement à maturité ou aidée par les navigateurs mécontents de les retrouver dans les hélices des bateaux.

Pour limiter ce problème, une action test a été menée en juillet 2008 par le bureau GREN pour le compte du SEE (Etat de Genève - DGNP) responsable des l'entretien du port. Il s'est agi de limiter la surface colonisée par les characées dans les zones les plus sensibles en les arrachant du fond manuellement plutôt que de les faucher partiellement avec la « Haller » (*profondeur maximale de coupe de 2.2 m*). Une équipe de plongeurs autonomes a prélevé environ 90 % des characées de la zone test en les évacuant via la faucardeuse qui les extrayait du lac pour que cette matière puisse ensuite être acheminée vers l'incinérateur des Cheneviers.

Les résultats de cette action test seront précisés en été 2009.

Actuellement, *Ceratophyllum demersum* ne pose pas de problème pour la navigation.

Elodea nuttallii, qui est en forte régression grâce au travail des équipes du SEE depuis plusieurs années, ne semble plus nécessiter d'intervention d'entretien.

6.3 DIRECTIVES DE GESTION

Il faut garder à l'esprit qu'une grande diversité en macrophytes est importante pour elle-même mais également pour la faune associée et pour la qualité des eaux.

En résumé, il est reconnu que les macrophytes sont importants pour la macrofaune benthique, fixée ou non sur les plantes, pour les poissons et pour les oiseaux d'eau. Le cas récent le plus parlant est l'augmentation du nombre de brochets qui trouvent, avec les herbiers denses de characées, un nouvel habitat propice à leur reproduction, habitat qui faisait défaut dans les dernières décennies.

D'autre part, le pouvoir auto-épurateur des macrophytes est également bien documenté, à travers leur capacité à oxygéner les eaux et à assimiler des éléments nutritifs qui, sinon, profitent généralement aux algues qui posent des problèmes lorsqu'elles prolifèrent, en particulier dans les ports.

Il est donc primordial de préserver les macrophytes du lac, même si parfois, certaines espèces posent des problèmes pour la navigation, voir très localement pour la baignade.

Les directives énoncées dans le plan de gestion de 2000, puis dans la mise à jour de 2008 (*cité en p.5*), restent d'actualité et ne sont pas reprises en détail dans ce document.

En résumé, il faut continuer à préserver les potamots à grandes feuilles en évitant de les arracher ou de les faucarder.

Potamogeton pectinatus, qui fut une espèce dominante et qui contribuait à banaliser la végétation macrophytique, est en régression marquée ; cette évolution est positive et ne nécessite aucune gestion particulière.

Les deux élodées présentes semblent se stabiliser à un niveau de développement qui ne nécessite plus d'intervention depuis 2004-2005. Elles vont toutefois se maintenir dans la Rade et à Port Choiseul et doivent être suivies régulièrement.

Hormis quelques problèmes localisés dans les ports de faible profondeur, les characées sont les bienvenues dans les eaux du lac. Elles jouent un rôle écologique important et indiquent que le Léman se porte mieux. Toutefois, il faut savoir qu'un travail important est effectué par le SEE pour nettoyer régulièrement les grèves genevoises. En effet, les characées ont la particularité d'être faiblement enracinées et, de ce fait, se font facilement arracher du fond lors de gros coups de vents qui génèrent de puissantes vagues ; les characées créent ainsi des nuisances en s'accumulant sur les grèves.

7 CONCLUSIONS

L'étude des macrophytes de la Rade et de Port Choiseul en 2008, ainsi que les comparaisons effectuées avec les données anciennes de 1972 et de la fin des années 90, ont permis de décrire l'évolution générale de la richesse et de l'abondance des différentes espèces présentes.

Avec 17 espèces dans la Rade et 8 espèces à Port Choiseul, la richesse en macrophytes est satisfaisante, compte tenu des données historiques. L'importante progression récente des characées aurait pu faire craindre une banalisation de la flore aquatique, comme cela s'était produit dans les années 80 avec la prolifération de *Potamogeton pectinatus*. La diversité des habitats sur la beine lacustre permet encore aux espèces les plus sensibles de se maintenir.

Le développement noté des characées est un signe encourageant relativement à la santé du Léman. L'extension des herbiers, en particulier dans les zones les plus profondes, ne pose pas de problème de gestion. Au contraire, elle est profitable à la faune aquatique, directement par exemple pour le brochet ou les écrevisses et indirectement pour les oiseaux d'eau qui se nourrissent de la macrofaune fixée sur les characées.

S'il faut relever des aspects négatifs au développement des macrophytes en 2008, il s'agirait principalement de problèmes liés aux ports peu profonds (< 3m d'eau) et au nettoyage des grèves sur lesquelles les characées viennent s'échouer par grands vents, principalement en fin d'été et en automne.

Le plan de gestion du faucardage des plantes aquatiques, mis en place en 2000 et mis à jour en 2008, a fait ses preuves. Les directives données sont d'actualité et doivent être appliquées au mieux par les équipes du SEE. Il faut relever que le principal problème des années 2000-2003 était la prolifération d'*Elodea nuttallii* qui créait une gêne pour la navigation et la baignade. Les efforts consentis ont porté leurs fruits et actuellement, cette plante ne pose plus guère de problèmes, à suivre toutefois ...

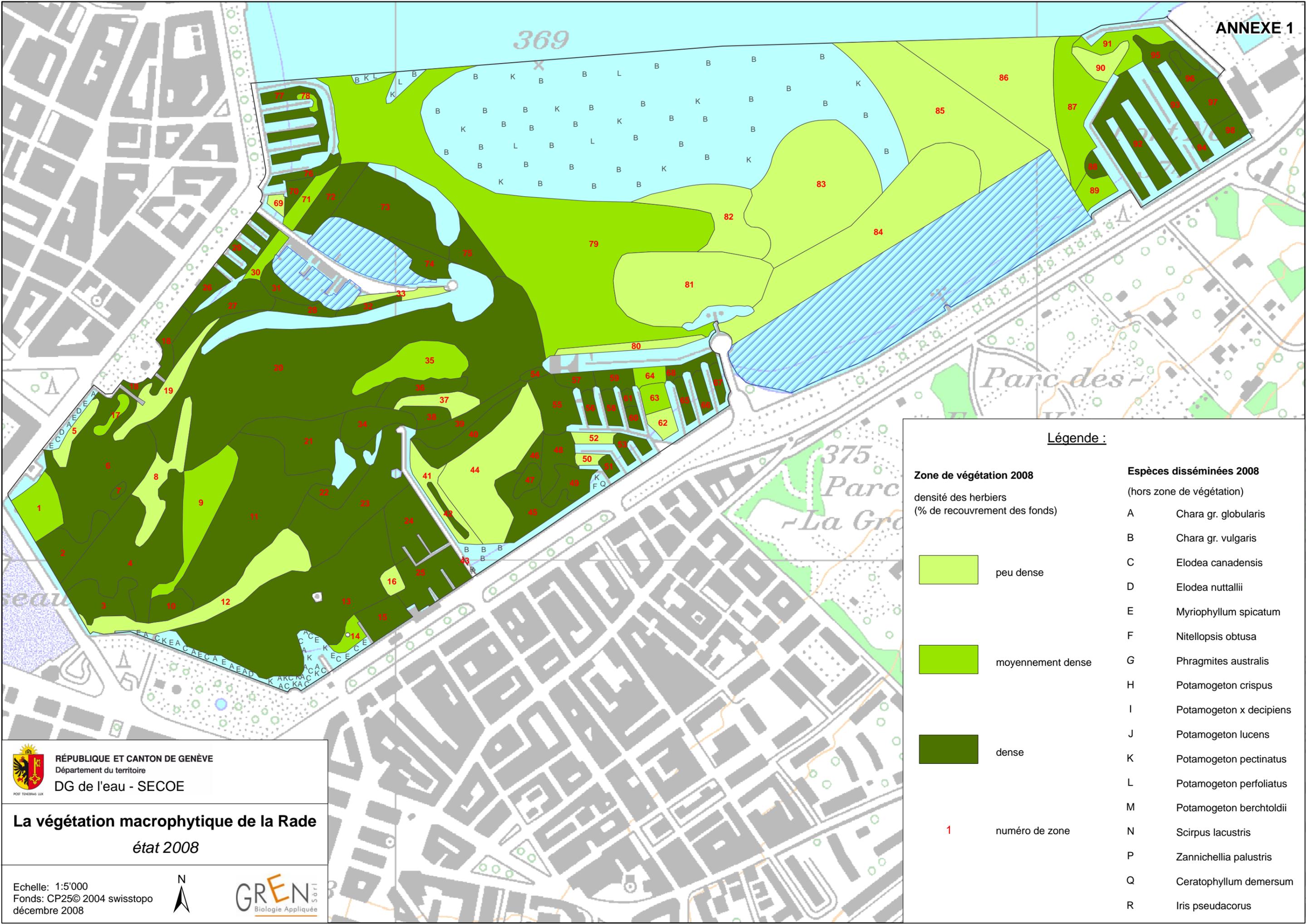
Une attention particulière doit être donnée au suivi des potamots à grandes feuilles (*Potamogeton lucens*, *P. perfoliatus* et *P. x decipiens*) qui sont rares à Genève et doivent être protégés.

Finalement, les différentes études de la végétation aquatique depuis plus de 30 ans ont permis d'accumuler des données utiles pour le biomonitoring du Léman dans son ensemble ; la valeur bioindicatrice des macrophytes, utilisée à l'échelle de plusieurs décennies, montre un intérêt certain et devrait contribuer à promouvoir de futures investigations concernant les macrophytes du Léman.

GREN / AD / décembre 2008

8 ANNEXES

- ANNEXE 1 : Carte des herbiers de macrophytes de la Rade 2008
- ANNEXE 2 : Carte des herbiers de macrophytes de Port Choiseul 2008
- ANNEXE 3 : Tableau des résultats Rade 2008
- ANNEXE 4 : Tableau des résultats Port Choiseul 2008
- ANNEXE 5 : Carte des herbiers de macrophytes de la Rade 1997
- ANNEXE 6 : Tableau des résultats Rade 1997
- ANNEXE 7 : Carte des herbiers de macrophytes de Port Choiseul 1997
- ANNEXE 8 : Tableau des résultats Port Choiseul 1997



Légende :

Zone de végétation 2008

densité des herbiers
(% de recouvrement des fonds)



peu dense



moyennement dense



dense

1

numéro de zone

Espèces disséminées 2008

(hors zone de végétation)

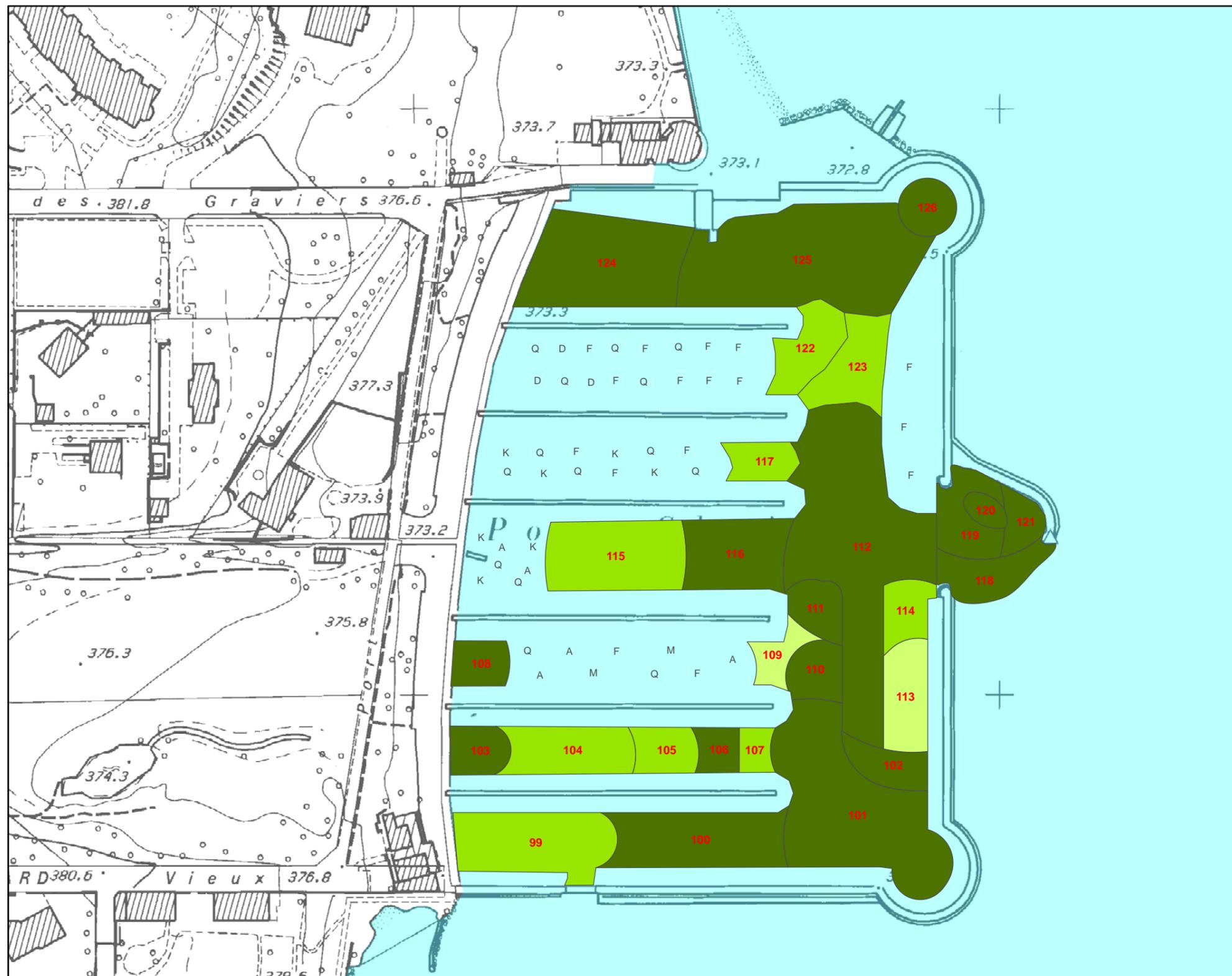
- A Chara gr. globularis
- B Chara gr. vulgaris
- C Elodea canadensis
- D Elodea nuttallii
- E Myriophyllum spicatum
- F Nitellopsis obtusa
- G Phragmites australis
- H Potamogeton crispus
- I Potamogeton x decipiens
- J Potamogeton lucens
- K Potamogeton pectinatus
- L Potamogeton perfoliatus
- M Potamogeton bertholdii
- N Scirpus lacustris
- P Zannichellia palustris
- Q Ceratophyllum demersum
- R Iris pseudacorus


RÉPUBLIQUE ET CANTON DE GENÈVE
 Département du territoire
 DG de l'eau - SECOE

La végétation macrophyte de la Rade
état 2008

Echelle: 1:5'000
 Fonds: CP25© 2004 swisstopo
 décembre 2008





Légende :

<p>Zone de végétation 2008 densité des herbiers (% de recouvrement des fonds)</p> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <p>peu dense</p> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #32CD32; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <p>moyennement dense</p> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #006400; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <p>dense</p> </div>	<p>Espèces disséminées 2008 (hors zone de végétation)</p> <p>A Chara gr. globularis</p> <p>B Chara gr. vulgaris</p> <p>C Elodea canadensis</p> <p>D Elodea nuttallii</p> <p>E Myriophyllum spicatum</p> <p>F Nitellopsis obtusa</p> <p>G Phragmites australis</p> <p>H Potamogeton crispus</p> <p>I Potamogeton x decipiens</p> <p>J Potamogeton lucens</p> <p>K Potamogeton pectinatus</p> <p>L Potamogeton perfoliatus</p> <p>M Potamogeton bertholdii</p> <p>N Scirpus lacustris</p> <p>P Zannichellia palustris</p> <p>Q Ceratophyllum demersum</p> <p>R Iris pseudacorus</p>
--	--

<p>1 numéro de zone</p>	
--------------------------------	--

RÉPUBLIQUE ET CANTON DE GENÈVE
 Département du territoire
 DG de l'eau - SECOE

**La végétation macrophytique
du Port Choiseul**

état 2008

Echelle: 1:1'500
Fonds: CP25© 2004 swisstopo
décembre 2008

GRENE
Biologie Appliquée

NOZONE	PROF	DENS	NTAXA	PC	PF	BE	LU	MYR	DE	ZAN	CHV	PHR	CHG	CR	NIT	E_NU	E_CA	CER	GRO	Algues	Surface
99	1.80	2	2	0									1							Hyd	1122
100	2.30	3	3										4			0		1			1110
101	2.20	3	3	0									5					0			2276
102	2.10	3	3	1									4					0			347
103	1.60	3	3										5			0		0			320
104	1.80	2	3										4	2				0			703
105	2.40	2	2										5	1							339
106	2.30	3	4										3	3	0			0			224
107	2.30	2	4										1	1	1			3			171
108	1.80	3	6	2						0			1	2	0			1			297
109	2.50	1	4										1	3	0			2			250
110	2.30	3	3	0									4					1			347
111	2.70	3	1												5						324
112	2.70	3	4	3									1	2				0			3039
113	2.30	1	2										1	4							559
114	2.50	2	2												4			1			335
115	2.50	2	4										1	3	0			2			1116
116	2.60	3	4										1	2	0			3			836
117	2.70	2	3										3	3	0						301
118	3.70	3	2										3	3							492
119	3.60	3	4	3						2						0		0			502
120	3.50	3	2	3		3															130
121	3.50	3	4	1		3							0	1							243
122	2.60	2	2	3											3						515
123	2.40	2	2										2	4							627
124	2.00	3	3	0									5					1		Hyd	1597
125	2.40	3	5	1									2	2	0			0			2566
126	2.10	3	5			0		0							0	1		5			314
																					total m2
																					21004
																					ha 2.1



COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DES EAUX DU LEMAN

REPUBLIQUE ET CANTON DE GENEVE
Département de l'Intérieur, de l'Agriculture,
de l'Environnement et de l'Energie
Service cantonal d'écotoxicologie

CANTON DU VALAIS
Département des Transports, de l'Équipement
et de l'Environnement
Service de la protection de l'environnement

LA VEGETATION MACROPHYTIQUE DU LEMAN

LEGENDE DES CARTES 1 - 38 (ANNEXE 17)

Liste des espèces disséminées (hors zone de végétation)

- | | |
|----------|--------------------------------|
| A | <i>Chara gr.globularis</i> |
| B | <i>Chara gr.vulgaris</i> |
| C | <i>Elodea canadensis</i> |
| D | <i>Elodea nuttallii</i> |
| E | <i>Myriophyllum spicatum</i> |
| F | <i>Nitellopsis obtusa</i> |
| G | <i>Phragmites australis</i> |
| H | <i>Potamogeton crispus</i> |
| I | <i>Potamogeton x decipiens</i> |
| J | <i>Potamogeton lucens</i> |
| K | <i>Potamogeton pectinatus</i> |
| L | <i>Potamogeton perfoliatus</i> |
| M | <i>Potamogeton gr.pusillus</i> |
| N | <i>Scirpus lacustris</i> |
| P | <i>Zannichellia palustris</i> |
| ∴ | Algues filamenteuses |

Densité des zones de végétation



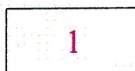
Végétation peu dense



Végétation moyennement dense



Végétation dense



N° de zone

Lignes bathymétriques (cartes OFT 1/25'000)



370, 360, 350 msm



365 msm



ECOTEC ENVIRONNEMENT SA
Rue François-Ruchon 3 - 1203 Genève
Tél. 022/344 91 19-Fax 022/344 33 65
e-mail ecotec@bluewin.ch

Date : Janvier 1999

Echelle : 1/ 7'500

Cartes de base : CP 25 © OFT, 1998



RADE 1997												
Secteur 1	PC	PF	BE	LU	MYR	DE	ZAN	CHV	CHG	CR	E.NU	Zone
78	340044											340044
79	90684							22671	22671			136026
80	223716	111858										335574
81								8415				8415
82									18765			18765
83											18045	18045
84									17715			17715
85									14868		3717	18585
86									9015			9015
87									7860		7860	15720
88	10932								16398		5466	32796
89									21540			21540
90	15066					75330						90396
91	54135		10827									64962
92	425595	85119										510714
93									8235		1647	9882
94	4164				4164							8328
95											6240	6240
96									2973		14865	17838
97	42960										8592	51552
98	112395								22479			134874
99	57855		11571									69426
100	109134		36378						72756		72756	291024
101	1886										7544	9430
102			44856		44856	179424			89712			358848
103	6498					25992						32490
104	8872	17744				26616						53232
105	244928										122464	367392
106									36036		36036	72072
107											30780	30780
108									18081		90405	108486
109									33630		6726	40356
110									35445			35445
111											38940	38940
112									6267		31335	37602
113	3474								3474			6948
114			2220				4440		6660			13320
115	66920											66920
116	40356		20178				60534					121068
117	565920		141480		141480		282960					1131840
118	37770		18885				56655					113310
119	333225		111075			333225						777525
120	291258		194172				97086					582516
121											16560	16560
122									21800			21800
123			2980									2980
124	15730											15730
125	234330											234330
126	146772	73386				293544						513702
127									18940			18940
128	18802	18802							18802		18802	75208
129	9436								47180			56616
130	60550											60550
131									11052		11052	22104
132				2964					5928		8892	17784
133									23955			23955
134											60590	60590
135											34630	34630
136			9602				9602		9602		38408	67214
137											7625	7625
138											5790	5790
139									3868		5802	9670
140	1122270											1122270
141	186358.4							46589.6	93179.2			326127.2
142	33088	49632						33088				115808
143	377350	75470										452820
144	124645	24929										149574
145	18940	37880										56820
146	392004	98001						196002				686007
149		38834			38834				38834			116502
150	16176	32352										48528
151	45222	45222		22611							22611	135666
152	4948	4948							9896	4948	4948	29688
153	8358	8358										16716
154									99930			99930
												0
												10848230.2
ZONES 1	PC	PF	PU	LU	MYR	DE	ZAN	CHV	CHG	CR	E.NU	TOTAL
Abondance	5902766	722535	604224	25575	229334	934131	511277	306766	867546	4948	739128	10848230
Abond/1000	5903	723	604	26	229	934	511	307	868	5	739	10848
	PC	PF	PU	LU	MYR	DE	ZAN	CHV	CHG	CR	E.NU	sans formules
Abond/1000	5903	723	604	26	229	934	511	307	868	5	739	10848
Abond/tot	54.4%	6.7%	5.6%	0.2%	2.1%	8.6%	4.7%	2.8%	8.0%	0.0%	6.8%	
	PC	DE	CHG	E.NU	PF	PU	ZAN	CHV	MYR	LU	CR	classé
Abond décrois.	5903	934	868	739	723	604	511	307	229	26	5	
	54.4%	8.6%	8.0%	6.8%	6.7%	5.6%	4.7%	2.8%	2.1%	0.2%	0.0%	

