

Caractérisation des habitats riverains et littoraux du lac de Neuchâtel – 2013-14

SUIVI RIVELAC

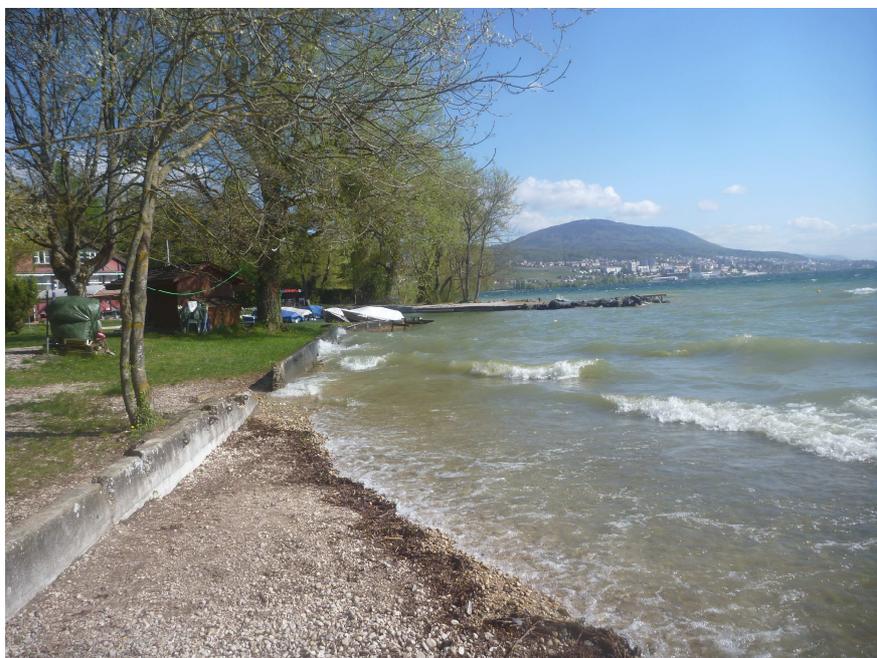


Photo de couverture : DGE /Protection des eaux

Brigitte Lods-Crozet et Pierre-Alain Chevalley

Département du Territoire et de l'Environnement

Direction Générale de l'Environnement (DGE)

Direction de l'environnement industriel, urbain et rural (DIREV)

Division Protection des eaux (PRE) – Section Biologie des eaux

Chemin des Boveresses 155 – CH 1066 EPALINGES

Tél. +41 (21) 316 71 81 – Fax +41 (21) 316 71 82 - www.vd.ch/eau

Avril 2018

1. INTRODUCTION	4
2. CARACTERISATION DES RIVES ET DU LITTORAL.....	4
2.1. Méthodologie	5
2.1.1. Typologie des interfaces eau-terre	5
2.1.2. Le « Lake Habitat Survey » (LHS).....	5
2.2. Résultats.....	6
2.2.1. Typologie des interfaces eau-terre	6
2.2.2. Le « Lake Habitat Survey »	7
3. LA FAUNE BENTHIQUE LITTORALE.....	10
3.1. Méthodologie	10
3.2. Composition de la faune benthique littorale	11
3.3. Richesse et densité de la faune benthique dans les 4 transects.....	13
5. LES MACROALGUES CHARACEES	14
6. CONCLUSIONS	15
7. BIBLIOGRAPHIE	16

1. INTRODUCTION

La caractérisation des habitats riverains et littoraux s'inscrit dans les objectifs de la LEaux (Loi fédérale sur la protection des eaux) et de son ordonnance d'application l'OEaux, en définissant les objectifs écologiques pour les eaux superficielles et les exigences requises pour la qualité des eaux. La LPN (Loi fédérale sur la protection de la nature) protège la végétation riveraine naturelle (art. 21). L'évaluation hydromorphologique des rives au sens large (milieu riverain terrestre, interface eau-terre, zone littorale), du régime des eaux et des biocénoses (flore et faune) sert de base pour la caractérisation de ces milieux lacustres.

Plus récemment, la modification de la LEaux et de son ordonnance OEaux, entrée en vigueur en 2011, définit un espace réservé aux étendues d'eau (art. 41b, c, d OEaux) d'au moins 15 m depuis la rive côté terre. Les cantons sont chargés de planifier les revitalisations et d'examiner si les plans directeurs et les plans d'affectation prennent en compte cette planification. L'échéance est fixée au 31 décembre 2022.

Afin de documenter l'état hydromorphologique des rives, leur potentiel écologique et leur importance pour le paysage, plusieurs approches ont été testées en 2013-14. Ces approches émergent de différentes méthodes. En Suisse, un système modulaire gradué Lacs (SMG-Lacs) a été mis place en 2013 (Schlosser et al. 2013) et le premier module sur l'appréciation de l'écomorphologie des rives lacustres est paru fin 2016 (Niederberger et al. 2016).

2. CARACTERISATION DES RIVES ET DU LITTORAL

Suite aux deux corrections des eaux du Jura entre 1868 et 1973, le niveau moyen du lac a été abaissé de l'ordre de 6 m (435 à 429 m) et sa surface réduite de 8 à 10 %. Ces interventions ont aussi réduit l'amplitude de niveau d'eau de 2.0 m à 0.50 m.

Les zones riveraines et littorales se sont donc étendues principalement dans les secteurs nord-est et sud-ouest ainsi que sur la rive sud en permettant la création de larges zones d'atterrissement de plusieurs centaines de mètres de large (Annexe 1).

Sur la rive sud, les zones naturelles de la Grande Cariçaie sont protégées (catégorie IV UICN). Sur les cantons de Berne et de Neuchâtel, deux réserves y sont délimitées (les Fanel BE et NE), sur les cantons de Vaud et de Fribourg, 7 grandes réserves naturelles ont été définies (plus d'information sur <http://www.grande-caricaie.ch>). Une étude sur les mouvements de la ligne de rive sur la rive sud entre 1953 et 2010 (Romanens et al. 2016) montre que globalement le bilan est quantitativement positif avec une extension de rives marécageuses par extension de roselières lacustres. Ces zones naturelles sont aussi comprises dans un périmètre protégé par l'OROEM (Ordonnance sur les réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs d'importance nationale et internationale) et au niveau du Réseau Ecologique National (REN).

D'une manière générale, sur les 186 km de rives, trois types de beines¹ peuvent être considérés :

- Beine plate supérieure à 500 m de long principalement sur la rive sud et aux deux extrémités (région Yverdon et bas-lac). Elle s'étend sur plus de 3 km dans le bas-lac (entre Cudrefin et le canal de la Thièle),
- Beine moyennement raide comprise entre 200 et 500 m dans les secteurs de Champ-Pittet, de Gletterens à Cudrefin et de Grandson à Concise,
- Beine de plus forte pente inférieure à 200 m de long principalement entre Neuchâtel et Colombier.

¹ Beine : plate-forme littorale

2.1. Méthodologie

2.1.1. Typologie des interfaces eau-terre

Sur la base des photos aériennes datant de 2001 disponibles sur <http://map.geo.admin.ch>, de photos obliques des rives disponibles sur le site de l'Etat de Vaud datant de 2012 (<http://www.photos-vaud.ch/>) et de la prospection le long des rives en juillet-août 2013-14, les types d'interfaces eau-terre ont pu être décrits.

2.1.2. Le « Lake Habitat Survey » (LHS)

Cette méthode a été développée par le « Scotland and Northern Ireland Forum for Environmental Research » (SNIFFER 2008) pour répondre aux exigences de la Directive cadre sur l'eau (DCE). Elle permet de caractériser les habitats dominants des bords de lacs, d'évaluer l'hydromorphologie des rives de manière standardisée et de recenser les pressions anthropiques sur le lac. Cette méthode possède un domaine d'application vaste et optimisé pour une utilisation au niveau européen (Rowan et al. 2006). Elle a été appliquée sur plusieurs lacs européens (Grande Bretagne, France, Italie, etc.). Elle présente l'avantage d'être complète, simple, rapide à mettre en oeuvre et permet de synthétiser les données par deux indices de qualité et de perturbation de l'habitat.

La méthode consiste à faire une évaluation à 2 niveaux :

1. Niveau détaillé : dix transects (**Habitat-plots**) ou un multiple de dix selon la surface du lac, perpendiculaire à la rive et de 15 m de large, sont repartis uniformément le long des rives. Un repérage aléatoire précis au niveau de chaque station est réalisé pour ne pas être influencé par la délimitation des stations sur le terrain (Annexe 2). A l'échelle stationnelle (Habitat-plot), la description est basée sur la composition des différents habitats dans la zone littorale (10 m de long), la zone de transition (de longueur variable) et la zone riveraine (15 m de long) (Figure 1). Les transects sont prospectés en bateau et à pied. 17 critères sont définis pour la **zone riveraine** (15 m côté terre) : substrat, végétation, exposition ; 18 critères pour le **rivage** (présence d'une berge, plage, végétation) ; 12 critères pour la **zone littorale** (substrat, végétation, néophytes). Les **pressions anthropiques** sont évaluées sur l'ensemble du Hab-plot. Le fetch ou distance parcourue sans obstacle par le vent sur un plan d'eau est aussi estimé au niveau de chaque habitat-plot sur un segment de rive de 100-200 m de long.
2. Niveau général : une description de tout le périmètre (entre les Habitat-plots) est réalisée entre chaque transect. Les facteurs principaux étudiés sont l'occupation au niveau du sol ainsi que certaines pressions notamment au niveau des berges. Cette description se réalise à deux échelles : 10 m côté littoral lacustre à 15 m côté riverain terrestre et de 15 m jusqu'à 50 m après le sommet de berge.

La méthode s'applique en période estivale (optimum de croissance de la végétation aquatique) et se ne sont pas moins de 120 critères qui sont pris en compte pour décrire et caractériser les habitats riverains (voir annexe 4). Pour le lac de Neuchâtel, ce sont 40 **Habitat-plots** qui ont été suivis (Annexe 3). La prospection a été réalisée les 21-22 août 2013 sur la rive sud et les 11-12 août 2014 sur la rive nord en bateau.

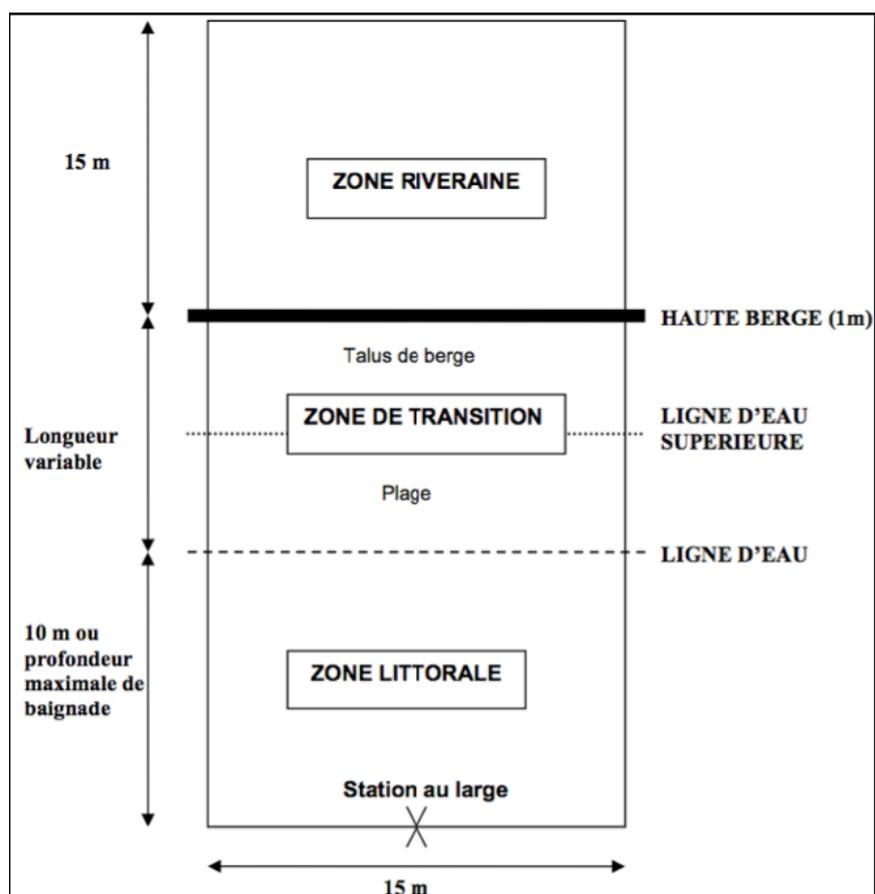


Figure 1. Représentation schématique des différentes zones étudiées sur une station d'étude (Habitat-plot).

2.2. Résultats

2.2.1. Typologie des interfaces eau-terre

Six types d'interfaces eau-terre ont été décrits (Figure 2 et Tableau 1). Les interfaces eau-terre naturelles représentent respectivement 67.5 et 45.2 % du linéaire des rives sud et nord (58 % pour l'ensemble du lac).

Tableau 1. Longueur de rives des différentes interfaces eau-terre sur les rives sud et nord du lac de Neuchâtel

	Rive sud		Rive nord		Total	
	Km	%	Km	%	Km	%
Rives naturelles	68.7	67.5	38.1	45.2	106.8	57.4
Plages aménagées	0.6	0.6	0.2	0.2	0.8	0.4
Mur de soutènement avec remblai	4.9	4.8	8.6	10.2	13.4	7.2
Enrochements disjoints	19.2	18.9	21.6	25.7	40.9	22.0
Digues étanches	2.4	2.4	3.7	4.4	6.1	3.3
Quais et constructions	6.0	5.9	12.0	14.3	18.0	9.7
	101.7	100	84.2	100	185.9	100.0

Les interfaces de la rive sud sont en grande partie des zones protégées (zones alluviales, bas-marais, sites marécageux) et forme le plus grand marais de Suisse « la Grande Cariçaie ». Elles s'étendent sur 69 km de la rive sud.

Sur la rive nord, des tronçons discontinus ont des interfaces naturelles sur 38 km de rives (baie d'Yverdon sur la rive gauche de La Thièle, embouchure de l'Arnon, entre Concise et Vaumarcus, la pointe du Grain, La Tène).

La description des différents types d'interface eau-terre est présentée en annexe 5. Les cartes détaillées des rives par secteurs sont présentées en annexe 6.

Par comparaison, les interfaces eau-terre naturelles du lac de Constance représentent 20% du linéaire (IGKB 2009) et seulement 3% dans le Léman (CIPEL 2006).

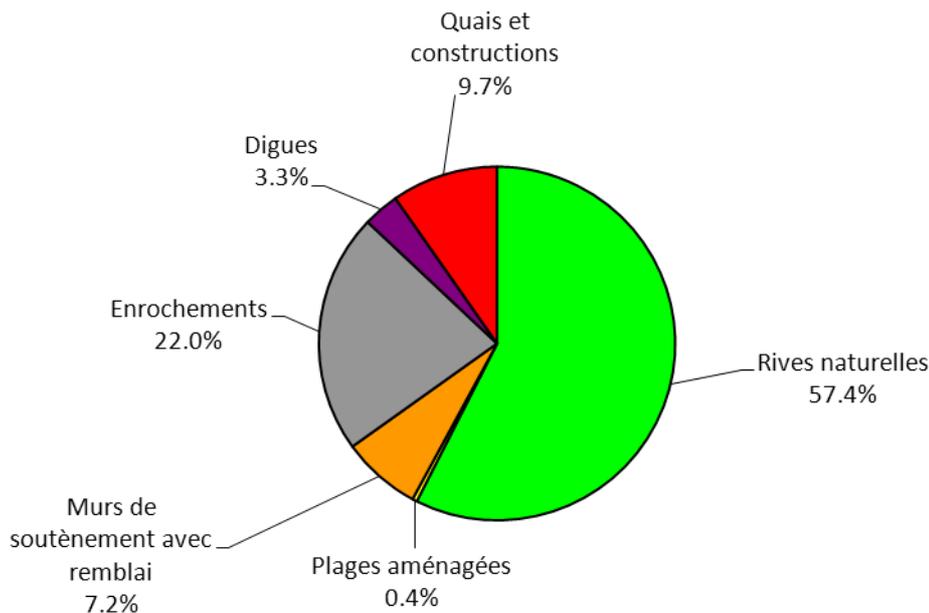


Figure 2. Typologie des interfaces eau-terre du lac de Neuchâtel - état 2013-14

2.2.2. Le « Lake Habitat Survey »

Les résultats détaillés et des photos des 40 habitats-plots sont fournis dans les Annexes 4 et 7.

Les fetchs maximum de Bise (vent du nord) et de Vent (vent d'ouest) peuvent parcourir plus de 30 km.

L'utilisation de la méthode du LHS a permis de générer deux indices :

- Un indicateur de la qualité de l'habitat (**LHQA**) (MacGoff & Irvine, 2009 ; détails des calculs dans Annexe 4) qui met l'accent sur le caractère naturel en regroupant des critères d'évaluation de la qualité de l'habitat sur les 3 zones (riveraine, rivage/zone de transition, littoral) à l'aide de 17 paramètres sur l'ensemble des 40 habitat-plots et 3 paramètres sur la diversité des habitats du plan d'eau (Tableau 2). Cet indice peut être compris entre 0 et 112 : plus le score est élevé, meilleure est la qualité de l'habitat.
- Un indicateur du degré d'altération/modification de l'habitat (**LHMS**) (Rowan et al. 2006; détails des calculs dans Annexe 4) qui se base sur les pressions exercées sur le milieu et est calculé à partir des données recueillies sur les 40 habitat-plots et celles sur tout le périmètre du lac. Les pressions sont classées selon six variables (Tableau 3). Il peut atteindre une note maximale de 42 qui correspond à des pressions anthropiques maximales. Il est obtenu en

sommant les scores les plus déclassants pour chaque pression. Les valeurs maximales des scores attribuées à chaque pression reflètent le plus haut degré de dégradation.

Tableau 2. Résultats des scores des indices de qualité de l'habitat (LHQA).

	score LHQA	lac Neuchatel	lac Morat
	Critères		
Zone riveraine	Complexité de la structure de la végétation	3	3
Riparian zone	Stabilité de la végétation	1	2
	Importance de la couverture naturelle du sol	3	2
	Diversité des types de couverture naturelle du sol	4	4
	Diversité des caractéristiques du haut de berge	3	3
	Zone riveraine	14/20	14
Zone de transition - Rivage	Diversité des habitats observés	4	1
Exposed shore	Berges naturelles	3	2
	Diversité des habitats naturels de la berge	4	3
	Plages naturelles	1	1
	Diversité des habitats naturels de la plage	3	2
	Zone de transition - Rivage	15/24	9
Zone littorale	Variation de la bathymétrie (à 10 m du rivage)	4	1
Littoral zone	Importance de la zone littorale naturelle	4	4
	Diversité des types de substrats naturels en zone littorale	2	2
	Importance de la couverture végétale	7	7
	Diversité des peuplements de macrophytes	4	4
	Importance de l'habitat littoral	1	2
	Caractéristiques de l'habitat en zone littorale	4	4
	Zone littorale	26/32	24
Plan d'eau / Lac	Diversité des types d'habitats (zones alluviales, îles, deltas, etc.)	17	12
	Total	72	59

Les résultats de l'indice de qualité de l'habitat sont présentés dans le tableau 2. La qualité des habitats riverains et littoraux est bonne sur le lac de Neuchâtel avec une note de 72/112 pour le LHQA (Tableau 2, Annexe 4). La zone riveraine a une bonne diversité de types de couverture naturelle du sol. Le faible nombre de plages naturelles au bord du lac peut s'expliquer par l'abondance des roselières lacustres sur une grande partie de la rive sud, sud-est du lac. La zone littorale est bien diversifiée et naturelle ; les très faibles pentes (Figure 3) et les substrats sablo-limoneux de la majeure partie de la rive sud (entre Yverdon et Marin) favorisent le développement de ceintures d'hélophytes et d'hydrophytes à feuilles flottantes et immergés.

Pour l'ensemble du lac, deux types d'habitats spécifiques sont recensés :

- les zones alluviales qui sont les zones inondables en bordure du lac, ces zones constituant des biotopes naturels.
- Les bas-marais, témoins des paysages d'autrefois. Ils abritent une biocénose composée de plantes et d'animaux étroitement liés les uns aux autres et parmi lesquels on trouve un grand nombre d'espèces menacées.

Les scores obtenus pour le lac de Neuchâtel sont plus élevées que ceux obtenus pour le lac de Morat, lors du suivi de 2011 (Lods-Crozet & Chevalley 2012).

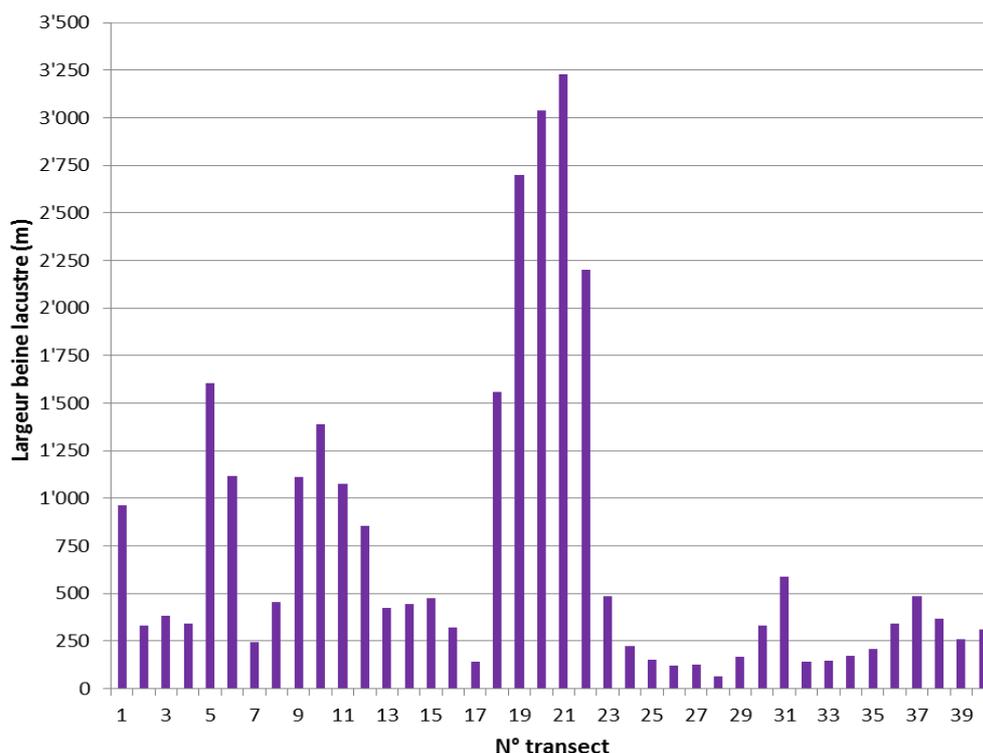


Figure 3. Largeur de la beine littorale lacustre de la rive à l’aplomb de 9 m de profondeur sur chaque transect.

L’indice de modification de l’habitat est moyen à médiocre avec une note **28/42 pour le LHMS**. Les rives du lac sont naturelles à proche du naturel sur 58% du périmètre (Tableau 3, Annexe 4). Le nombre de habitat-plots avec un renforcement de la berge et une couverture du sol non-naturelle atteint 40%. Les pressions sur le lac sont la navigation, la pêche professionnelle, la présence d’espèces exogènes, les activités de baignade. De plus, le niveau du lac est régulé comme les lacs de Morat et Bienne, par un ouvrage situé sur l’Aar à 2 km en aval du lac de Bienne (barrage de régulation de Port). Les amplitudes maximales sont de 0.50 m.

Tableau 3. Résultats des scores des indices de modification de l’habitat (LHMS).

Pressions	lac Neuchatel	lac Morat	score max
	score LHMS	score LHMS	
Modifications du rivage	4	4	8
Usages intensifs du rivage	4	4	8
Usages du plan d'eau	8	8	8
Hydrologie	6	6	8
Sédimentation / érosion	2	2	6
Espèces invasives	4	4	4
	28	28	42

3. LA FAUNE BENTHIQUE LITTORALE

3.1. Méthodologie

Quatre transects de suivi sont délimités sur une longueur de 100 à 200 m de rive et choisis selon des critères d'exposition aux vents dominants (bise, vent d'ouest) et de longueur de la beine (inférieure ou supérieure à 50 m). Les échantillons sont effectués à deux profondeurs :

- zone eu-littorale (< 1 m de profondeur)
- zone littorale profonde (≈ 5 m de prof.)

Enfin dans chacun des quatre transects, le secteur délimité est parcouru en bateau et en plongée afin de déterminer quels sont les habitats à recenser selon la grille d'habitabilité de l'IBCH (Stucki 2010) qui a été modifiée (Annexe 8).

La stratégie d'échantillonnage est définie comme suit : en zone eu-littorale, huit échantillons sont prélevés dans les différents habitats et en zone littorale profonde, quatre échantillons (Tableau 4 ; Annexe 8).

Quatre autres transects sur la rive sud ont été suivis selon la même méthode par l'Association de la Grande-Cariçaie en 2013 (n° habitat-plot 7, 11, 13, 15).

Tableau 4. Caractérisation des 4 stations étudiées à 2 profondeurs

Site	Châble-Perron (S)	Yvonand (S)	Onnens (N)	Colombier (N)
Coordonnées	543713/183315	547031/183930	543152/187000	556991/201441
N° Habitat-plot	3	5	37	27
Date	23.04.2013	25.04.2013	17.04.2014	15.04.2014
Pente (%)	1	< 1	1.5	5
Fetch effectif maximum	élevé (>30km)	élevé (>25km)	élevé (>30km)	élevé (>15km)
Longueur beine (m)	500	1100	290	80
Nombre habitats différents à 1 m prof.	4	3	3	2
Nombre habitats différents à 5 m prof.	2	2	2	1

Tous les prélèvements sont effectués en plongée à l'aide d'un filet Surber modifié (Figure 4), de surface 25 x 25 cm, vide de maille de 0.5 mm, avec un système de fermeture de la poche du filet. Le substrat est remué avec la main pendant au maximum 30 secondes. La période de prélèvements est fixée au début du printemps pour éviter les périodes d'émergence des insectes et de reproduction des invertébrés (présence de nombreux juvéniles difficilement déterminables). Le matériel récolté est fixé à l'éthanol 95% sur place, puis trié, déterminé et dénombré au laboratoire à l'aide d'un stéréomicroscope. La détermination est fixée au genre voire à l'espèce sauf pour les nématodes, ostracodes, hydracariens, vers oligochètes, et larves de diptères. Les mollusques et les larves d'insectes éphémères et trichoptères ont fait l'objet d'une détermination spécifique quand cela était possible par un spécialiste (Bureau Aquabug, Neuchâtel).

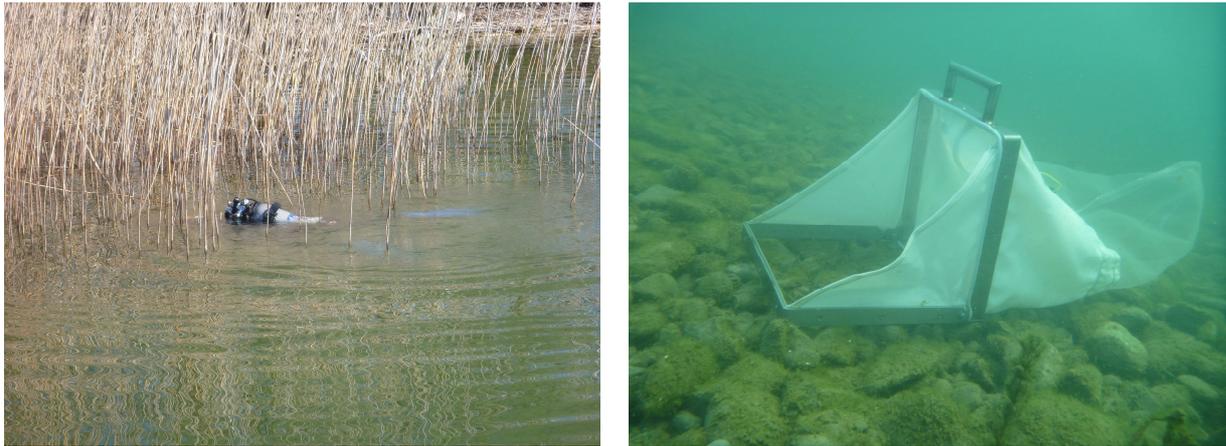


Figure 4. Prélèvement en plongée dans la roselière (gauche) ; filet Surber modifié

3.2. Composition de la faune benthique littorale

La faune des invertébrés du littoral, recensée sur quatre secteurs comprenant plusieurs types d'habitats et à deux profondeurs (1 et 5 m), soit huit stations, comprend un total de 73 taxons (diversité gamma) avec une richesse taxonomique comprise entre 23 et 44 taxons par station (diversité alpha) (Tableau 5).

Deux groupes d'invertébrés dominent la diversité taxonomique. Ce sont les mollusques gastéropodes et les insectes trichoptères (Tableau 6).

Cinq taxons se retrouvent sur l'ensemble des huit stations. Ce sont les bivalves Sphaeriidae, *Dreissena polymorpha*, les vers oligochètes, les larves d'insectes éphémères *Caenis* sp. et de chironomidés.

La plupart des taxons sont cosmopolites et communs dans les plans d'eau suisses de plaine. Cependant, le mollusque gastéropode *Physa fontinalis*, échantillonné uniquement sur le site d'Onnens est caractéristique des eaux froides des lacs (Rüetschi et al. 2012). IL est avec *Gyraulus crista*, classé respectivement comme vulnérable (VU) et potentiellement menacé (NT) dans la liste rouge suisse des mollusques (Rüetschi et al. 2012). Les larves de trichoptères *Cyrtus crenaticornis* (NT), *Psychomyia fragilis* (NT) et *Molanna albicans* (VU) sont aussi classés dans une liste rouge des insectes aquatiques (Lubini et al. 2012).

Trois espèces de grandes moules (*Anodonta anatina*, *A. cygnea* et *Unio tumidus*) ont été observées hors des habitats échantillonnés, dans la zone eu-littorale (1 – 2 m de profondeur). Ces espèces sont classées comme fortement menacé (EN) dans la liste rouge suisse (Rüetschi et al. 2012).

En outre, dans quatre autres transects échantillonnés sur la Rive sud du lac par l'Association de la Grande Cariçaie le 12 juin 2013, trois espèces de Sphaeriidae (*Pisidium amnicum* – NT, *P. hibernicum* - NT, *P. tenuilineatum* – VU), des larves d'éphémères *Caenis robusta* (NT) et *Ephemera lineata* (EN – en danger) ont été collectés.

Comme dans d'autres lacs suisses, des espèces non-indigènes colonisent la zone littorale du lac. Ce sont quatre espèces de mollusques (*Potamopyrgus antipodarum*, *Haitia acuta*, *Corbicula fluminea* et *Dreissena polymorpha*) dont l'abondance peut dépasser 10'000 individus par m² pour *C. fluminea*. La faible abondance du gammare invasif *Dikerogammarus villosus* (maximum 34 ind./m²) est certainement à lier au manque d'habitat caillouteux propice à cette espèce.

Tableau 5. Liste des invertébrés aquatiques littoraux du lac de Neuchâtel ; LR : Liste rouge ; LC : non menacé; NT : potentiellement menacé; VU : vulnérable ; EN : fortement menacé.

		Stations	Rive Sud 2013				Rive Nord 2014			
			Châble-Perron		Yvonand		Onnens		Colombier	
			1	5	1	5	1	5	1	5
		Profondeur (m)	0.5	0.25	0.5	0.25	0.375	0.25	0.3125	0.25
		surface tot. échantillon (m ²)	8	4	8	4	6	4	5	4
LR		Nb échantillons	8	4	8	4	6	4	5	4
	HYDROZOA	Hydra spp.		32					1	
	TRICLADIDA	Dugesidae		12		76	2	12	24	5
	NEMATODA	Nematoda	1	8	8	4				
LC	GASTROPODA	Valvatidae	4	324		44		4		59
LC		Valvata cristata						16	1	34
LC		Hydrobiidae			1518	32	73		14	22
LC		Bithyniidae	22	52	2	64		177	18	536
VU		Physidae					3	2		
LC		Haitia acuta		368			1	1		1
		Lymnaeidae	1				1		1	3
LC		Radix auricularia		8						
LC		Radix balthica					8			2
		Lymnaea stagnalis					8			
NT	Planorbidae	Gyraulus crista		428		68		1		
		Gyraulus spp.	2	512		112	13	2	1	2
LC		Hippeutis complanatus		36		4		1	1	6
LC		Planorbis carinatus						2		
LC		Ancylus fluviatilis					6		1	
	BIVALVIA	Sphaeriidae	472	776	138	496	25	2	218	4
LC		Corbiculidae	4	13428	736		0			
LC		Dreissenidae	192	436	76	148	214	136	150	12
	OLIGOCHAETA	Oligochaeta	1282	938	324	296	225	647	445	1327
	HIRUDINEA	Glossiphoniidae		14				3	1	12
		Helobdella stagnalis	6	28	12	4		5	33	7
		Erpobdellidae	4	16		24	2	48	58	5
	ACARINA	Hydracarina	18	62	5	52	1	17		15
	CRUSTACEA	Asellidae	12	68		964	2	184	83	16
		Gammaridae	24	8	6	36	3		1	
		Dikergammarus villosus	34	16	4	16	12		1	1
LC	EPHEMEROPTERA	Baetidae	28	184	26	4	2			
LC		Cloeon simile		28	2	8				
		Caenis horaria/luctuosa/macrura	444	124	532	468	925	17	33	4
LC		Ephemeridae	32	8	8		7			
	ODONATA	Libellulidae	2							
		Coenagrionidae	2							
		Ischnura sp.		8	2		1	7	1	
	HETEROPTERA	Corixidae	766	16	22					
	MEGALOPTERA	Sialis sp					0.4			
	COLEOPTERA	Gyrinidae	12				1			
		Orectochilus villosus	36				9	1	1	
		Haliplidae								
		Elmidae		4						
		Esolus sp. (adulte)	4							
		Riolus sp.					3			
		Chrysomelidae			8					
		Dryopidae	4							
LC	TRICHOPTERA	Hydroptilidae	4	52	12		2	16	1	
		Oxyethira spp.	4	376	2		20	4	14	3
		Hydroptila sp.					1			
LC		Agraylea multipunctata	2							
		Psychomyiidae			2				1	
NT		Cynus crenaticornis		56		24		1		
LC		Cynus trimaculatus					0.4	2	1	
NT		Psychomyia fragilis					1			
		Tinodes waeneri					13		8	
		Polycentropodidae		4				1		
LC		Polycentropus flavomaculatus	12							
LC		Ecnomidae		4	2		2		1	
		Limnephilidae							1	
LC		Anabolia nervosa	24	4			1			
LC		Melampophylax mucoreus					7			
VU		Molannidae		32						
		Leptoceridae	4		174	4			2	1
		Athripsodes spp.	12	864			1		27	
		Ceraclea sp.					2	3	2	
LC		Mystacides azurea	2	168			7		1	
		Mystacides spp.	4	4	2		5	2	3	
		Oecetis spp.	2	56					3	
LC		Lepidostomatidae					0.4		1	
	LEPIDOPTERA	Pyrilidae		4			1	2		
	DIPTERA	Chironomidae	26	828	384	748	274	66	61	55
		Ceratopogonidae	74	116	82	12	0.4			
		Tabanidae	4		2					
		Empididae					0.4		1	
		Richesse taxonomique	39	44	27	25	44	30	37	23
		Densité / m ²	5670	42348	5054	7704	1885	1382	1209	2132

Tableau 6. Nombre de taxons des différentes unités taxonomiques de la zone littorale

Groupe	Richesse
Gastéropodes	15
Bivalves	3
Sangsues	3
Crustacés	3
Ephémères	6
Odonates	3
Coléoptères	7
Trichoptères	23
Diptères	4
Autres insectes	3
Autres invertébrés	5

Pour les mollusques aquatiques, les différents recensements effectués en 2013-14 montrent que la zone littorale du lac abrite 20% des espèces classées sur la liste rouge.

Si l'on compare nos résultats du lac de Neuchâtel avec ceux des données antérieures (Lubini et al. 2004) et des données du CSCF, la richesse en espèces représente respectivement 72, 54, 68 % de la richesse potentielle des mollusques gastéropodes, larves d'insectes éphémères et trichoptères de Suisse.

3.3. Richesse et densité de la faune benthique dans les 4 transects

Les zones eu-littorales (1 m de profondeur) sont les plus riches en taxons (total : 67 taxons ; moyenne 36.8 taxons) par rapport à celles de 5 m de profondeur (total : 51 taxons ; moyenne : 30.5 taxons). Cependant, sur les stations de la rive sud, la richesse taxonomique est similaire aux 2 profondeurs tandis qu'elle est nettement plus élevée en zone eu-littorale sur la rive nord du lac. Ce sont principalement les larves de trichoptères qui sont plus diversifiées (Figure 5).

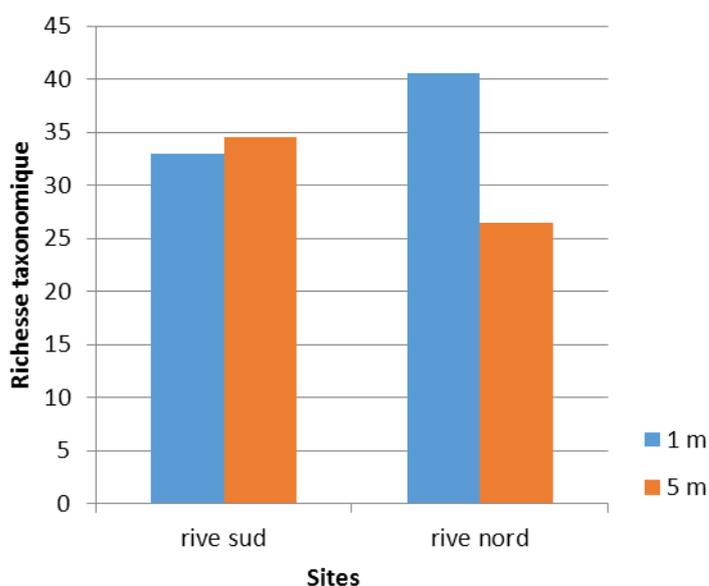


Figure 5. Richesse taxonomique dans les 4 sites du littoral du lac de Neuchâtel

La densité moyenne des invertébrés est du même ordre de grandeur (5'000 – 7'000 ind. /m²) sur les deux sites de la rive sud, excepté à la station à Châble-Perron - 5 m de profondeur. En effet, les effectifs atteignent plus de 42'000 ind. /m²) avec une prolifération de *Corbicula fluminea*, *Dreissena polymorpha* et des vers oligochètes. Par contre, sur la rive nord, la densité moyenne est beaucoup plus faible (< 2'700 ind. /m²) (Tableau 5 ; Figure 6).

Les vers oligochètes et larves de chironomidés contribuent à plus de 50% de la densité totale des invertébrés, suivi par les larves de *Caenis*, les mollusques allochtones *Potamopyrgus*, *Corbicula* et *Dreissena* et les larves de trichoptères Leptocéridés.

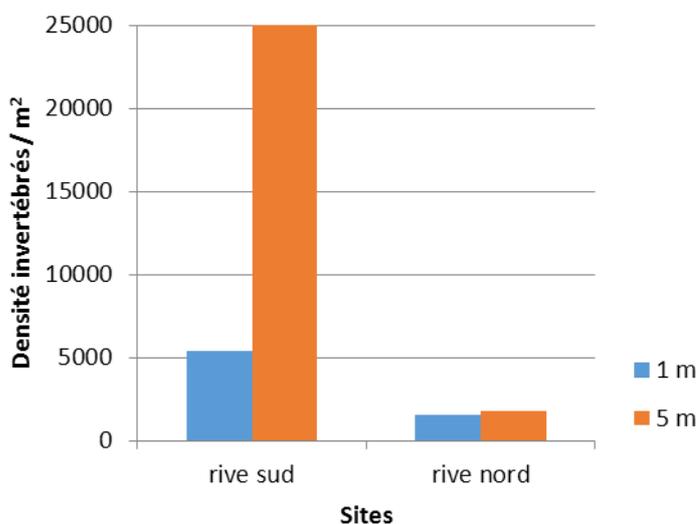


Figure 6. Densité des invertébrés dans les 4 sites du littoral du lac de Neuchâtel

L'abondance relative des espèces non-indigènes n'est pas négligeable puisqu'elle représente entre 4 et 46% dans l'eulittoral (1m profondeur) et entre 2 et 33% à 5 m de profondeur (moyenne 15.8 %) de l'abondance totale des invertébrés littoraux.

5. LES MACROALGUES CHARACEES

La prospection des 40 habitat-plots autour du lac a permis de faire un recensement non exhaustif de des macroalgues Characées. Ce groupe proche des algues vertes et typiques des eaux oligo- et mésotrophes englobe des espèces les plus sensibles à l'eutrophisation des eaux et qui sont les premières à avoir recolonisé les grands lacs du Plateau suisse au moment d'une ré-oligotrophisation. La détermination spécifique a été confiée à Dominique Auderset Joye, spécialiste de ce groupe (Auderset Joye & Schwarzer 2012).

Cinq espèces sont identifiées : *Chara aspera*, *C. contraria*, *C. globularis*, *C. strigosa* et *Nitellopsis obtusa*. *Chara aspera* et *C. strigosa* font partie de la liste rouge suisse (Auderset Joye & Schwarzer 2012).

Avant 1930, 11 espèces étaient recensées dans le lac de Neuchâtel et seulement 6 espèces entre 2000 à 2014 (*Chara vulgaris* non observé en 2013-14).

Depuis 1930, *Chara tomentosa* a disparu, de même que *Nitella opaca* et *N. syncarpa*, des espèces très sensibles à l'eutrophisation (eaux oligotrophes à oligo-mésotrophes). En revanche, on peut noter l'apparition de *Nitellopsis obtusa*, espèce en expansion considérée comme relativement résistante à l'eutrophisation (eaux mésotrophes à méso-eutrophes). Dès 2006, on note le retour de *Chara aspera*, *Chara contraria* et *Chara globularis*, des espèces assez ubiquistes. *Chara strigosa* est une espèce alpine présente dans les Grisons et le Jura.

Cette évolution dénote que le lac est en voie de restauration lente. Les characées qui reviennent sont parmi les moins sensibles à l'eutrophisation.

6. CONCLUSIONS

Ce rapport présente un état des lieux 2013-14 des connaissances sur les habitats riverains et littoraux du lac de Neuchâtel ainsi que leur biodiversité faunistique (macroinvertébrés) et floristiques (Characées). La méthode européenne standardisée du « Lake Habitat Survey » permet une évaluation globale de la qualité des habitats riverains et des pressions exercées sur le milieu. Les indicateurs d'état (LHS, indicateurs faune et flore aquatiques) serviront de base pour l'évaluation des pressions anthropiques (altérations hydromorphologiques, eutrophisation, etc.) dans le cadre de la planification stratégique de la renaturation des rives lacustres.

Leurs caractérisations montre que la qualité des habitats est moyenne et que 58% des interfaces eau-terre sont encore proches de l'état naturel. L'indice de modification des habitats riverains et littoraux obtient un score moyen à médiocre, révélant des transformations du rivage, un fort usage du plan d'eau (infrastructures portuaires et nautiques, activités de loisir, jardins d'agrément, navigation, pêche amateur et professionnelle, etc...) et une régulation du plan d'eau avec une amplitude de marnage très faible.

Ces méthodes d'évaluation confirment la grande vulnérabilité de la zone littorale (grande biodiversité d'habitats, de faune et flore, présence d'espèces sur les listes rouges suisses) et donc la priorité de la protéger, conserver ou renaturer.

L'abaissement du niveau de l'eau du lac suite aux corrections successives des eaux du Jura a permis, depuis les années 1970, la libération de nouveaux milieux riverains. Leur mise sous protection pour conserver des zones alluviales et bas-marais a permis la création du plus grand marais côtier de Suisse, « La grande Cariçaie », qui s'étend pratiquement sur toute la rive sud du lac.

L'amélioration de la qualité des eaux du lac est patente avec une réduction de 60% des flux de phosphore ces 40 dernières années (<http://www.die3seen.ch/?lang=fr>). En 2016, la concentration de en phosphore total au moment du brassage annuel des eaux (février) est de 13 µg/L ce qui correspond à une très bonne qualité des eaux. Ces changements sont aussi bénéfiques à l'amélioration générale de la biodiversité du lac.

Les zones littorales sont aussi des habitats primordiaux pour la vie et la reproduction de nombreuses espèces piscicoles. Le recensement de 2011 montre que sur 32 espèces originelles, 24 ont pu être répertoriées, soit 75 %. Parmi ces dernières, la bouvière, la carpe et la truite de lac ont le statut d'espèce menacée (Kirchhofer et al. 2007; Périat et al. 2013).

Des revitalisations d'embouchures dans le lac ont eu lieu dans le canton de Vaud sur la Brinaz (2010) et de l'Arnon (2011). Ces premières réalisations permettent de rétablir une continuité transversale entre les cordons boisés et le milieu aquatique et assurer une continuité longitudinale de végétation typique le long des rives. Ce réservoir de biodiversité qu'est ce lac pourra ainsi à terme conserver l'acquis tout en s'enrichissant en nouvelles espèces végétales et animales.

7. BIBLIOGRAPHIE

- Auderset Joye D, Schwarzer A. 2012. Liste rouge Characées. Espèces menaces en Suisse, état 2012. Office fédéral de l'environnement, Berne et laboratoire d'Ecologie et Biologie Aquatique de l'Université de Genève. L'environnement pratique n°1213 : 72 p.
- Bolard A. 2010. Evaluation des capacités biogènes de la zone littorale du lac Léman : des mosaïques d'habitats aux communautés benthiques et piscicoles. Mémoire de Master, Université de Franche-Comté et ONEMA, 93 p.
- CIPEL 2006. Etude des rives et de leur potentiel de renaturation. Le réseau écologique lémanique (REL). Rapport Bureau Delarze, GEG Grande Cariçaie, HEPIA Lullier pour la CIPEL.
- Delarze R, Morard E. 2011. Concept de réseau écologique cantonal – phase 1. Etat de Vaud, Centre de conservation de la faune et de la nature, 80 p. + annexes.
- Gonseth Y, Monnerat C. 2002: Liste Rouge des Libellules menacées en Suisse. Edit. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne et Centre suisse de cartographie de la faune, Neuchâtel. Série OFEFP: L'environnement pratique. 46 p.
- IGKB 2009. Limnologische Bewertung der Ufer- und Flachwasserzone des Bodensee, Bericht n° 55.
- Jaquet JM. 2012. Elaboration d'une carte de fetch du lac de Morat. Rapport soumis au SESA Vaud. Jaquet Géomatique Environnementale, Genève. 22 p., 4 annexes.
- Kirchhofer A, Breitenstein M, Zaugg B. 2007. Liste rouge poissons et cyclostomes – Liste rouge des espèces menacées en Suisse. Office fédéral de l'environnement, Berne et Centre suisse de cartographie de la faune, Neuchâtel. L'environnement pratique N° 0734, 64 p.
- Lods-Crozet B. & Chevalley PA. 2012. Caractérisation des habitats riverains et littoraux du lac de Morat – Suivi RIVELAC. Rapport du Service des Eaux, Sols et Assainissement (SESA), Section Hydrobiologie, 40p.
http://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/eau/fichiers_pdf/Labo_Rapport_suiviRIVLAC_Morat_2011.pdf
- Lubini, V, Stucki P, Schiess H, Vicentini H, Wagner A, Zaugg C, Zaugg B. 2004. Révision des listes rouges nationales / CSCF_MEPT. Organismes aquatiques MEPT (Mollusca, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera). Rapport d'activités, 7 p.
- MacGoff E, Irvine K. 2009. A test of the association between Lake Habitat Quality Assessment and macroinvertebrate community structure. Aquatic Conservation: Mar. Freshw. Ecosyst. 19: 520-533.
- Moser D, Gygax A, Bäumlér B, Wyler N, Palese R. 2002. Liste Rouge des fougères et plantes à fleurs menacées de Suisse. Ed. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne; Centre du Réseau Suisse de Floristique, Chambésy; Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, Chambésy. Série OFEFP «L'environnement pratique». 118 p.
- Niederberger K, Rey P, Reichert P, Schlosser J, Helg U, Haertel-Borer S, Binderheim E. 2016. Méthodes d'analyse et d'appréciation des lacs en Suisse; module Écomorphologie des rives lacustres. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1632: 73 p.
- ONEMA 2007-11. Suivi des plans d'eau des bassins Rhône-Méditerranée et Corse en application de la Directive Cadre sur l'Eau. Rapports ONEMA et Agence de l'Eau RMC.
- Périat G, Vonlanthen P. 2013. Etude du peuplement pisciaire du lac de Neuchâtel. Projet Lac. Rapport définitif EAWAG, 48 p.
http://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/faune_nature/fichiers_pdf/pêche/Rapport_LacNeuchatel_defl%C3%A9ger.pdf
- Romanens R, Clerc C, Vittoz P. 2016. Evolution de la rive au sud du lac de Neuchâtel entre 1953 et 2010. Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat. 95 : 33-61.
- Rowan JS, Carwardine J, Duck RW, Bragg OM, Black AR, Cutler MEJ, Soutar I, Boon PJ. 2006. Development of a technique for Lake Habitat Survey (LHS) with applications for the European Union Water Framework Directive. Aquatic Conservation: Mar. Freshw. Ecosyst. 16: 637-657.

- Rüetschi J., Stucki P., Müller P., Vicentini H., Claude F. 2012: Rote Liste Weichtiere (Schnecken und Muscheln). Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug n° 1216: 148 p.
- Schlosser JA, Haertel-Borer S, Liechti P, Reichert P. 2013. Système d'analyse et d'appréciation des lacs en Suisse. Guide pour l'élaboration de modules d'appréciation. OFEV, Berne. Connaissance de l'Environnement n°1326, 38 p.
- SNIFFER 2008. Lake Habitat Survey in the United Kingdom. Field survey guidance manual, version 4. The Scotland and Northern Ireland Forum For Environmental Research (SNIFFER).
- Stucki P. 2010. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Macrozoobenthos – niveau R. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n°1026 : 61 p.
- Zaugg B, Stucki P, Pedroli JC, Kirchhofer A. 2003. Fauna Helvetica – Pisces Atlas. Fauna Helvetica 7, 233 p.