



Macrophytes Relevés 2019

Rapport technique février 2021

Auteurs

Daniel Kury, Dr. phil. Life Science AG

Pascal Mulattieri, Biol'Eau Sàrl

Collaborateurs - travail de terrain

Alain Demierre, GREN Biologie appliquée Sàrl, Genève

Michael Ryf, UNA AG, Berne

Alberto Conelli, Oikos Consulenza e ingegneria ambientale Sagl, Bellinzona

Barbara Känel, AWEL, canton de Zurich

Collaborateurs - dépouillement, interprétation et rapport

Dominik Richter, Pascal Schweizer, Life Science AG

Accompagnement

Marie-Sophie Renevier, OFEV, division Eaux

Traduction:

H2Ocevar SARL, Laurence Frauenlob, Waldkirch D/ laurence.frauenlob@t-online.de

Bâle / Bernex 2021

Macrophytes Relevés 2019

Rapport technique février 2021



Sommaire

Résumé	5
1	Contexte, mission et objectifs.....6
2	Méthodes et sites d'étude.....7
2.1	Tronçons étudiés7
2.2	Démarche et méthodes.....8
3	Résultats15
3.1	Types de cours d'eau et état écologique Macrophytes.....15
3.2	Comparaison avec les résultats de 2012 et 2015.....25
3.3	Espèces menacées, espèces prioritaires et néophytes.....27
3.4	Fréquence, permanence et distribution des taxons présents28
4	Assurance qualité.....32
5	Discussion de la méthode et des résultats.....34
5.1	Discussion de la méthode.....34
5.2	Discussion des résultats35
6	Bibliographie.....36
Annexes	38
Annexe A	Liste des sites et dates de relevés.....38
Annexe B	Masque de saisie pour le rassemblement des données sur le site et les espèces.....40
Annexe C	Comparaison des évaluations effectuées en fonction des macrophytes en 2012, 2015 et 201942
Annexe D :	Liste des taxons et fréquence de détection46
Annexe E	Caractérisation des sites.....48

Résumé

Dans le cadre du programme de surveillance à long terme des eaux de surface NAWA TREND, les macrophytes ont été étudiés de juin à septembre 2019 dans 66 tronçons de cours d'eau suisses pour en apprécier l'état écologique avec la nouvelle méthode du système modulaire gradué. Cette méthode se base sur une typification des sites aboutissant à une évaluation de l'état écologique spécifique à chaque type.

L'étude a également permis de tester les outils informatiques conçus pour la méthode, à savoir un outil de saisie générant des données brutes et un outil d'analyse appelé EcoVal qui les traite ensuite. Pour éviter d'éventuels écarts dus à la répartition du travail sur six personnes, des mesures ont été prises pour assurer la qualité dans chaque phase du projet : les plus importantes ont été un atelier sur la préparation et la réalisation des relevés avec un travail de terrain en commun et un atelier de contrôle de la vraisemblance de la typification.

Sur les 66 sites d'étude, 38 ont pu être évalués tandis que 15 se sont révélés pauvres en végétation et que 13 n'ont pas pu être rattachés à un type de cours d'eau et donc évalués en raison des limites de la méthode. Le type de cours d'eau défini par la végétation le plus fréquent était le cours d'eau à bryophytes (17 sites), suivi par le cours d'eau à submergées (9 sites), le type de transition à hélophytes et bryophytes (7 sites), le cours d'eau à hélophytes (4 sites) et finalement le type de transition à submergées et hélophytes (1 site).

L'état écologique répondait aux objectifs de la législation en matière de protection des eaux sur un tiers des sites (très bon pour 11 % et bon pour 21 %). Plus de la moitié des sites (55 %) étaient dans un état moyen et 13 % dans un état jugé médiocre.

Une corrélation significative a été observée entre le paramètre « bon état écologique du point de vue des macrophytes » et la qualité écomorphologique. En revanche, l'utilisation du sol dans le bassin versant (forêt, agriculture, habitat) ne semble pas avoir d'influence sur cet état. Les sites à fort colmatage du fond obtenaient une note beaucoup moins bonne que les autres.

Concernant les objectifs figurant en haut de la hiérarchie considérée pour l'évaluation, les cours d'eau à bryophytes obtiennent la meilleure note, avant les cours d'eau à submergées. Pour le sous-objectif « haute qualité des espèces », l'état des cours d'eau à bryophytes a même été jugé significativement meilleur que tous les autres.

Par rapport aux campagnes 2012 et 2015, la part de sites dans un état jugé bon ou très bon a baissé (32 % contre 43 %) tandis que celle des sites dans un état moyen a augmenté (55 % contre 32 %).

Sur l'ensemble des sites, trois espèces menacées ont été inventoriées du côté des plantes vasculaires et quatre du côté des bryophytes.

Cette tendance vers un état écologique plus moyen demande à être étudiée plus en détail pour en déterminer les causes.

1 Contexte, mission et objectifs

L'Office fédéral de l'environnement (OFEV) mène la campagne d'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA) depuis 2011 (OFEV 2013). En sus des analyses physico-chimiques effectuées par les cantons, ce programme prévoit des relevés biologiques qui, depuis 2011, sont soit réalisés ou mandatés par les cantons soit directement mandatés par la Confédération. Dans le cadre de cette surveillance environnementale, des études sont menées de manière coordonnées dans toute la Suisse sur les poissons, les macroinvertébrés, les diatomées et les macrophytes. Les premiers résultats de NAWA ont été publiés par l'OFEV dans un rapport sur l'état des cours d'eau suisses (OFEV 2016). Les motivations et objectifs de la campagne d'observation peuvent être ainsi décrits (d'après OFEV 2018) :

La Loi sur la protection des eaux (LEaux) exige de la Confédération et des cantons qu'ils évaluent les résultats des mesures de protection des eaux et qu'ils informent la population sur l'état des milieux aquatiques (art. 50). Elle charge la Confédération d'effectuer des relevés d'intérêt national, notamment sur la qualité des eaux superficielles, (art. 57) et les cantons de réaliser les autres relevés nécessaires à la protection des eaux et de transmettre les résultats aux services fédéraux compétents (art. 58).

L'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA) doit répondre aux objectifs suivants :

- *Servir de base de documentation sur l'évolution à moyen et à long terme de l'état des eaux de surface en Suisse*
- *Procurer une vue d'ensemble de l'état des eaux de surface en Suisse : simple, uniformisée et permettant des comparaisons sur tout le territoire national*
- *Mettre à disposition des bases pour l'identification précoce des changements posant problème et pour le pilotage de la politique nationale en matière de protection des eaux*
- *Mettre à disposition un corpus de données uniformisées pour des études détaillées*
- *Permettre de contrôler l'efficacité des mesures actuelles et futures appliquées dans la protection des eaux et d'autres domaines politiques.*

Dans le cadre de la poursuite du programme NAWA, des relevés biologiques ont été effectués en 2019. Ils ont porté sur les trois bioindicateurs « poissons », « macroinvertébrés et diatomées » et « macrophytes ».

Les macrophytes¹ font partie de l'écosystème « cours d'eau » et comptent parmi les indicateurs de son état. Grâce aux résultats de cette étude sur les macrophytes, une comparaison pourra être effectuée entre les années 2012, 2015 et 2019. En même temps, l'étude NAWA permet aussi d'évaluer l'applicabilité et la plausibilité des résultats de la nouvelle méthode de Känel et al. (2018).

¹ Les macrophytes regroupent les plantes vasculaires, les bryophytes et les characées.

2 Méthodes et sites d'étude

2.1 Tronçons étudiés

Les bases du programme NAWA (stations de mesure, paramètres, etc.) ont été définies par un groupe de travail composé de représentants de la Confédération et des cantons (OFEV, 2013).

En s'appuyant sur le réseau de mesures des paramètres chimiques, 66 sites ont été sélectionnés de conserve par les experts fédéraux et cantonaux. L'équipe mandatée par l'OFEV a étudié les macrophytes sur 56 tronçons. La société Biol'Eau Sàrl mandatée par le canton de Neuchâtel et l'Office des déchets, de l'eau, de l'énergie et de l'air (AWEL) du canton de Zurich ont respectivement collecté des données sur trois et sept autres sites (Tab. 1).

Tab. 1: Répartition des 66 sites étudiés dans le volet Macrophytes de NAWA entre les sociétés et services mandatés

Canton	Mandataire	Organisme mandaté	Nombre de sites
AG	OFEV	UNA AG	5
AG	OFEV	Life Science AG	2
BE	OFEV	GREN	8
BE	OFEV	Biol'Eau	1
BL	OFEV	Life Science AG	1
FR	OFEV	GREN	3
GR	OFEV	Life Science AG	1
JU	OFEV	Biol'Eau	6
LU	OFEV	UNA AG	2
NE	Canton de Neuchâtel	Biol'Eau	3
NW	OFEV	UNA AG	1
SG	OFEV	Life Science AG	4
SH	OFEV	Life Science AG	2
SO	OFEV	GREN	1
TG	OFEV	Life Science AG	5
TI	OFEV	OIKOS	3
VD	OFEV	Biol'Eau	6
VD	OFEV	GREN	2
VS	OFEV	Biol'Eau	1
ZG	OFEV	UNA AG	2
ZH	Canton de Zurich	AWEL, Canton de Zurich	7

Les sites étudiés étaient principalement localisés sur le Plateau suisse, certains dans les Préalpes et d'autres à basse altitude dans les Alpes centrales (Fig. 1, Annexe A).

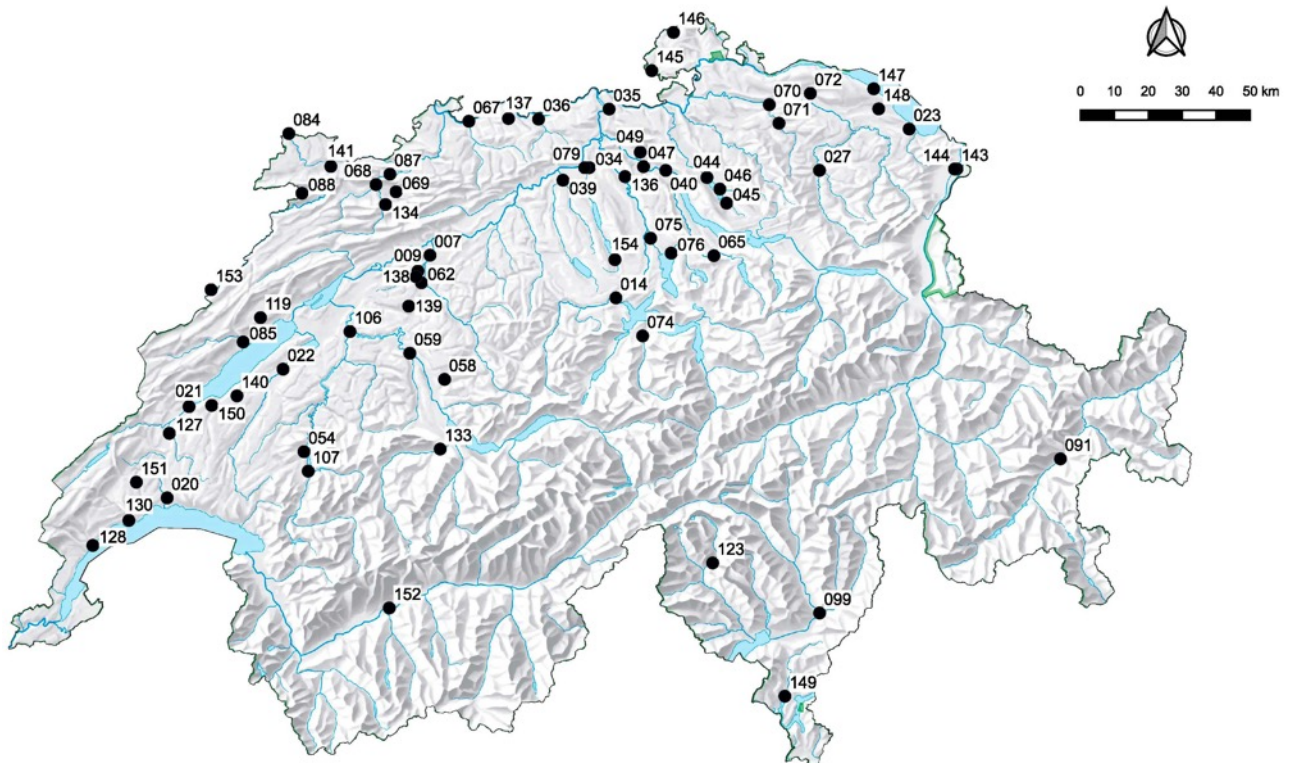


Fig. 1: Localisation des 66 sites étudiés dans le projet Macrophytes de NAWA TREND.

2.2

Démarche et méthodes

Les relevés et analyses ont été effectués selon la démarche inscrite au cahier des charges formulé pour les études NAWA 2019-2021 (OFEV 2018). Le travail de terrain et l'exploitation des données ont été menés en se conformant strictement à la méthode Macrophytes du système modulaire gradué (Känel et al. 2018).

Préalablement aux travaux de terrain, les sites d'étude ont été répartis entre les organismes mandatés de façon à minimiser les trajets. Tous les agents de terrain ont été munis d'une carte de leur site portant une indication du débit et de la pente – à vérifier sur place – de même que des informations pratiques telles que les consignes de sécurité, les chemins d'accès et les possibilités de stationnement.

Lors des travaux préliminaires, les agents étaient également invités à contribuer au développement et à l'optimisation d'un outil Excel (« outil de saisie ») créé par Stefan Rey pour faciliter la saisie des données et qui a ensuite été intégré aux annexes numériques mises à disposition sur le site du système modulaire gradué.

Des **études préliminaires** ont été nécessaires sur 19 sites. Dans les tronçons subissant un régime d'éclusées, des discussions ont dû être menées avec les exploitants des centrales hydrauliques pour déterminer le moment opportun pour les relevés et, pour des raisons de sécurité, des groupes de deux ont dû être constitués pour étudier les zones particulièrement profondes.

Pour éviter de gêner les relevés estivaux de **macroinvertébrés**, les dates des travaux de terrain ont dû être coordonnées avec l'équipe qui en était chargée sur 12 sites. Les coordonnées spatiales des sites de petits cours d'eau n'ayant pas fait l'objet de prélèvements en 2015 ont été accordées avec celles de l'équipe Macroinvertébrés afin de s'assurer que les mêmes tronçons soient étudiés.

Le 20 mai 2019, un **séminaire Assurance qualité** a été organisé avec tous les agents de terrain, l'OFEV et le canton de Zurich afin d'examiner en détail les aspects théoriques et pratiques de la marche à suivre sur le terrain et des méthodes à employer. La « hotline » mise à disposition par les deux responsables du projet pour les imprévus (chantiers, déplacement de sites de prélèvements, etc.) a été sollicitée dans plusieurs cas. Ce dispositif a permis de trouver des solutions rapidement et simplement aux problèmes rencontrés et de poursuivre les travaux sans grande interruption.

D'autres mesures ont été prises en matière d'assurance qualité. Ainsi, une deuxième détermination a été effectuée avec les spécimens problématiques de plantes vasculaires et de characées. Ces spécimens ont été envoyés avec tous les prélèvements de bryophytes aux jardins botaniques de Genève et de Zurich.

Travaux de terrain et exploitation des données

Cette campagne de NAWA est la première à mettre en œuvre la méthode développée par Känel et al. (2018) pour le module Macrophytes du système modulaire gradué. Les différentes étapes du travail de terrain et de l'exploitation des données sont brièvement exposées dans la Fig. 2.

Les relevés de terrain ont été effectués entre juin et septembre 2019. Les fiches de relevé sur lesquelles les caractéristiques des sites sont notées (écomorphologie, hydrographie, substrat, vitesse du courant, milieu environnant, etc.) ont été remplies et les tronçons ont été intégralement photographiés de l'amont vers l'aval pour garder une trace visuelle de leur état.

Dans sa deuxième partie, la fiche de relevé comporte une liste des taxons de macrophytes inventoriés ainsi que leur degré de recouvrement. En cas de difficulté d'identification d'un taxon, des spécimens ont été prélevés ou photographiés pour un affinement ultérieur de la détermination. Sur chaque site, le recouvrement total par les bryophytes a été estimé et des spécimens de chaque taxon identifiable ont été prélevés pour détermination ultérieure.

Les données brutes ont été saisies avec l'outil Excel développé par Stefan Rey (outil de saisie). Les champs de saisie y sont disposés comme dans les fiches de relevé (Annexe B) afin de minimiser les risques d'erreur lors du report des informations. Les données saisies dans les deux tableaux (sites et espèces) ont été transformées puis évaluées selon la méthode de Michel et al. (2019) avec l'outil informatique « EcoVal ».

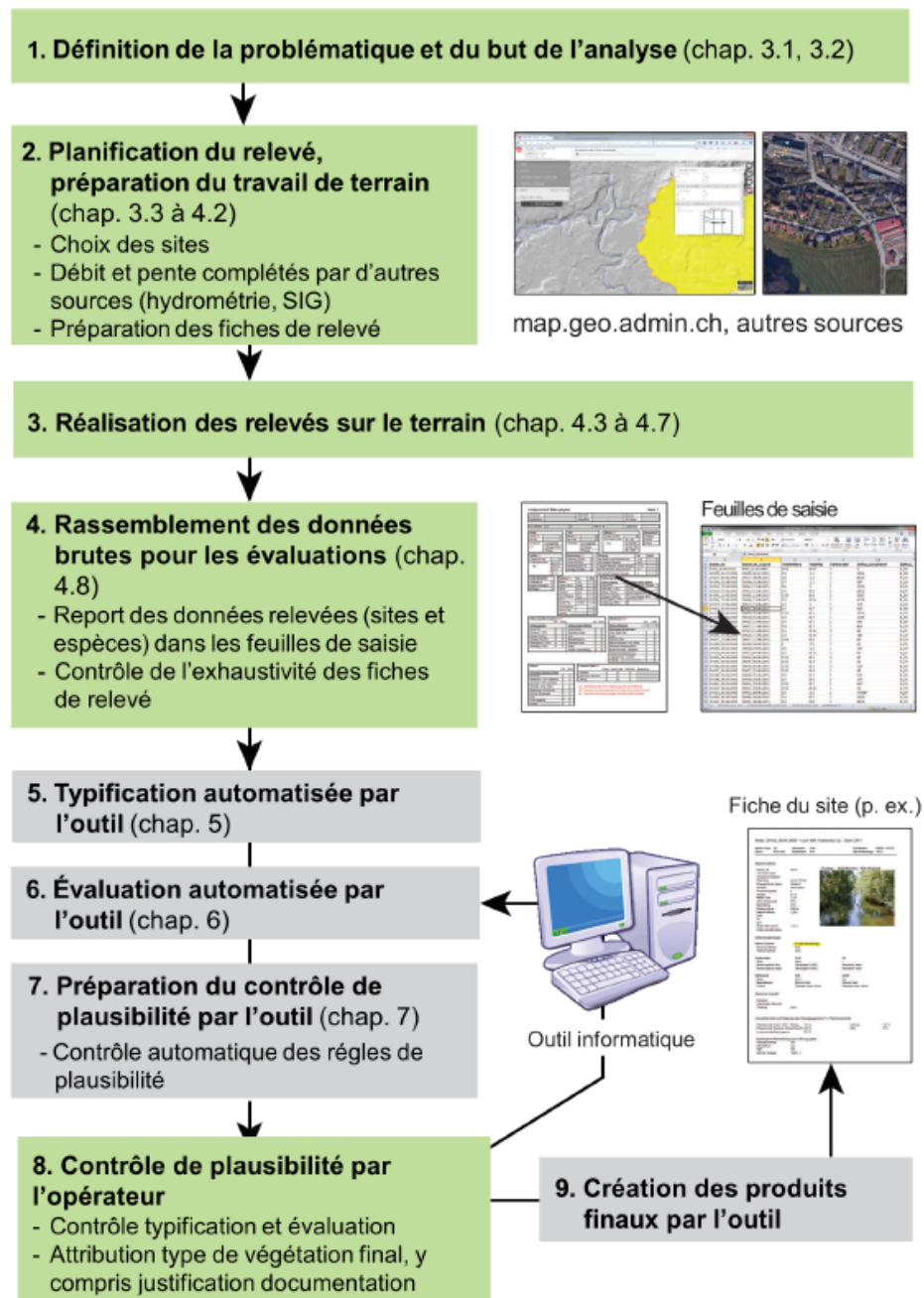


Fig. 2: Vue d'ensemble de la procédure pour l'étude des macrophytes. Les étapes surlignées en gris sont exécutées par l'outil informatique « EcoVal » (extrait de Känel et al. 2018).

Pour l'évaluation, la typologie des tronçons étudiés en termes de végétation est tout d'abord déterminée en fonction des paramètres stationnels que sont l'ombrage, la nature du substrat, la pente et la profondeur (Fig. 3). Ensuite, l'adéquation de la végétation avec le type de cours d'eau et le site est évaluée en considérant la liste des taxons de macrophytes relevés.

Ombrage	Ombrage < 50%			Ombrage ≥ 50%		
Substrat	Substrat fin (granulométrie < 6,3 cm) dominant en fonction du débit			Substrat grossier (granulométrie > 6,3 cm) dominant en fonction du débit		Substrat fin
Pente	< 0,5 % peu raide	moyennement raide profond	≥ 0,5 - < 2 % moyennement raide	0 - < 2 % peu à moyennement raide	0 - X % peu raide à raide	0 - X % peu raide à raide
Profondeur	≥ 0,31 m profond	peu raide peu profond	< 0,31 m peu profond	0 - X m peu profond à profond	0 - X m peu profond à profond	0 - X m peu profond à profond
Débit / Substrat	200 l/s < 40 % substrat grossier	PS-PH PS-PH	PH	PH-PB	PB	PV
≥ 200 - < 1000 l/s < 50 % substrat grossier	MS	MS-MH MS-MH	MH	MH-MB	MB	PV
≥ 1000 - < 2000 l/s < 50 % substrat grossier	GS	PV	PV	PV	GB	PV
≥ 2000 - < 10 000 l/s < 60 % substrat grossier	TGS	PV	PV	PV	TGB	PV
	Types de base à submergées	Types de transition à submergées et hélrophytes	Types de base à hélrophytes	Types de transition à hélrophytes et bryophytes	Types de base à bryophytes	pauvres en végétation (PV)

Fig. 3: Schéma de typification des tronçons de cours d'eau pour leur étude selon la méthode Macrophytes du système modulaire gradué (extrait de Känel et al. 2018). P : petit, M : moyen, G : grand, TG : très grand ; S : à submergées, H : à hélrophytes, B : à bryophytes. PV : pauvre en végétation.

L'appréciation de la qualité du milieu en fonction du degré de concordance de la végétation avec le type de cours d'eau se base sur une comparaison avec un état de référence défini pour les différents types à partir de l'avis d'experts et de méthodes statistiques. L'appréciation de l'état écologique s'effectue à l'aune d'une hiérarchisation des objectifs qui tient compte des différents paramètres des communautés végétales (recouvrement, composition, etc.) et des espèces présentes (inscription sur la liste rouge, espèces prioritaires, etc.).

Le produit de l'évaluation par l'outil informatique se présente sous la forme de fiches de site qui rassemblent, pour chaque tronçon, les principales données sur le site et sur les espèces ainsi que le résultat de la typification et l'appréciation de l'état écologique (Fig. 4, Annexe E). La typification et l'appréciation de chaque tronçon étudié sont ainsi présentées de façon transparente.

Modul Makrophyten – Charakterisierung Standort

Stellen-Code: 23	Kanton: SG	Koordinaten: 2750755 / 1262628
Gewaesser: Steinach	Stelle: Vor M.ndung, Mattenhof	
Datum: 16.08.19	BearbeiterIn: Daniel K.ry	Abschnittslaenge: 120 m

Standortdaten

Abfluss: 755 l/s	Quelle Abfluss: HO0701
Gefaele: 1.3 %	Quelle Gefaele: map.geo.admin.ch
Mitt. Tiefe m.Abfl.: 0.50 m	
Steinanteil: 70 %	
Beschattung: 0 %	
Hoehe ue.M.: 405 m	
Sohlenbreite: 5 m	
Benetzte Breite: 5 m	
Flussordnung: 4	
Regimetyyp: pluvial sup.rieur	
Biogeo. Region: Mittelland	
Geologie: karbonatisch	

Typ Schema: MH-MM (orig.)

Typ Bewert.: MH-MM (orig.)



Bilddatei: CH_023_SG_20190816_MAK_UP

Ergaenzende Standortdaten

Abfluss naechste hydrometrische Station	Wassertiefe
Mittelwert: 755 l/s	Mittel Tag: 0.40 m
Tageswert: 122 l/s	Maximum Tag: 0.80 m
Substratstabilitaet: begrenzt beweglich	Stroemung: 0.4 m/s

Oekomorphologie

Oekomorph. Zustand: **III stark beeintraehtigt**

Breitenvariabilitaet: eingeschraenkt

Tiefenvariabilitaet: eingeschraenkt

Verbauung

Sohle: keine

Boeschung, links: vollstaendig (100%)

Boeschung, rechts: vollstaendig (100%)

Uferbereich

Breite: 5 m

Beschaffenheit: Baeume/Straeucher und Wiese

Umland: Anderes

Aeusserer Aspekt

Kolmation: keine

Truebung: keine

Art

andere

andere

Rechts

5 m

Baeume/Straeucher und Wiese

Anderes

Flaechenanteile Landnutzungen im Einzugsgebiet

Landwirtschaft	50 %
Siedlungsgebiet	40 %
Wald	10 %

Fig. 4: Première page de la fiche de site d'un tronçon étudié dans le cadre du projet NAWA.

Contrôle de plausibilité

Étant donné qu'il est apparu, au cours du développement de la méthode, que les données relevées ne permettaient pas de rattacher avec certitude un cours d'eau donné à l'un des types définis par la végétation, il s'est avéré nécessaire d'ajouter une étape de contrôle de plausibilité après la première évaluation exécutée par l'outil informatique. L'outil d'évaluation indique alors les cas dans lesquels la typification et l'évaluation ne correspondent pas aux attentes et pour lesquels il peut donc être pertinent d'envisager le choix d'un autre type de cours d'eau.

Afin d'améliorer l'assurance qualité, la plausibilité des résultats obtenus avec l'outil d'analyse a donc été contrôlée par les opérateurs respectivement impliqués dans le

cadre d'un séminaire commun. Cet exercice a notamment révélé qu'il était essentiel d'utiliser les bonnes valeurs de débit (moyennes sur plusieurs années). Grâce aux adaptations décidées au cours du séminaire, une nouvelle typification a été effectuée de même qu'une évaluation définitive. Cette dernière a ensuite pu être comparée aux valeurs calculées à partir des données de terrain de 2011 et 2015 dans le cadre du développement de la méthode.

Évaluation

L'évaluation globale de chaque site est fondée sur une hiérarchie d'objectifs en fonction des sous-objectifs « communauté conforme au type » et « haute qualité des espèces » (agrégation additive à bonus) (Fig. 5). La conformité de la communauté au type est à son tour évaluée par une agrégation additive minimum des trois sous-objectifs « diversité » (facteur de pondération $p = 4$), « composition » ($p = 2$) et « recouvrement » ($p = 1$) conformes au type. Pour une meilleure compréhension de l'évaluation, ces paramètres ont aussi été considérés et commentés séparément.



Tab. 2: Répartition de l'évaluation numérique de l'état en cinq classes de qualité selon le degré de réalisation des objectifs et code couleur utilisé pour représenter les classes d'état (Känel et al. 2018).

Valeur	Classe	Degré de réalisation de l'objectif, ou évaluation	Valeur	Valeur RVB
0,8 à 1	1	très bon		bleu (0,0,255)
0,6 à < 0,8	2	bon		vert (0,255,0)
0,4 à < 0,6	3	moyen		jaune (255,255,0)
0,2 à < 0,4	4	médiocre		orange (255,192,0)
0,0 à < 0,2	5	mauvais		rouge (255,0,0)

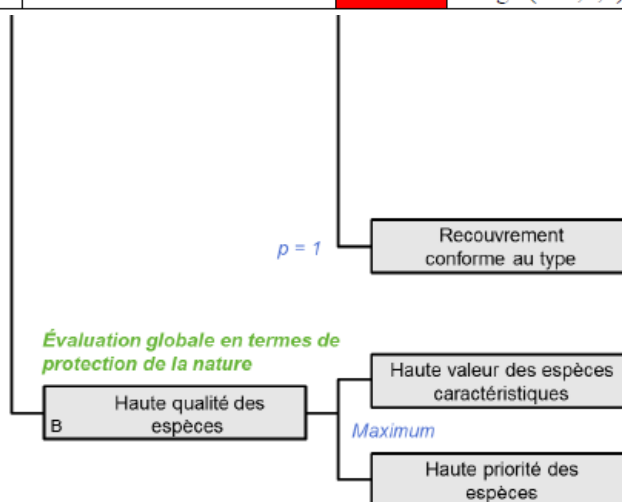


Fig. 5: Hiérarchie des objectifs considérés pour l'évaluation à partir des macrophytes des types de cours d'eau définis par la végétation (extrait de Känel et al. 2018).

L'évaluation des sites s'effectue pour tous les paramètres de la hiérarchie d'objectifs en cinq classes de qualité, comme le prévoit le système modulaire gradué (Tab. 2).

En complément de l'évaluation avec la méthode Macrophytes (système modulaire gradué), les peuplements de plantes vasculaires, de characées et de bryophytes ont également été évalués en fonction de l'occurrence d'espèces de la liste rouge (Bornand et al. 2016, Schnyder et al. 2004) et de la liste des espèces et milieux prioritaires (OFEV 2019). La présence de néophytes a également été prise en considération (InfoFlora 2014).

3 Résultats

3.1 Types de cours d'eau et état écologique Macrophytes

Sur les 66 sites étudiés en 2019 dans le cadre du programme Macrophytes de NAWA, 38 ont pu être évalués. Les 28 autres n'ont pas pu être classés, soit parce que les cours d'eau étaient trop grands (A, débit > 10'000 l/s), soit parce qu'il s'agissait de ruisseaux pauvres en végétation (PV).

Le type le plus fréquent était le cours d'eau à bryophytes (17 sites, 45 %) suivi par le cours d'eau à submergées (9 sites, 23 %) et le ruisseau à hélophytes (4 sites, 10 %). Le type intermédiaire à submergées et hélophytes a été identifié sur un site (3 %) tandis que le type à hélophytes et bryophytes était rencontré sur 7 sites (19 %) (Tab. 3).

Tab. 3: Répartition des tronçons étudiés en types de cours d'eau définis par la végétation.
P : petit, M : moyen, G : grand, TG : très grand, S : à submergées, H : à hélophytes, B : à bryophytes, PV : pauvre en végétation, A : fleuve / grande rivière

Type de cours d'eau	Nombre de sites
PS, MS, GS, TGS	9
PS-PH, MS-MH	1
PH, MH	4
PH-PB, MH-MB	7
PB, MB, GB, TGB	17
PV	15
A	13

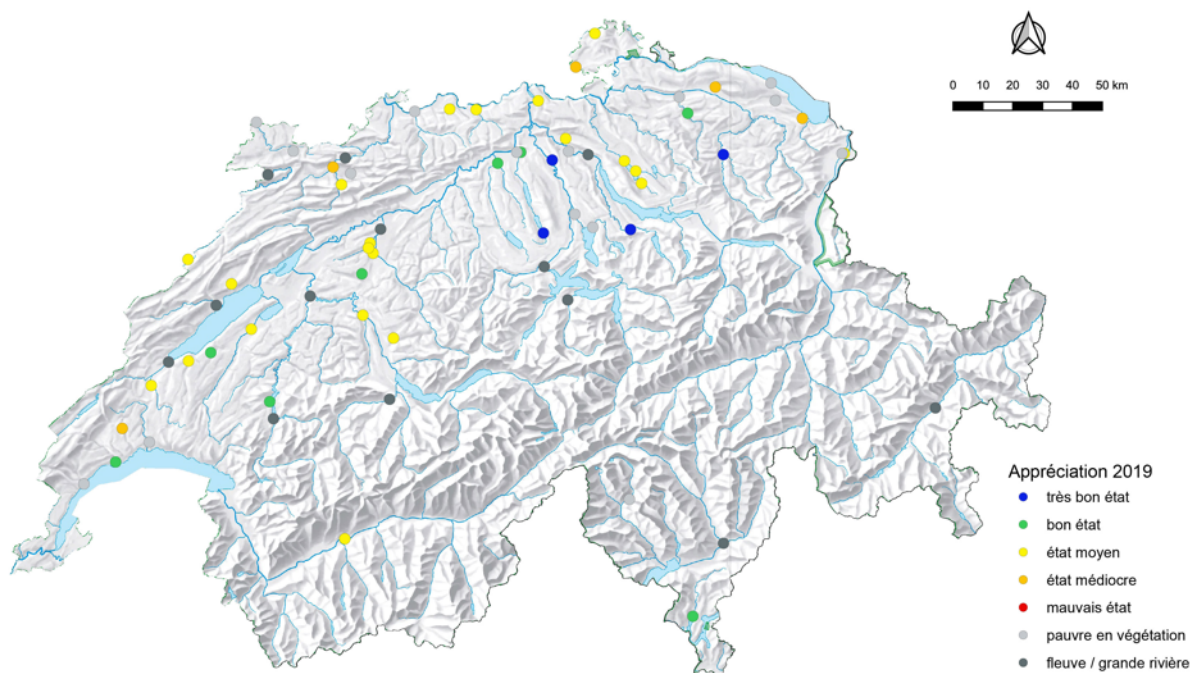


Fig. 6: Appréciation obtenue par les tronçons étudiés avec la méthode Macrophytes.

L'état écologique a été jugé très bon sur 4 sites (11 %), bon sur 8 sites (21 %), moyen sur 21 sites (55 %) et médiocre sur 5 sites (13 %) (Tab. 4, Fig. 6). Étant donné qu'un nombre insuffisant de relevés ponctuels était disponible pour les fleuves et grandes rivières, cette catégorie de cours d'eau n'a pas pu être évaluée avec les macrophytes au cours du développement de la méthode. De même, les ruisseaux pauvres en végétation n'ont pas permis d'appréciation statistiquement fiable en raison de leur faible densité de végétaux.

Tab. 4 Types de cours d'eau définis par la végétation et état écologique des sites étudiés en 2019. P : petit, M : moyen, G : grand, TG : très grand, S : à submergées, H : à hélophytes, B : à bryophytes, PV : pauvre en végétation, A : fleuve / grande rivière. Classes d'état écologique : **bleu** : très bon, **vert** : bon, **jaune** : moyen, **orange** : médiocre, **rouge** : mauvais.

Code	Cours d'eau	Type de cours d'eau 2019	État écologique
CH_007_BE	Emme	A	
CH_009_SO	Limpach	MS	0,43
CH_014_LU	Reuss	A	
CH_020_VD	Venoge	PV	
CH_021_VD	Thièle	A	
CH_022_VD	Broye	TGS	0,56
CH_023_SG	Steinach	MH-MB	0,24
CH_027_SG	Necker	TGB	0,93
CH_034_AG	Bünz	MH-MB	0,67
CH_035_AG	Surb	MB	0,51
CH_036_AG	Sissle	GB	0,50
CH_039_AG	Suhre	TGB	0,73
CH_040_ZH	Limmat	A	

Code	Cours d'eau	Type de cours d'eau 2019	État écologique
CH_044_ZH	Glatt	TGS	0,59
CH_045_ZH	Aabach	GS	0,42
CH_046_ZH	Aa	GB	0,59
CH_047_ZH	Reppisch	PV	
CH_049_ZH	Furtbach	MS	0,49
CH_054_FR	Sionge	GB	0,69
CH_058_BE	Chise	MB	0,44
CH_059_BE	Gürbe	TGS	0,51
CH_062_BE	Urtenen	MS-MH	0,43
CH_065_ZH	Sihl	TGB	0,95
CH_067_BL	Ergolz	PV	
CH_068_JU	Sorne	TGS	0,38
CH_069_JU	Scheulte	PV	
CH_070_TG	Murg	PV	
CH_071_TG	Lauche	MH-MB	0,65
CH_072_TG	Chemmenenbach	MH	0,34
CH_074_NW	Engelbergeraa	A	
CH_075_ZG	Lorze	PV	
CH_076_ZG	Lorze	PV	
CH_079_AG	Aabach	PV	
CH_084_JU	Allaine	PV	
CH_085_NE	Areuse	A	
CH_087_JU	Birs	A	
CH_088_JU	Doubs	A	
CH_091_GR	Inn	A	
CH_099_TI	Moesa	A	
CH_106_BE	Saane	A	
CH_107_FR	Sarine	A	
CH_119_NE	Seyon	MB	0,50
CH_123_TI	Maggia	PV	
CH_127_VD	Talent	GS	0,52
CH_128_VD	Promenthouse	PV	
CH_130_VD	Aubonne	TGB	0,78
CH_133_BE	Simme	A	
CH_134_BE	La Birse	TGB	0,56
CH_136_AG	Küntenenbach	PB	0,92
CH_137_AG	Möhlinbach	MH-MB	0,43
CH_138_BE	Chrümlisbach	PH	0,45
CH_139_BE	Ballmoosbach	PH	0,74
CH_140_FR	Balnoz	PB	0,74
CH_141_JU	Everatte	PV	
CH_143_SG	Zafenbach	PH-PB	0,46
CH_144_SG	Mittlerer Seegraben	PV	
CH_145_SH	Landgrabe	MH	0,32
CH_146_SH	Beggingerbach	PB	0,54
CH_147_TG	Eschlisbach	PV	

Code	Cours d'eau	Type de cours d'eau 2019	État écologique
CH_148_TG	Salsacher Aa	PV	
CH_149_TI	Vedeggio	TGB	0,78
CH_150_VD	Ruisseau Gi	PH-PB	0,45
CH_151_VD	Le Combagnou	PB	0,32
CH_152_VS	Canal d'Uvrier	PS	0,59
CH_153_NE	Doubs	TGB	0,54
CH_154_LU	Ron	MH-MB	0,80

État écologique en fonction du type de cours d'eau

En raison du grand intervalle de confiance des données, les sites rattachés à différents types de cours d'eau ne différaient pas significativement au niveau de leur état écologique (Fig. 7). À une exception près, les ruisseaux à submergées étaient dans un état jugé moyen. Chez les ruisseaux à hélophytes, l'intervalle de confiance allait d'un état médiocre à un bon état. La moyenne et la médiane se trouvaient cependant respectivement au niveau d'un état médiocre et moyen.

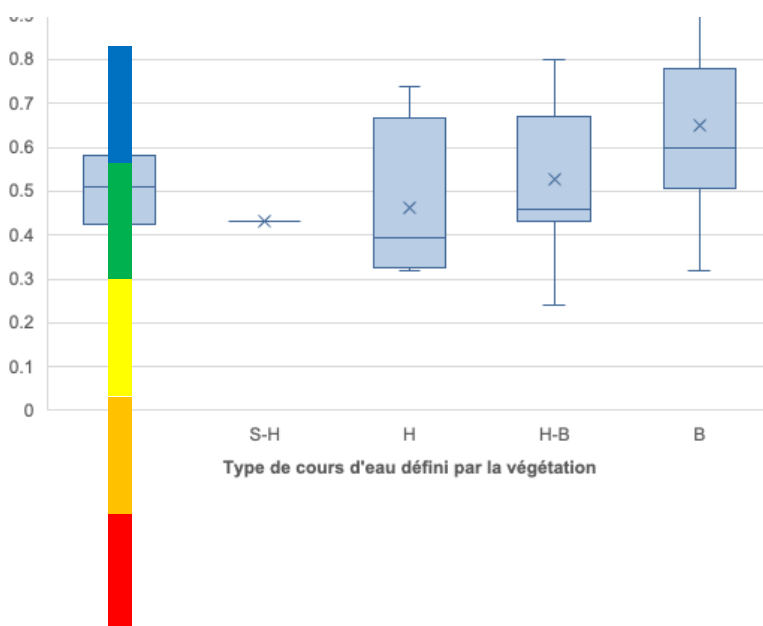


Fig. 7: Etat écologique des sites étudiés en fonction des types de cours d'eau définis par la végétation. S : à submergées, S-H : type de transition à submergées et hélophytes, H : à hélophytes, H-B : type de transition à hélophytes et bryophytes, B : à bryophytes. Classes d'état écologique : 0,00–0,19 : mauvais, 0,20–0,39 : médiocre, 0,40–0,59 : moyen, 0,60–0,79 : bon, 0,80–1,00 : très bon.

Les tronçons du type de transition à hélophytes et à bryophytes se caractérisaient par une forte dispersion des données et se retrouvaient majoritairement dans les classes d'état moyen et de bon état. La médiane et la moyenne se situent cependant au niveau d'un état moyen. Les cours d'eau à bryophytes, dont l'état est évalué selon d'autres critères que les autres types, étaient, pour certains, jugés en très bon état. Leur

moyenne et leur médiane se situaient au niveau d'un bon état écologique. Ils correspondent donc au type de cours d'eau obtenant le meilleur score.

État écologique en fonction de l'écomorphologie, de l'utilisation du sol et de l'aspect général

L'état écologique des 38 tronçons évalués était en forte corrélation avec l'écomorphologie (Fig. 8). Dans les fleuves et grandes rivières (A) et les cours d'eau pauvres en végétation (PV), la note d'écomorphologie variait entre 0,15 (non naturel / artificiel) et 0,83 (naturel / semi-naturel).

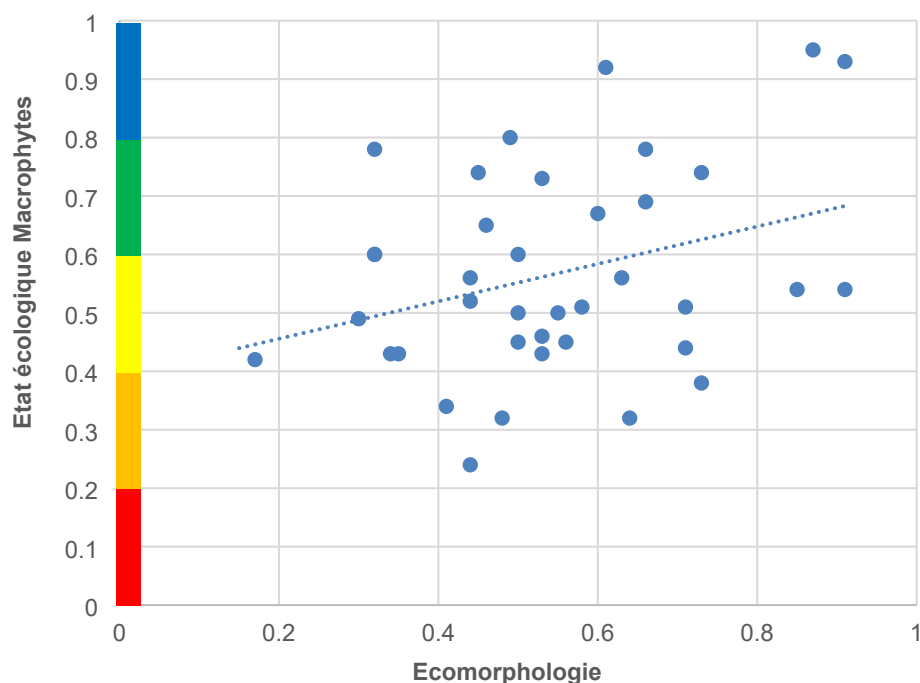


Fig. 8 : Relation entre l'écomorphologie et le paramètre « bon état écologique » du point de vue des macrophytes dans les tronçons évalués (N=38). La corrélation est statistiquement significative ($p=0,0489$). Classes d'état écologique : 0,00–0,19 : mauvais, 0,20–0,39 : médiocre, 0,40–0,59 : moyen, 0,60–0,79 : bon, 0,80–1,00 : très bon.

La relation entre l'état écologique évalué à partir des macrophytes et les paramètres relatifs à l'utilisation du sol était moins nette. L'état écologique tend à se dégrader à mesure que la part de l'agriculture dans le bassin versant augmente. À l'inverse, une augmentation des parts occupées par les zones habitées et les forêts tend à améliorer l'état écologique dans une proportion équivalente (Tab. 5). Toutefois, aucune de ces tendances n'était significative.

Pour les autres paramètres, aucune corrélation entre l'utilisation du sol dans le bassin versant et l'état écologique n'était observable à l'exception d'une relation étroite entre la part de forêts et le paramètre « haute qualité des espèces » (Tab. 5).

Tab. 5: Relation statistique entre l'état écologique évalué par les macrophytes et l'écomorphologie de même que la part occupée dans le bassin versant pas l'agriculture, l'habitat humain et la forêt. Significativité statistique : *: corrélation significative ($p \leq 0,05$), ° : relation étroite ($0,05 < p < 0,10$)

Régression : coefficient de corrélation (R²)				
Paramètre d'état écologique	Ecomorph.	Agri.	Habitat	Forêt
Bon état écologique (N=38)	0.1035	0.0445	0.0112	0.0112
Diversité conforme au type (N=38)	0,0145	0.0692	0.0264	0.0100
Communauté conforme au type (N=38)	0.0269	0.0107	0.0320	0.0051
Haute qualité des espèces (N=66)	0.0198	0.0083	0.0281	0.0443
Recouvrement conforme au type (N=16)	0.0219	0.0408	0.0027	0.0280

Significativité statistique de la corrélation (p)				
Paramètre d'état écologique	Ecomorph.	Agri.	Habitat	Forêt
Bon état écologique (N=38)	0,0489*	0,2038	0,5279	0,5277
Diversité conforme au type (N=38)	0.4711	0.1105	0.3295	0.5494
Communauté conforme au type (N=38)	0.3252	0.5364	0.2825	0.6698
Haute qualité des espèces (N=66)	0.2602	0.4658	0.1785	0.0899°
Recouvrement conforme au type (N=16)	0.5221	0.3801	0.8243	0.4686

Influence de l'aspect général

Des tendances légèrement différentes étaient observables avec les paramètres « colmatage du fond » et « turbidité ». L'état écologique était ainsi légèrement meilleur dans les milieux présentant un colmatage faible à moyen que dans ceux qui en étaient exempts (Fig. 9). En revanche l'état écologique était nettement plus mauvais dans les cours d'eau fortement colmatés. De leur côté, les milieux sans turbidité étaient dans un meilleur état écologique que lorsque la turbidité était faible à moyenne. Les trois tronçons à forte turbidité n'ont pas été évalués.

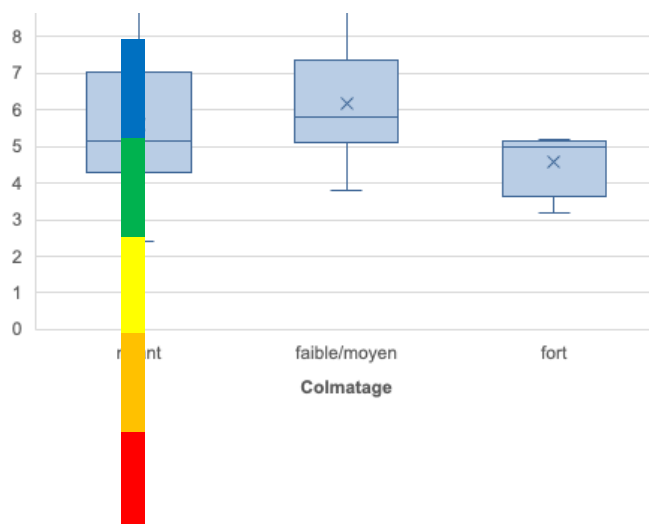


Fig. 9: État écologique des tronçons étudiés en fonction du colmatage du fond (N=38). Classes d'état : 0,00–0,19 : mauvais, 0,20–0,39 : médiocre, 0,40–0,59 : moyen, 0,60–0,79 : bon, 0,80–1,00 : très bon.

Conformité de la communauté et de la diversité au type, qualité des espèces

Dans la hiérarchie des objectifs, la conformité de la communauté au type (évaluation globale en termes d'écologie des eaux), la haute qualité des espèces (évaluation globale en termes de protection de la nature) et la conformité de la diversité au type sont les principaux paramètres d'évaluation des tronçons après le bon état écologique du point de vue des macrophytes. L'effet de l'agrégation sur le principe du bonus est bien visible avec les deux paramètres « communauté conforme au type » (com_type) et « haute qualité des espèces » (h_qual_esp) au niveau du nœud menant à l'évaluation globale selon le paramètre « bon état écologique » (b_etat_ecol) : si le score atteint avec h_qual_esp est plus fiable qu'avec com_type, il n'affecte pas l'évaluation conditionnée par la conformité de la communauté (Tab. 6) ; si, en revanche le score atteint avec h_qual_esp est plus élevé qu'avec com_type, le score final s'améliore.

Tab. 6: Valeurs obtenues pour les objectifs et sous-objectifs Bon état écologique, Communauté conforme au type, Haute qualité des espèces et Diversité conforme au type dans les tronçons évalués. Classes d'état : **Bleu** : très bon, **vert** : bon, **jaune** : moyen, **orange** : médiocre, **rouge** : mauvais.

Code	Cours d'eau	b_etat_ecol	com_type	h_qual_esp	div_type
CH_007_BE	Emme			0.03	
CH_009_SO	Limpach	0.43	0.43	0.25	0.51
CH_014_LU	Reuss			0.59	
CH_020_VD	Venoge			0.29	
CH_021_VD	Thièle			0.45	
CH_022_VD	Broye	0.56	0.56	0.41	0.94
CH_023_SG	Steinach	0.24	0.24	0.17	0.30
CH_027_SG	Necker	0.93	0.93	0.69	0.97
CH_034_AG	Bünz	0.69	0.69	0.23	0.77
CH_035_AG	Surb	0.51	0.49	0.53	0.78
CH_036_AG	Sissle	0.50	0.47	0.53	0.70
CH_039_AG	Suhre	0.73	0.73	0.59	0.90
CH_040_ZH	Limmat			0.67	
CH_044_ZH	Glatt	0.59	0.59	0.38	0.71
CH_045_ZH	Aabach	0.42	0.42	0.40	0.53
CH_046_ZH	Aa	0.59	0.58	0.62	1.00
CH_047_ZH	Reppisch			0.36	
CH_049_ZH	Furtbach	0.49	0.49	0.32	0.74
CH_054_FR	Sionge	0.69	0.69	0.60	0.78
CH_058_BE	Chise	0.45	0.37	0.52	0.57
CH_059_BE	Gürbe	0.51	0.51	0.36	0.71
CH_062_BE	Urtenen	0.43	0.43	0.41	0.55
CH_065_ZH	Sihl	0.95	0.95	0.79	1.00
CH_067_BL	Ergolz			0.22	
CH_068_JU	Sorne	0.38	0.334	0.43	0.48
CH_069_JU	Scheulte			0.00	

Code	Cours d'eau	b_état_écol	com_type	h_qual_esp	div_type
CH_070_TG	Murg			0.21	
CH_071_TG	Lauche	0.65	0.65	0.37	0.85
CH_072_TG	Chemmenenbach	0.34	0.34	0.17	0.25
CH_074_NW	Engelbergeraa			0.28	
CH_075_ZG	Lorze			0.61	
CH_076_ZG	Lorze			0.85	
CH_079_AG	Aabach			0.19	
CH_084_JU	Allaine			0.36	
CH_085_NE	Areuse			0.39	
CH_087_JU	Birs			0.21	
CH_088_JU	Doubs			0.24	
CH_091_GR	Inn			0.00	
CH_099_TI	Moesa			0.33	
CH_106_BE	Saane			0.45	
CH_107_FR	Sarine			0.85	
CH_119_NE	Seyon	0.50	0.48	0.52	0.35
CH_123_TI	Maggia			0.19	
CH_127_VD	Talent	0.52	0.52	0.30	0.57
CH_128_VD	Promenthouse			0.20	
CH_130_VD	Aubonne	0.78	0.71	0.85	0.70
CH_133_BE	Simme			0.17	
CH_134_BE	La Birse	0.56	0.25	0.86	0.43
CH_136_AG	Küntenenbach	0.93	0.93	0.53	0.90
CH_137_AG	Möhlinbach	0.43	0.43	0.19	0.54
CH_138_BE	Chrümlisbach	0.45	0.45	0.22	0.30
CH_139_BE	Ballmoosbach	0.74	0.74	0.26	0.65
CH_140_FR	Balnoz	0.74	0.74	0.52	0.65
CH_141_JU	Everatte			0.18	
CH_143_SG	Zafenbach	0.47	0.34	0.59	0.25
CH_144_SG	Mittlerer Seegraben			0.59	
CH_145_SH	Landgrabe	0.32	0.32	0.23	0.33
CH_146_SH	Beggingerbach	0.54	0.47	0.60	0.90
CH_147_TG	Eschlisbach			0.00	
CH_148_TG	Salsacher Aa			0.01	
CH_149_TI	Vedeggio	0.79	0.79	0.60	0.78
CH_150_VD	Ruisseau Gi	0.45	0.45	0.30	0.54
CH_151_VD	Le Combagnou	0.33	0.33	0.00	0.10
CH_152_VS	Canal d'Uvrier	0.60	0.60	0.25	0.71
CH_153_NE	Doubs	0.55	0.24	0.85	0.30
CH_154_LU	Ron	0.80	0.80	0.22	0.76

En considérant la conformité de la diversité avec le type (div_type), il apparaît que certains tronçons obtiennent une meilleure note qu'avec l'évaluation générale ou la conformité de la communauté. C'est particulièrement net sur les sites CH_022_VD, CH_046_ZH, CH_071_TG et CH_146_SH, où deux classes séparent l'état évalué selon la diversité des deux autres évaluations (Tab. 6). La note obtenue pour

l'évaluation générale et pour la diversité diffère sur six sites. Dans quatre tronçons, la classe déterminée avec le paramètre div-type était inférieure d'un niveau à celle déterminée pour l'évaluation globale.

Conformité de la communauté et de la diversité, qualité des espèces et conformité du recouvrement dans les différents types de cours d'eau

Les différents types de cours d'eau définis par la végétation se distinguaient peu au niveau de la conformité de la communauté : en fonction de ce paramètre, tous se situaient principalement dans la classe d'état moyen (Fig. 10). Les différences étaient plus marquées avec la diversité : les cours d'eau à submergées se situaient principalement dans le domaine du bon état tandis que ceux à hélophytes tendaient à se trouver dans un état médiocre (Fig. 11).

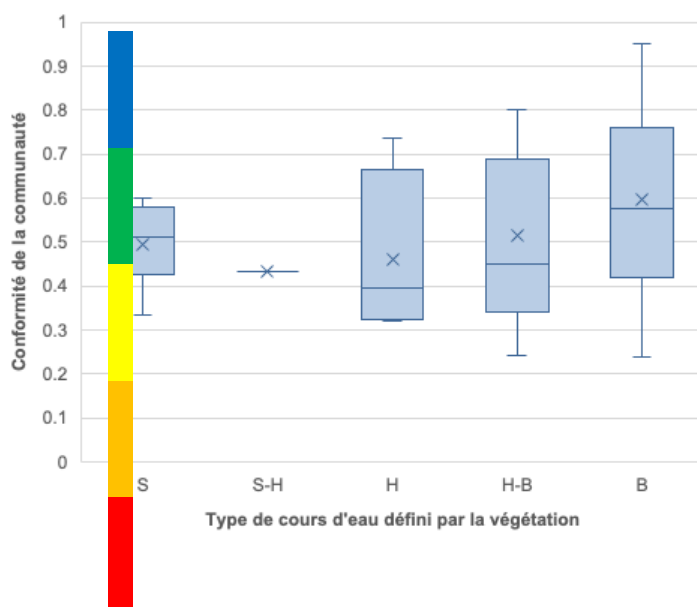


Fig. 10: Conformité de la communauté dans les tronçons étudiés avec le type en fonction du type de cours d'eau défini par la végétation. S : à submergées, S-H : type de transition à submergées et hélophytes, H : à hélophytes, H-B : type de transition à hélophytes et bryophytes, B : à bryophytes. Classes d'état : 0,00–0,19 : mauvais, 0,20–0,39 : médiocre, 0,40–0,59 : moyen, 0,60–0,79 : bon, 0,80–1,00 : très bon.

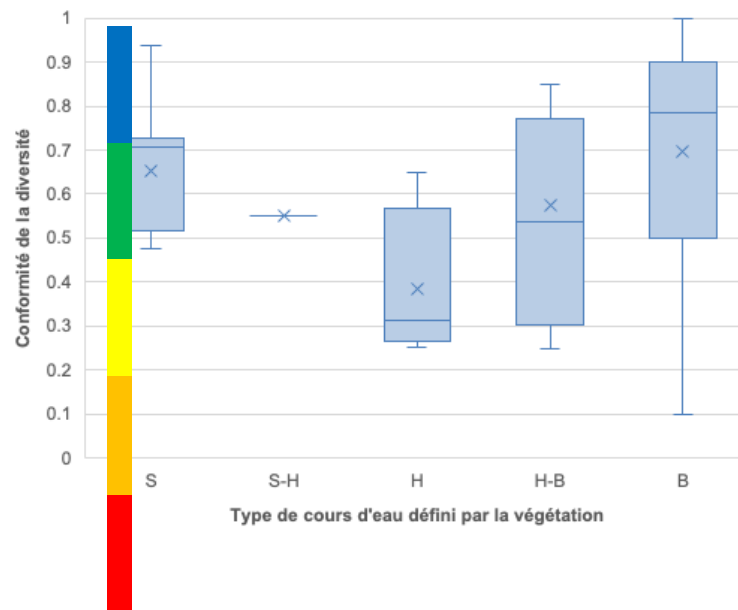


Fig. 11: Conformité de la diversité dans les tronçons étudiés avec le type en fonction du type de cours d'eau défini par la végétation. S : à submergées, S-H : type de transition à submergées et hélophytes, H : à hélophytes, H-B : type de transition à hélophytes et bryophytes, B : à bryophytes. Classes d'état : 0,00–0,19 : mauvais, 0,20–0,39 : médiocre, 0,40–0,59 : moyen, 0,60–0,79 : bon, 0,80–1,00 : très bon.

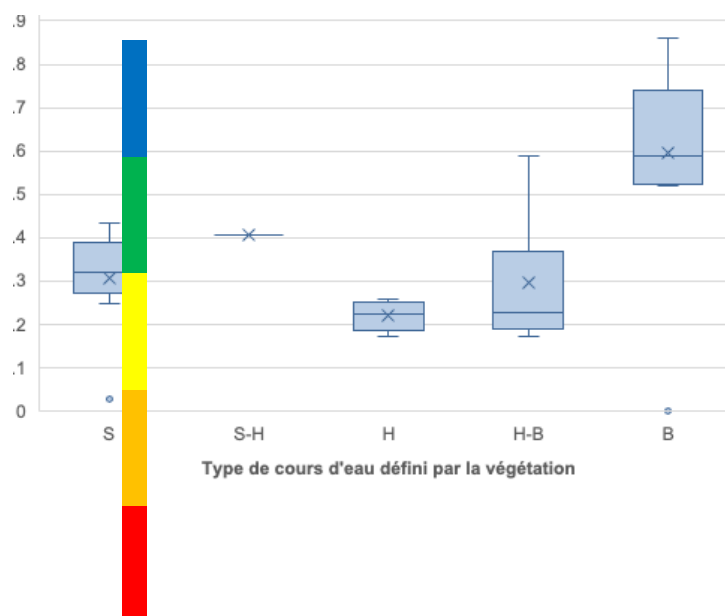


Fig. 12: Qualité des espèces dans les tronçons étudiés en fonction du type de cours d'eau défini par la végétation. S : à submergées, S-H : type de transition à submergées et hélophytes, H : à hélophytes, H-B : type de transition à hélophytes et bryophytes, B : à bryophytes. Classes d'état : 0,00–0,19 : mauvais, 0,20–0,39 : médiocre, 0,40–0,59 : moyen, 0,60–0,79 : bon, 0,80–1,00 : très bon.

Les différences entre les types de cours d'eau étaient particulièrement fortes avec le sous-objectif « haute qualité des espèces » (Fig. 12). Alors que les cours d'eau à submergées, ceux à hélophytes et ceux appartenant aux deux types de transition se situaient dans le domaine d'un état médiocre, les valeurs déterminées pour les cours d'eau à bryophytes étaient significativement différentes des autres (analyse de variance $p = 0,0007$) et correspondaient à un état moyen à bon.

La conformité du recouvrement qui, pour des raisons méthodologiques, ne tient pas compte des bryophytes, ne présentait que peu de différences entre les types de cours d'eau (Fig. 13). Les cours d'eau à submergées se situaient majoritairement à un niveau correspondant à un état médiocre à moyen tandis que les cours d'eau à hélophytes et à hélophytes et bryophytes affichaient plutôt un état moyen à bon voire même très bon.

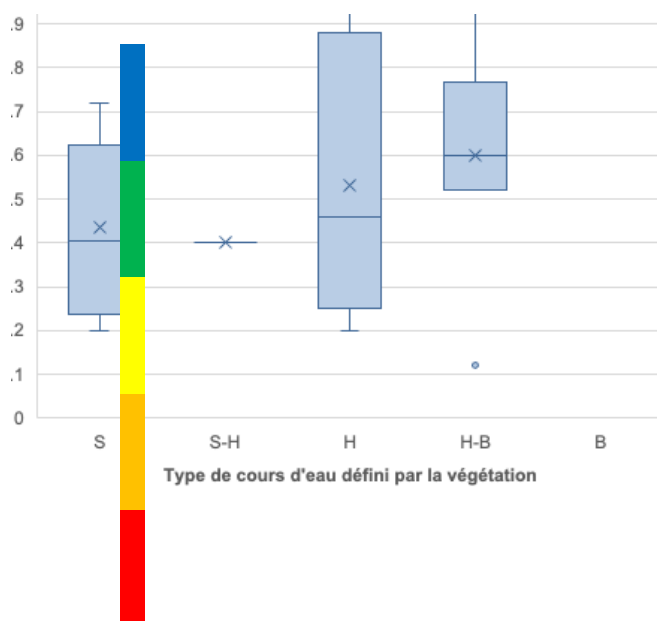


Fig. 13: Conformité du recouvrement avec le type dans les tronçons étudiés en fonction du type de cours d'eau défini par la végétation. S : à submergées, S-H : type de transition à submergées et hélophytes, H : à hélophytes, H-B : type de transition à hélophytes et bryophytes, B : à bryophytes. Classes d'état : 0,00–0,19 : mauvais, 0,20–0,39 : médiocre, 0,40–0,59 : moyen, 0,60–0,79 : bon, 0,80–1,00 : très bon.

3.2

Comparaison avec les résultats de 2012 et 2015

La comparaison des résultats avec ceux des campagnes 2012 (Roth 2013) et 2015 (Roth & Müller 2017) montre un net recul des sites répondant aux exigences de l'ordonnance sur la protection des eaux (classe d'état « bon » ou « très bon ») dont la part est passée de 39 % en 2012 (N=23 ; Fig. 14) à 30 % en 2019 (2019 Total, N= 38

; Fig. 14). En même temps, on observe également une baisse de la part des sites jugés en mauvais état ou en état médiocre qui, elle, est passée de 30 % à 13 %.

Les cours d'eau jugés dans un état moyen vis-à-vis des macrophytes ont ainsi vu leur nombre augmenter progressivement pour atteindre une part de 55 % en 2019 contre 32 % en 2015.

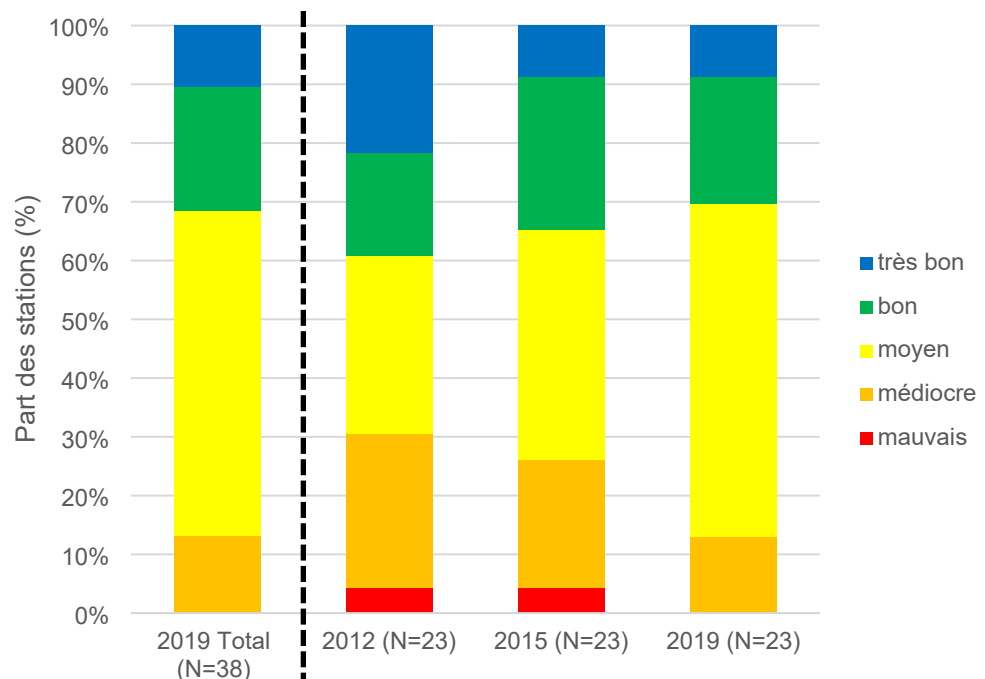


Fig. 14: Parts des cinq classes d'état parmi les sites évalués dans les campagnes 2012, 2015 et 2019. Colonne « 2019 Totale » : toutes stations considérées (N=38).

L'annexe C présente une comparaison plus détaillée des appréciations des différents sites entre 2012 et 2019.

3.3 Espèces menacées, espèces prioritaires et néophytes

Parmi les espèces de la liste rouge des plantes vasculaires menacées de Suisse (Bornand et al., 2016) et de la liste rouge des bryophytes menacés de Suisse (Schnyder et al., 2004), les sept espèces présentées au Tab. 7 ont été observées sur les sites d'étude. Six d'entre elles figurent par ailleurs sur la liste des espèces et des milieux prioritaires au niveau national (Office fédéral de l'environnement, 2019).

Comme en 2015, l'amblystégie fluviatile (*Hygroamblystegium fluviatile*) ne se rencontre que dans le canton de Zurich. Et comme en 2015, le cinclidote aquatique (*Cinclidotus aquaticus*) n'a été recensé qu'en Suisse romande en 2019. La fine mousse *Fissidens rufulus* et la grande glycérie (*Glyceria maxima*), deux espèces de la liste rouge encore recensées en 2015, n'ont plus été observées en 2019. En revanche, cinq des taxons figurant dans le tableau ci-dessous sont venus s'ajouter en 2019. Parmi eux figurent deux plantes vasculaires. Le potamot nouveau (*Potamogeton nodosus*), rare en Suisse, a été observé dans deux ruisseaux du canton de Saint-Gall et la zanichellie des marais (*Zannichellia palustris*), à l'aire de distribution dispersée en Suisse, a été recensée sur un site d'étude de la Reuss, dans le canton de Lucerne.

Tab. 7: Liste des plantes vasculaires et bryophytes menacées

(Abréviations de la liste rouge utilisées : CR = en danger critique; EN = en danger; VU = vulnérable; NT = quasi menacée; Catégories de priorité au niveau national : 1 = très hautement prioritaire; 2 = hautement prioritaire; 3 = moyennement prioritaire; 4 = modérément prioritaire)

Taxon	Statut Liste rouge	Priorité au niveau national	Occurrence sur les sites
<i>Bryum gemmiparum</i> De Not.	CR	2	CH_076_ZG (Lorze)
<i>Butomus umbellatus</i> L.	VU	4	CH_040_ZH (Limmat)
<i>Cinclidotus aquaticus</i> (Hedw.) Bruch & Schimp.	EN	2	CH_107_FR (Sarine) CH_130_VD (Aubonne) CH_153_NE (Doubs)
<i>Hygroamblystegium fluviatile</i> (Hedw.) Loeske	VU	4	CH_040_ZH (Limmat) CH_046_ZH (Aa) CH_065_ZH (Sihl)
<i>Hygrohypnum duriusculum</i> (De Not.) D.W.Jamieson	NT		CH_099_TI (Moesa)
<i>Potamogeton nodosus</i> Poir.	VU	4	CH_143_SG (Zapfenbach) CH_144_SG (Mittlerer Seegraben)
<i>Zannichellia palustris</i> L.	VU	4	CH_014_LU (Reuss)

Parmi les néophytes répertoriés dans la liste noire de la Suisse (InfoFlora 2014), seules les deux espèces d'élodée ou « peste d'eau » *Elodea canadensis* et *E. nutallii* ont été détectée sur un et deux sites, respectivement.

3.4 Fréquence, permanence et distribution des taxons présents

La campagne 2019 a recensé 41 taxons de plantes vasculaires différenciables (Tab. 8). Les deux espèces les plus fréquentes étaient l'alpistre roseau (*Phalaris arundinacea*) trouvé sur 42 sites (64 %) et l'agrostide stolonifère (*Agrostis stolonifera*) observé sur 37 sites (56 %). Le cresson de cheval (*Veronica beccabunga*) a par ailleurs été recensé sur 19 sites (29 %). Huit autres taxons ont été observés sur 6 à 14 sites (9 à 21 %). Trente-et-une espèces de plantes vasculaires (78 %) ont été recensées sur cinq sites ou moins (< 9 %).

Parmi les mousses aquatiques, 22 espèces ont été détectées. Les deux les plus fréquentes étaient *Rhynchostegium riparioides* recensé sur 40 sites (61 %) et la fontinale commune (*Fontinalis antipyretica*) observée sur 35 sites (53 %). Les espèces *Fissidens crassipes* subsp. *crassipes* et *Cinclidotus riparius* ont respectivement été recensées sur 29 et 17 sites (44 et 26 %). Six espèces de bryophytes ont été observées sur 6 à 15 sites (9 à 22 %) et douze autres (55 %) n'étaient présentes que sur cinq sites ou moins (< 9 %).

Des algues vertes filamenteuses ont par ailleurs été observées sur 44 sites. Parmi les characées, seul le genre *Chara* a été observé et il n'a été recensé que sur un seul site dans la Reuss à la sortie du lac des Quatre-Cantons (CH_014_LU).

En comparant les fréquences des différents taxons observés pendant les trois années d'étude (voir Tab. 1), il apparaît qu'*Agrostis stolonifera*, *Phalaris arundinacea*, *Rhynchostegium riparioides* et *Fontinalis antipyretica* étaient systématiquement les espèces les plus fréquentes chez les plantes vasculaires et les bryophytes. La fréquence de *A. stolonifera* et de *Ph. arundinacea* semble augmenter continuellement au cours des ans. De même, la fréquence du cresson de cheval (*Veronica beccabunga*), des véroniques (*Veronica anagallis-aquatica* ou *catenata*), du roseau (*Phragmites australis*), du rubanier (*Sparganium erectum* s.l.) et de la lunulaire (*Lunularia cruciata* subsp. *cruciata*) a nettement augmenté par rapport aux années précédentes.

En revanche, une baisse conséquente de fréquence est observable pour la glycérie flottante ou plissée (*Glyceria fluitans* ou *notata*), la fontinale commune, *Fissidens crassipes* subsp. *crassipes* et *Brachythecium rivulare*.

Tab. 8: Liste des mousses et plantes vasculaires le plus fréquemment observées, c'est à dire sur au moins 5 sites, pendant les trois années d'étude (2012 : 84 sites étudiés ; 2015 : 81 sites étudiés ; 2019: 66 sites étudiés). * La comparaison des résultats de 2019 avec ceux de 2012 et 2015 s'accompagne d'une certaine incertitude en raison de l'actualisation de la liste opérationnelle de taxons en 2019.

Groupe	Taxon_latin	Taxon_français	Nombre de sites		
			2012	2015	2019
Plantes vasculaires	<i>Phalaris arundinacea</i> L.	Alpistre roseau	33	38	42
	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	Agrostide stolonifère	30	33	37
	<i>Veronica beccabunga</i> L.	Cresson-de-cheval	11	10	19
	<i>Nasturtium</i> sp. ou <i>Cardamine amara</i> L.*	Cresson de fontaine ou cardamine amère	15	12	14
	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L. ou <i>catenata</i> Pennell*	Véronique mouron-d'eau ou en chaîne	5	6	12
	<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv.	Canche gazonnante	15	21	11
	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud.	Roseau commun	5	9	11
	<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Myriophylle en épi	9	8	9
	<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Br. ou <i>G. notata</i> Chevall.	Glycérie flottante ou plissée	14	13	7
	<i>Carex</i> sp. 1/2/3	Laiches 1/2/3	3	5	7
	<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	Potamot pectiné	6	5	6
	<i>Glyceria notata</i> Chevall.	Glycérie plissée	3	6	5
	<i>Sparganium erectum</i> L. s.l.	Rubanier dressé	1	2	5
	<i>Equisetum palustre</i> L.	Prêle des marais	2	8	2
	<i>Callitriche</i> sp.	Etoiles d'eau	2	5	4
	<i>Scirpus sylvaticus</i> L.	Scirpe des forêts	3	5	0
	<i>Iris pseudacorus</i> L.	Iris faux acore	5	2	3
Mousses / bryophytes	<i>Rhynchostegium riparioides</i> (Hedw.) Cardot	-	34	48	40
	<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	Fontinale commune	51	49	35
	<i>Fissidens crassipes</i> Bruch & Schimp. subsp. <i>crassipes</i>	-	23	37	29
	<i>Cinclidotus riparius</i> (Brid.) Arn.	-	31	28	17
	<i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst. (= <i>Amblystegium riparium</i>)	-	28	18	15
	<i>Cratoneuron filicinum</i> (Hedw.) Spruce	-	18	17	10
	<i>Hygroamblystegium tenax</i> (Hedw.) Jenn. (= <i>Amblystegium tenax</i>)	-	4	8	7
	<i>Pellia endiviifolia</i> (Dicks.) Dumort. subsp. <i>endiviifolia</i>	Pellia	5	7	7
	<i>Marchantia polymorpha</i> L.	Hépatique des fontaines	5	5	7
	<i>Lunularia cruciata</i> (L.) Lindb. subsp. <i>cruciata</i>	Lunulaire	1	4	6
	<i>Cinclidotus fontinaloides</i> (Hedw.) P.Beauv.	-	5	15	5
	<i>Cinclidotus danubicus</i> Schiffn. & Baumgartner	-	6	7	5
	<i>Hygrohypnum luridum</i> (Hedw.) Jenn.	-	10	14	4
	<i>Hygroamblystegium fluviatile</i> (Hedw.) Loeske (= <i>Amblystegium fluviatile</i>)	Amblystégie fluviatile	5	5	3
	<i>Brachythecium rivulare</i> Schimp.	Brachythécie -	8	3	1

Le Tab. 9 donne une vue d'ensemble des détections des taxons les plus fréquents en 2019. La forte présence des algues vertes filamenteuses, d'*Agrostis stolonifera*, de *Phalaris arundinacea*, de *Fontinalis antipyretica* et de *Rhynchosstegium riparioides* apparaît nettement.

Tab. 9: Les taxons les plus fréquents (sur au moins 5 sites) et leurs détections sur les 66 sites de 2019 (cases à fond vert).

Code station		Taxons fréquents																								
		Algues		Plantes vasculaires										Bryophytes												
		Algues vertes filamenteuses	<i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Deschampsia cespitosa</i>	<i>Glyceria fluitans</i>	<i>Glyceria notata</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Nasturtium sp. ou Cardamine amara</i>	<i>Phalaris arundinacea</i>	<i>Phragmites australis</i>	<i>Potamogeton pectinatus</i>	<i>Sparganium erectum</i> s.l.	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> ou <i>catenata</i>	<i>Veronica beccabunga</i>	<i>Cinclidotus danubicus</i>	<i>Cinclidotus fontinaloides</i>	<i>Cinclidotus riparius</i>	<i>Cratoneuron filicinum</i>	<i>Fissidens crassipes</i> subsp. <i>crassipes</i>	<i>Fontinalis antipyretica</i>	<i>Hygroamblystegium tenax</i>	<i>Leptodictyum riparium</i>	<i>Lunularia cruciata</i> subsp. <i>cruciata</i>	<i>Marchantia polymorpha</i>	<i>Pellia endiviifolia</i> subsp. <i>endiviifolia</i>	<i>Rhynchosstegium riparioides</i>
CH_007_SO	Emme		1						1	1			1													
CH_009_SO	Limpbach	1	1				1	1	1				1									1				
CH_014_LU	Reuss	1					1				1															
CH_020_VD	Venoge	1	1						1											1						
CH_021_VD	Thielle	1	1				1		1	1		1	1	1						1		1				
CH_022_VD	Broye	1	1				1		1	1	1		1				1			1						
CH_023_SG	Steinach	1	1						1											1						
CH_027_SG	Necker	1	1	1	1												1	1		1				1	1	1
CH_034_AG	Buenz	1	1					1	1				1						1	1	1		1	1		1
CH_035_AG	Surb	1	1						1				1						1	1				1		1
CH_036_AG	Sissle	1							1										1	1				1		1
CH_039_AG	Suhre	1	1						1				1				1	1			1	1				1
CH_040_ZH	Limmat	1							1								1	1								1
CH_044_ZH	Glatt	1					1		1										1	1		1				
CH_045_ZH	Aabach	1	1		1		1		1				1						1	1		1	1			1
CH_046_ZH	Aa	1		1		1			1			1		1				1	1		1	1				1
CH_047_ZH	Reppisch	1	1	1					1				1					1	1	1		1	1			
CH_049_ZH	Furtbach	1						1	1		1	1										1				
CH_054_FR	Sionge			1									1				1	1		1						1
CH_058_BE	Chise		1	1					1				1						1	1						1
CH_059_BE	Gürbe		1				1		1	1										1						1
CH_062_BE	Urtenen						1	1	1			1	1							1						
CH_065_ZH	Sihl	1														1	1	1	1	1				1		1
CH_067_BL	Ergolz	1	1					1	1								1		1	1					1	1
CH_068_JU	Sorne	1	1			1		1	1			1	1	1				1	1	1						1
CH_069_JU	Scheulte	1																	1							1
CH_070_TG	Murg	1	1	1					1								1		1	1					1	1
CH_071_TG	Lauche	1	1	1				1	1			1	1						1	1	1				1	1
CH_072_TG	Chemibach	1	1						1											1						
CH_074_NW	Engelberger Aa	1	1					1	1				1			1	1			1						
CH_075_ZG	Lorze								1	1	1									1						
CH_076_ZG	Lorze	1	1	1					1	1						1	1		1	1				1	1	1
CH_079_AG	Aabach	1	1						1				1						1	1						1
CH_084_JU	Allaine	1	1						1			1		1					1	1						
CH_085_NE	Areuse	1	1						1					1			1									1
CH_087_JU	Birse	1	1						1	1							1			1		1				

Code station		Taxons fréquents	Algues	Plantes vasculaires													Bryophytes												
			<i>Algues vertes filamenteuses</i>	<i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Deschampsia cespitosa</i>	<i>Glyceria fluitans</i>	<i>Glyceria notata</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Nasturtium sp. ou Cardamine amara</i>	<i>Phalaris arundinacea</i>	<i>Phragmites australis</i>	<i>Potamogeton pectinatus</i>	<i>Sparganium erectum</i> s.l.	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> ou <i>catenata</i>	<i>Veronica beccabunga</i>	<i>Cinclidotus danubicus</i>	<i>Cinclidotus fontinaloides</i>	<i>Cinclidotus riparius</i>	<i>Cratoneuron filicinum</i>	<i>Fissidens crassipes</i> subsp. <i>crassipes</i>	<i>Fontinalis antipyretica</i>	<i>Hygroamblystegium tenax</i>	<i>Leptodictyum riparium</i>	<i>Lunularia cruciata</i> subsp. <i>cruciata</i>	<i>Marchantia polymorpha</i>	<i>Pellia endiviifolia</i> subsp. <i>endiviifolia</i>	<i>Rhynchostegium riparioides</i>		
CH_088_JU	Doubs	1						1		1				1													1		
CH_091_GR	Inn			1																							1		
CH_099_TI	Moesa																1		1								1		
CH_106_BE	Sarine		1				1	1	1			1	1			1			1		1								
CH_107_FR	Sarine	1														1			1								1		
CH_119_NE	Seyon	1																1	1								1		
CH_123_TI	Maggia														1					1							1		
CH_127_VD	Talent	1	1			1	1		1	1																	1		
CH_128_VD	Promenthouse																	1	1	1							1		
CH_130_VD	Aubonne	1														1			1								1		
CH_133_BE	Simme		1	1																							1		
CH_134_BE	Birse	1	1					1						1		1	1												
CH_136_AG	Küntenerbach		1				1							1			1	1						1		1			
CH_137_AG	Moehlinbach	1	1		1			1									1	1			1				1				
CH_138_BE	Chruemlisbach							1			1																		
CH_139_BE	Ballmoosbach							1			1																		
CH_140_FR	Bainoz																		1						1	1			
CH_141_JU	Erveratte	1															1	1							1	1			
CH_143_SG	Zapfenbach							1	1												1								
CH_144_SG	Mittlerer Seegraben		1																		1								
CH_145_SH	Landgrabe	1	1					1										1									1		
CH_146_SH	Beggingerbach	1	1		1								1				1		1		1						1		
CH_147_TG	Eschlisbach																		1								1		
CH_148_TG	Salmsacher Aach		1	1									1					1									1		
CH_149_TI	Vedeggio	1			1		1												1	1	1	1					1		
CH_150_VD	Ruisseau Gi					1						1	1				1	1			1						1		
CH_151_VD	Le Combagnou																										1		
CH_152_VS	Canal d'Uvrier	1	1		1	1	1	1	1		1																		
CH_153_NE	Doubs	1			1			1								1													
CH_154_LU	Ron	1	1					1	1					1					1	1	1						1		
Nombre de sites par taxon (66 au total)		44	37	11	7	5	9	14	42	11	6	5	12	19	5	5	17	10	29	35	7	15	6	7	7	40			

4 Assurance qualité

Des mesures ont été prises dans toutes les phases du projet pour assurer la qualité des études et des résultats (OFEV 2018). Appliqué dès la phase de préparation, ce concept a accompagné les relevés de terrain jusqu'à la saisie des données pour culminer dans le contrôle de vraisemblance, préalable indispensable à la formulation d'une évaluation définitive des tronçons étudiés.

Dans la phase préparatoire, tous les sites d'étude ont été soigneusement caractérisés en rassemblant l'extrait de carte correspondant et les données hydrologiques et topographiques à partir du SIG et des enregistrements des stations de mesure du débit. Lorsque cela était possible, les moyennes de longues séries de données hydrologiques ont été utilisées et, à défaut, les données SIG de l'OFEV, qui résultent de simulations et ont donc été vérifiées sur le terrain. Toutes les personnes intervenant sur le terrain se sont vu confier ces informations en les priant de les vérifier dans le cadre de leurs relevés.

Atelier Assurance Qualité

Un atelier Assurance Qualité a été organisé à Hochdorf (LU) le 20 mai 2019, juste avant le début de la campagne de relevés. Les différentes étapes de travail et de saisie des données ont alors été exposées et examinées en détail. L'atelier a fortement profité de la présence de Barbara Känel, qui a contribué de manière décisive à l'élaboration de la méthode et a fait part de sa grande expérience de l'étude des macrophytes dans le canton de Zurich. Après une partie théorique le matin, les détails du travail de terrain ont été abordés de manière très concrète l'après-midi et la méthode a été directement appliquée dans un cours d'eau voisin.

Les personnes chargées d'étudier des tronçons subissant les effets de centrales exploitées en éclusées ont contacté les exploitants avant les relevés pour décider du moment le plus opportun pour les réaliser. Celles chargées de tronçons particulièrement profonds ou à fort courant se sont assurées de la présence d'une seconde personne pour garantir leur sécurité lors des relevés.

Pendant les travaux de terrain, un service d'assistance a été mis à la disposition des agents sous la forme d'une hotline en français et d'une en allemand par lesquelles les deux chefs de projet pouvaient être contactés en cas de difficulté.

Outils informatiques de saisie et d'analyse des données

Avant le début des études, les deux chefs de projet ont testé avec toute leur attention le nouvel outil informatique de saisie des données. Malgré cette précaution, il n'est apparu qu'après l'enregistrement des premières données que certains champs étaient dotés de formules erronées, si bien que les données exportées étaient mal codées. Grâce à l'intervention de Christiane Ilg (VSA) et de Stefan Rey, ce défaut a pu être corrigé de même que les données mal exportées.

Une fois saisies dans l'outil informatique, toutes les données ont été à nouveau vérifiées avant que les tableaux « données sur le site » et « données sur les espèces » soient

analysés avec le programme EcoVal. C'est seulement à ce niveau que les problèmes liés à une mauvaise saisie ont été détectés. Ainsi, par exemple, des retours à la ligne dans les champs « Remarques » induisaient l'initiation d'une nouvelle ligne dans les tableaux d'exportation et les données concernées étaient identifiées comme erronées par EcoVal. Une fois les erreurs corrigées, les fiches de site ont pu être élaborées pour servir de base au contrôle de vraisemblance.

Atelier Contrôle de vraisemblance

Un atelier a été consacré au contrôle de la vraisemblance des résultats le 25 mai 2020. Là encore, la présence de Barbara Känel s'est avérée fort précieuse. Le rattachement des tronçons aux différents types de cours d'eau définis par la végétation a été examiné de façon critique avec les agents de terrain. Dans certains cas, la catégorie initialement choisie a été révisée. Il est apparu que des erreurs s'étaient glissées dans l'évaluation de la taille par le débit, ce qui avait conduit à une mauvaise identification du type. Grâce à l'examen minutieux de toutes les données, ces erreurs ont pu être détectées et corrigées après l'atelier avec les agents concernés.

5 Discussion de la méthode et des résultats

5.1 Discussion de la méthode

Le concept méthodologique et surtout les outils informatiques développés pour faciliter le travail font de cette méthode un instrument performant pour la typification des tronçons de cours d'eau et pour l'évaluation de leur état écologique en fonction du peuplement de macrophytes. Elle présente par ailleurs, par rapport aux autres méthodes du système modulaire gradué, l'avantage de demander assez peu de travail et de ne quasiment pas restreindre la période sur laquelle peuvent s'effectuer les relevés. Un bémol cependant : la méthode se prête mal à l'étude des tronçons à courant assez faible à moyen.

Étant donné que les macrophytes colonisent le milieu de manière durable, les études sont possibles sur une période assez longue. Les crues s'accompagnant d'une mobilisation du fond peuvent en revanche poser problème puisqu'elles provoquent une forte réduction de la densité de macrophytes. Il serait donc peut-être judicieux de définir des périodes préférentielles pour les relevés au sein de la période générale pour les différents types de régime hydrologique. À noter, toutefois, qu'il convient de tenir compte d'une modification probable de la distribution des précipitations au cours de l'année entraînée par le dérèglement climatique.

Suite à la part importante de cours d'eau pauvres en végétation ou à bryophytes dans les stations de NAWA-TREND, le pourcentage de sites évalués est relativement faible. Dans beaucoup de stations NAWA, la pente et le faible ensoleillement ne permettent pas le développement de beaucoup d'espèces de plantes vasculaires, si bien que le nombre de relevés s'avère plus faible qu'avec d'autres modules.

L'inadéquation de nombreux cours d'eau pour le développement des plantes aquatiques est donc un autre facteur limitant les possibilités de la méthode. Les tronçons des réseaux de surveillance tels que NAWA ont été choisis selon des critères qui se rapportaient en premier lieu à l'étude des paramètres chimiques et à la pollution par les effluents domestiques. Ces critères conviennent également à la sélection de sites d'étude pour les modules Macroinvertébrés, Diatomées et Poissons mais s'avèrent inappropriés pour les macrophytes. Grâce à l'expérience maintenant acquise au bout de trois campagnes, il est désormais possible d'évaluer les qualités des stations actuelles de NAWA pour l'étude des macrophytes. Sur la base de cette expérience, les exigences peuvent être formulées pour sélectionner d'autres sites d'étude en remplacement des cours d'eau pauvres en végétation et des fleuves et grandes rivières inexploitable par la méthode. Il semble en effet judicieux de remplacer ces sites inadaptés par un même nombre de tronçons présentant des conditions idéales pour l'étude des macrophytes.

Nous recommandons de débattre de ces aspects avec les cantons et les utilisateurs de la méthode lors du choix des stations pour la prochaine campagne de NAWA TREND. Les solutions suivantes entrent en considération :

Réitération des relevés de macrophytes sur les sites de NAWA TREND déjà étudiés présentant une part importante de plantes vasculaires ou susceptibles de permettre un bon développement des plantes vasculaires.

Ajout aux stations Macrophytes du programme NAWA TREND de sites qui soient à la fois représentatifs de l'état des eaux dans un bassin versant assez grand et dotés d'un peuplement certain de plantes vasculaires.

Sélection de stations NAWA TREND qui, en raison de la présence de substrat adapté pour leur croissance, offrent de bonnes conditions pour l'étude des bryophytes.

5.2

Discussion des résultats

Seule une faible part d'un peu moins d'un tiers (32 %) des 38 tronçons évalués répond aux exigences de l'ordonnance sur la protection des eaux. Pour les deux tiers restants, qui ne répondent donc pas à ces exigences, la raison principale de dégradation semble être la faible qualité écomorphologique du milieu. Étant donné que l'utilisation du sol dans le bassin versant a manifestement peu d'influence, des facteurs d'ordre structurel jouent vraisemblablement un rôle dominant.

Les données sur les macrophytes ne permettent pas, à elles seules, de savoir pourquoi les ruisseaux à bryophytes obtiennent systématiquement une meilleure appréciation que les autres types de cours d'eau définis par la végétation. Étant donné que l'évaluation de ce type s'effectue selon un autre schéma que les autres types de cours d'eau, la raison pourrait cependant être d'ordre méthodologique.

Concernant l'objectif principal de bon état écologique ainsi que de nombreux sous-objectifs, les types de cours d'eau à submergées tendent également à obtenir une appréciation légèrement meilleure que les autres. Là encore, les données du module Macrophytes ne permettent pas, à elles seules, d'identifier la cause de ce phénomène.

L'observation de l'évolution des appréciations au cours des campagnes montre une nette progression de la classe d'état moyen. C'est d'un côté un progrès car cette évolution est concomitante d'un recul des classes d'état médiocre et mauvais. En même temps, elle s'accompagne aussi d'une baisse de la part de sites en bon ou très bon état écologique du point de vue des macrophytes. La raison de cette évolution ne peut encore être déterminée. Il serait intéressant d'en rechercher la cause par un examen comparatif détaillé des résultats des autres modules.

6 Bibliographie

- OFEV (2013) : NAWA – Observation nationale de la qualité des eaux de surface. Cours d'eau. Office fédéral de l'environnement, Berne. Série Connaissance de l'environnement n° UW-1327-F, 72 pages + annexes avec fiches des stations de mesure.
- OFEV (2016) : État des cours d'eau suisses. Résultats de l'observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA) 2011-2014. Office fédéral de l'environnement, Berne. Série État de l'environnement n° ZU-1620-F : 87 pages.
- OFEV (2018) : Cahier des charges relatif au projet Relevés biologiques NAWA, Office fédéral de l'environnement. Documents de l'appel d'offres, plateforme SIMAP, 51 p.
- OFEV (2019) : Liste des espèces et des milieux prioritaires au niveau national. Espèces et milieux prioritaires pour la conservation en Suisse. Office fédéral de l'environnement, Berne. Série L'environnement pratique n° UV-1709-F : 99 p.
- Bornand C., Gygax A., Juillerat P., Jutzi M., Möhl A., Rometsch S., Sager L., Santiago H., Eggenberg S. (2016) : Liste rouge Plantes vasculaires. Espèces menacées en Suisse. Office fédéral de l'environnement, Berne, et Info Flora, Genève. Série L'environnement pratique n° UV-1621-F : 178 p.
- OFEFP (1998) : Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Écomorphologie niveau R (région). Informations concernant la protection des eaux n° 27, Berne. <https://modul-stufen-konzept.ch/fr/methodes/ecomorphologie-niveau-r/>.
- Hydrodaten (2016): <https://www.hydrodaten.admin.ch/fr/tableau-de-la-situation-actuelle-des-debits-et-niveaux-deau.html>
- Infoflora (2014): Liste noire et Watch List (état août 2014), https://www.infoflora.ch/fr/assets/content/documents/neophytes/neophytes_divers/Liste%20Noire_Watch%20List_2014_v2020_05_18.pdf
- Känel B., Michel C., Reichert P. (2018) : Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Macrophytes - niveau R (région) et niveau C (cours d'eau). Version pour la mise en consultation. Office fédéral de l'environnement, Berne. 119 pages. https://modul-stufen-konzept.ch/wp-content/uploads/2021/01/Description-de-la-methode_1_1_F_final.pdf
- Michel C., Reichert P. & Känel B. (2019) : Guide d'utilisation Outil informatique d'analyse des données du module Macrophytes - niveaux R (région) et C (cours d'eau). Annexe « Outil électronique » de la méthode, EAWAG Dübendorf, 20 p.
- Roth E. (2013) : NAWA TREND Biologie 2011 – 2013, Partie Macrophytes. Rapport d'expert réalisé sur mandat de l'OFEV
- Roth E. & Müller N. (2017) : NAWA TREND Biologie 2^e campagne (2015), Rapport Macrophytes. Rapport d'expert réalisé sur mandat de l'OFEV

Schnyder, N., Bergamini, A., Hofmann, H., Müller, N., Schubiger-Bossard, C. & Urmi, E. (2004) : Liste rouge des bryophytes menacées en Suisse. Ed. OFEFP, FUB & NISM. Série L'environnement pratique n° UV-9007-F : 99 p.

Annexes

Annexe A Liste des sites et dates de relevés

AC: Alberto Conelli, AD: Alain Demierre, BK: Barbara Känel, DK: Daniel Küry, MR: Michael Ryf, PM: Pascal Mulattieri.

Canton	Code	Cours d'eau	Coord. X	Coord. Y	Coll.	Juin	Juillet	Août	Septembre
BE	7	Emme	2606497	1225485	AD			30.08.19	
SO	9	Limpach	2605960	1220819	AD			29.08.19	
LU	14	Reuss	2664302	1212925	MR		16.07.19		
VD	20	Venoge	2532019	1154067	PM		21.07.19		
VD	21	Thielle	2538470	1180925	PM			05.08.19	
VD	22	Broye	2566185	1191947	AD		21.07.19		
SG	23	Steinach	2750755	1262628	DK			16.08.19	
SG	27	Necker	2724306	1250477	DK			30.08.19	
AG	34	Bünz	2656431	1251255	MR			27.08.19	
AG	35	Surb	2662285	2268508	MR				11.09.19
AG	36	Sissle	2641506	1265543	DK			30.08.19	
AG	39	Suhre	2648700	1247570	MR				11.09.19
ZH	40	Limmat	2678995	1250451	BK		18.07.19		
ZH	44	Glatt	2691137	1248360	BK		16.07.19		
ZH	45	Aabach	2696918	1240818	BK		16.07.19		
ZH	46	Aa	2694942	1244954	BK		16.07.19		
ZH	47	Reppisch	2672447	1251570	BK		09.07.19		
ZH	49	Furtbach	2671475	1255831	BK	17.06.19			
FR	54	Sionge	2572350	1167640	AD			31.08.19	
BE	58	Chise	2613800	1188940	AD			30.08.19	
BE	59	Gürbe	2603555	1196625	AD			30.08.19	
BE	62	Urtenen	2606963	1217386	AD			29.08.19	
ZH	65	Sihl	2693193	1225357	BK	25.06.19			
BL	67	Ergolz	2620952	1264930	DK			30.08.19	
JU	68	Sorne	2593577	1246286	PM			15.08.19	
JU	69	Scheulte	2599485	1244150	PM			15.08.19	
TG	70	Murg	2709516	1269797	DK			30.08.19	
TG	71	Lauche	2712366	1264342	DK			30.08.19	
TG	72	Chemibach	2721604	1273121	DK			16.08.19	
NW	74	Engelberger Aa	2672180	1201740	MR		16.07.19		
ZG	75	Lorze	2674523	1230480	MR				17.09.19
ZG	76	Lorze	2650602	1226099	MR				17.09.19

Canton	Code	Cours d'eau	Coord. X	Coord. Y	Coll.	Juin	Juillet	Août	Septembre
AG	79	Aabach	2655109	1251262	MR			27.08.19	
JU	84	Allaine	2567900	1261300	PM			15.08.19	
NE	85	Areuse	2554430	1199950	PM		11.07.19		
JU	87	Birs	2597675	1249340	PM			15.08.19	
JU	88	Doubs	2571760	1243715	PM			15.08.19	
GR	91	Inn	2795339	1165552	DK		17.07.19		
TI	99	Moesa	2724346	1120161	AC				17.09.19
BE	106	Saane	2585905	1203017	AD		21.07.19		
FR	107	Sarine	2573606	1161929	AD		21.07.19		
NE	119	Seyon	2559534	1207117	PM		11.07.19		
TI	123	Maggia	2692818	1134910	AC				20.09.19
VD	127	Talent	2532670	1173070	PM		11.07.19		
VD	128	Pro- menthouse	2510106	1140064	PM	20.06.19			
VD	130	Aubonne	2520733	1147424	PM		21.07.19		
BE	133	Simme	2612505	1168441	AD			30.08.19	
BE	134	La Birse	2596389	1240411	PM			15.08.19	
AG	136	Küntener- bach	2666969	1248640	MR	24.06.19			
AG	137	Möhlinbach	2632625	1265715	DK			30.08.19	
BE	138	Chrümlis- bach	2605391	1219158	AD			29.08.19	
BE	139	Ballmoos- bach	2603217	1210481	AD			29.08.19	
FR	140	Bainoz	2552609	1184082	AD			29.08.19	
JU	141	Erveratte	2580263	1251633	PM			15.08.19	
SG	143	Zapfenbach	2764800	1250890	DK			16.08.19	
SG	144	Mittlerer Seegraben	2764112	1250857	DK			30.08.19	
SH	145	Landgrabe	2674870	1279823	DK			30.08.19	
SH	146	Begginger- bach	2681266	1291075	DK			30.08.19	
TG	147	Eschelisbach	2740300	1274478	DK			16.08.19	
TG	148	Salmsacher Aach	2741757	1268559	DK			16.08.19	
TI	149	Vedeggio	2714110	1095680	AC				03.09.19
VD	150	Ruisseau Gi	2545151	1181272	AD	20.06.19			
VD	151	Le Comba- gnou	2522957	1158668	PM	19.06.19			
VS	152	Canal d'Uvrier	2597501	1121662	PM			01.08.19	
NE	153	Doubs	2544983	1215320	PM		11.07.19		
LU	154	Ron	2664002	1224169	MR	24.06.19			

Annexe B Masque de saisie pour le rassemblement des données sur le site et les espèces

Fiche de relevé Macrophytes									
Code de liste:			Site:			Date:			
Cours d'eau:			Canton:			Opérateur terrain:			
Projet:			N° phytar:			Phyto 1:			
Coordonnées X:			Coordonnées Y:			Altitude:		Longueur (m):	
Largeur Lit: m Lit maillé: m Variabilité: <input checked="" type="checkbox"/> zéro imparzill <input type="checkbox"/> pranchée <input type="checkbox"/> limitée <input type="checkbox"/> nulle/très lim			Pente Valeur SIG: <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Source SIG: <input type="checkbox"/> Estimation terrain: <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Canalisation: <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Canalisation (Source): <input type="checkbox"/>			Débit Mesure hydrologique: moyenne <input type="checkbox"/> m ³ /s may. Journ. <input type="checkbox"/> ltr N° de lactation: <input type="checkbox"/> Station location: <input type="checkbox"/> inconnu <input type="checkbox"/> dans le tronçon <input type="checkbox"/> à proximité - point de comparaison Valeur SIG: <input type="checkbox"/> ltr Source SIG: <input type="checkbox"/> Estimation terrain: <input type="checkbox"/> ltr Canalisation: <input type="checkbox"/> ltr Canalisation (Source): <input type="checkbox"/>			
Profondeur Moyenne jour rele: m Maximum jour rele: m Par niveau moyen: m Variabilité: <input checked="" type="checkbox"/> zéro imparzill <input type="checkbox"/> pranchée <input type="checkbox"/> limitée <input type="checkbox"/> nulle/très lim			Ombre Estimation terrain: <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>			Courant Écoulement moyen sur le fond: m/s Part Proxique par, au courant inverse: <0.03 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Très lent: 0.03-0.1 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Lent, eau presque lisse: 0.1-0.3 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Rapide, peu turbulent: 0.3-1 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Très rapide, turbulent: >1 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>			
Stabilité du substrat Stabilité du substrat: <input type="checkbox"/> zéro imparzill <input type="checkbox"/> très stable <input type="checkbox"/> stable <input type="checkbox"/> instable			Substrat cm Part Blocs/trachoz: <40 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Gravier pierres: 20-40 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Galer: 6.3-20 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Gravier gravier: 2-6.3 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Gravier fin-moyen: 0.2-2 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Sable: 0.063-0.2 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Limon/argile: <0.063 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Vase: <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Humus/tourbe: <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Substrat artificiel: <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>			Ambiement du fond de lit Degré d'ambiement: <input checked="" type="checkbox"/> zéro imparzill <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Type d'ambiement: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> fond totalement naturel: <input type="checkbox"/> pierres naturelles <input type="checkbox"/> localisé/pranché (<10%): <input type="checkbox"/> bair <input type="checkbox"/> modéré (10-30%): <input type="checkbox"/> briques perforées en bêt <input type="checkbox"/> important (30-60%): <input type="checkbox"/> imperméable (bêton) <input type="checkbox"/> pranché (>60%): <input type="checkbox"/> autre/étanche <input type="checkbox"/> fond totalement (100%): <input type="checkbox"/>			
Renforcement du pied de berge Degré d'ambiement: gauche droite Type d'ambiement: gauche droite zéro imparzill: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> zéro imparzill: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> fond totalement naturel (0%): <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> matériau végétal: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> localisé/pranché (<10%): <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> pierres naturelles/lâches: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> modéré (10-30%): <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> bair: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> important (30-60%): <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Briques perforées en bêt: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> pranché (>60%): <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Pierres naturelles, étan: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> fond totalement (100%): <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Mur: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> autre/imperméable: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>						River Longueur [m]: <input type="checkbox"/> gauche <input type="checkbox"/> droite Type dominant par river: zéro imparzill: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Riolière/marais: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Forêt: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> arbres/buissons + prairie ext: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> mégapharbité uniforme: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> prairie extensive non bairée (<25%): <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Plantation linéaire de ligneux: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> sans végétation artificielle: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Gravier/galer/trachoz: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Autre: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
Milieu environnant Occupation dominante: gauche droite zéro imparzill: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Forêt mixte: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Forêt de résineux (>75% rés): <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Forêt de feuillus (>75% feuill): <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Prairie grasse/champ/étend: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Prairie maigre/mégapharbité: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Riolière/marais: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Zone alluviale: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Zone habitée: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Autre: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			Aspect général Calmatage: <input checked="" type="checkbox"/> zéro imparzill <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> aucun <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> sable à moyen <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> cart <input type="checkbox"/> Turbidité: <input checked="" type="checkbox"/> zéro imparzill <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> aucun <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> sable à moyen <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> cart <input type="checkbox"/> Remarquer: <input type="checkbox"/>						
Utilisation du sol dans le bassin versant Forêt: <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Urbain: <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Agriculture: <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>			Typologie des cours d'eau ruisse Code du type de cours d'eau: <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Typologie des cours d'eau: <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>		Ordre hydrographique / régime d'écou Numéro d'ordre: <input type="checkbox"/> Type de régime: <input type="checkbox"/>				

Annexe C Comparaison des évaluations effectuées en fonction des macrophytes en 2012, 2015 et 2019

Classes d'état : **bleu** : très bon, **vert** : bon, **jaune** : moyen, **orange** : médiocre, **rouge** : mauvais.

Code station	Cours d'eau	Canton		2012		2015		2019
CH_007_BE	Emme	BE	A		A		A	
CH_009_SO	Limpach	SO	MS	0,74	MS	0,63	MS	0,43
CH_014_LU	Reuss	LU	A		A		A	
CH_020_VD	Venoge	VD	MH-MB	0,71	MH-MB	0,77	PV	
CH_021_VD	Thièle	VD	A		A		A	
CH_022_VD	Broye	VD	TGS	0,55	TGS	0,57	TGS	0,56
CH_023_SG	Steinach	SG	MH-MB	0,27	MH-MB	0,27	MH-MB	0,24
CH_027_SG	Necker	SG	TGB	0,98	TGB	0,98	TGB	0,93
CH_034_AG	Bünz	AG	MH-MB	0,46	MH-MB	0,53	MH-MB	0,67
CH_035_AG	Surb	AG	MS	0,19	MH-MB	0,46	MB	0,51
CH_036_AG	Sissle	AG	GB	0,53	GB	0,59	GB	0,5
CH_039_AG	Suhre	AG	TGB	0,3	TGB	0,64	TGB	0,73
CH_040_ZH	LiMBat	ZH	A		A		A	
CH_044_ZH	Glatt	ZH	TGS	0,31	TGS	0,29	TGS	0,6
CH_045_ZH	Aabach	ZH	MS	0,32	MS	0,38	GS	0,42
CH_046_ZH	Aa	ZH	PV		PV		GB	0,6
CH_047_ZH	Reppisch	ZH	PV		PV		PV	
CH_049_ZH	Furtbach	ZH	MS	0,53	MS	0,55	MS	0,49
CH_054_FR	Sionge	FR	GB	0,88	GB	0,8	GB	0,69
CH_058_BE	Chise	BE	MB	0,47	MB	0,45	MB	0,44
CH_059_BE	Gürbe	BE	TGS	0,61	TGS	0,51	TGS	0,51
CH_062_BE	Urtenen	BE	MS-MH	0,35	MS-MH	0,27	MS-MH	0,43
CH_065_ZH	Sihl	ZH	TGB	1	TGB	0,95	TGB	0,95
CH_067_BL	Ergolz	BL	PV		PV		PV	
CH_068_JU	Sorne	JU	TGB	0,91	TGB	0,74	TGS	0,38
CH_069_JU	Scheulte	JU	GB	0,75	GB	0,74	PV	
CH_070_TG	Murg	TG	PV		PV		PV	
CH_071_TG	Lauche	TG	MH-MB	0,8	MH-MB	0,6	MH-MB	0,65
CH_072_TG	CheMBenenbach	TG	MH	0,4	MH	0,4	MH	0,34
CH_074_NW	Engelbergeraa	NW	A		A		A	
CH_075_ZG	Lorze	ZG	TGS	0,55	TGS	0,43	PV	
CH_076_ZG	Lorze	ZG	PV		PV		PV	
CH_079_AG	Aabach	AG	PV		PV		PV	
CH_084_JU	Allaine	JU	MH-MB	0,53	MH-MB	0,63	PV	
CH_085_NE	Areuse	NE	A		A		A	

Code station	Cours d'eau	Canton		2012		2015		2019	
CH_087_JU	Birs	JU	A		A		A		
CH_088_JU	Doubs	JU	A		A		A		
CH_091_GR	Inn	GR	A		-	-	A		
CH_099_TI	Moesa	TI	A		A		A		
CH_106_BE	Saane	BE	A		A		A		
CH_107_FR	Sarine	FR	A		A		A		
CH_119_NE	Seyon	NE	MB	0,52	MB	0,18	MB	0,5	
CH_123_TI	Maggia	TI	TGB	0,79	TGB	0,88	PV		
CH_127_VD	Talent	VD	GS	0,44	GS	0,44	GS	0,52	
CH_128_VD	Promenthouse	VD	PV		PV		PV		
CH_130_VD	Aubonne	VD	TGB	0,81	TGB	0,74	TGB	0,78	
CH_133_BE	SiMBe	BE	A		A		A		
CH_134_BE	La Birse	BE	TGB	0,71	TGB	0,78	TGB	0,56	
CH_136_AG	Küntenenbach	AG					PB	0,92	
CH_137_AG	Möhlinbach	AG					MH-MB	0,43	
CH_138_BE	Chrümlisbach	BE					PH	0,45	
CH_139_BE	Ballmoosbach	BE					PH	0,74	
CH_140_FR	Balnoz	FR					PB	0,74	
CH_141_JU	Everatte	JU					PV		
CH_143_SG	Zafenbach	SG					PH-PB	0,46	
CH_144_SG	Mittlerer Seegraben	SG					PV		
CH_145_SH	Landgrabe	SH					MH	0,32	
CH_146_SH	Beggingerbach	SH					PB	0,54	
CH_147_TG	Eschlisbach	TG					PV		
CH_148_TG	Salmsacher Aach	TG					PV		
CH_149_TI	Vedeggio	TI					TGB	0,78	
CH_150_VD	Ruisseau Gi	VD					PH-PB	0,45	
CH_151_VD	Le Combagnou	VD					PB	0,32	
CH_152_VS	Canal d'Uvrier	VS					PS	0,6	
CH_153_NE	Doubs	NE					TGB	0,54	
CH_154_LU	Ron	LU					MH-MB	0,8	

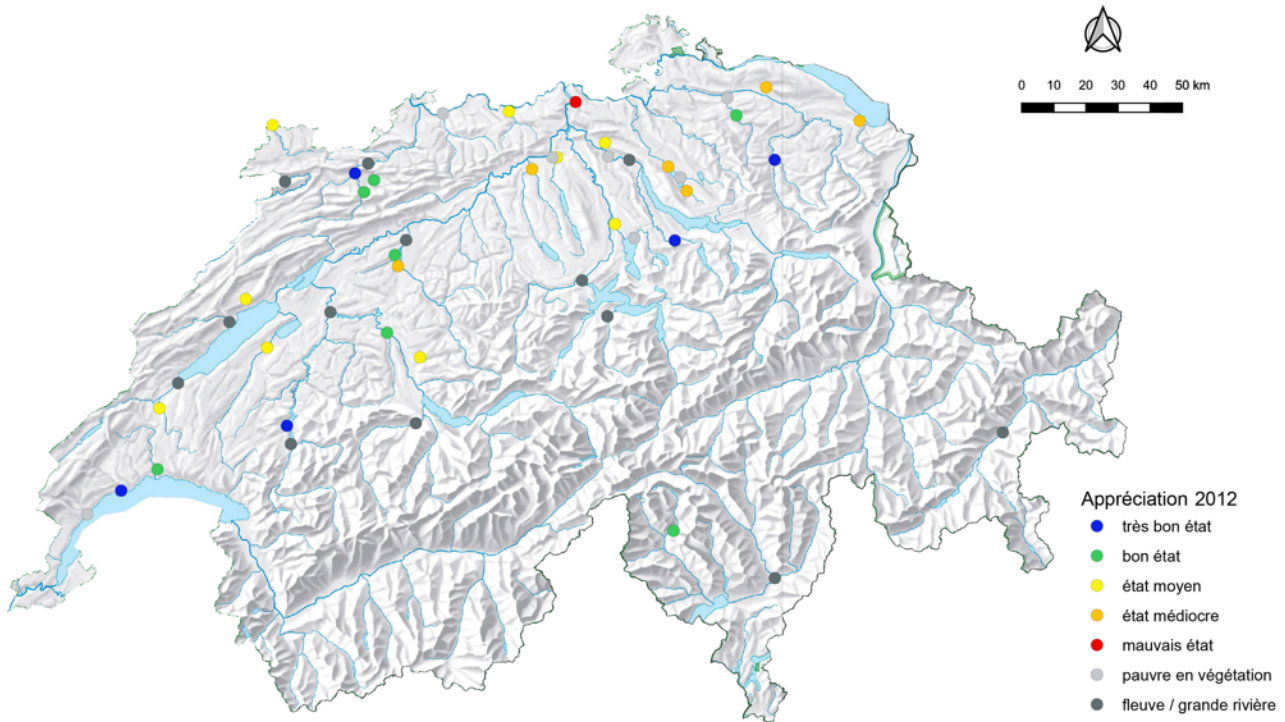


Fig. AC1 : Appréciation obtenue pour les tronçons évalués en 2012 dans le programme NAWA-Trend Macrophytes.

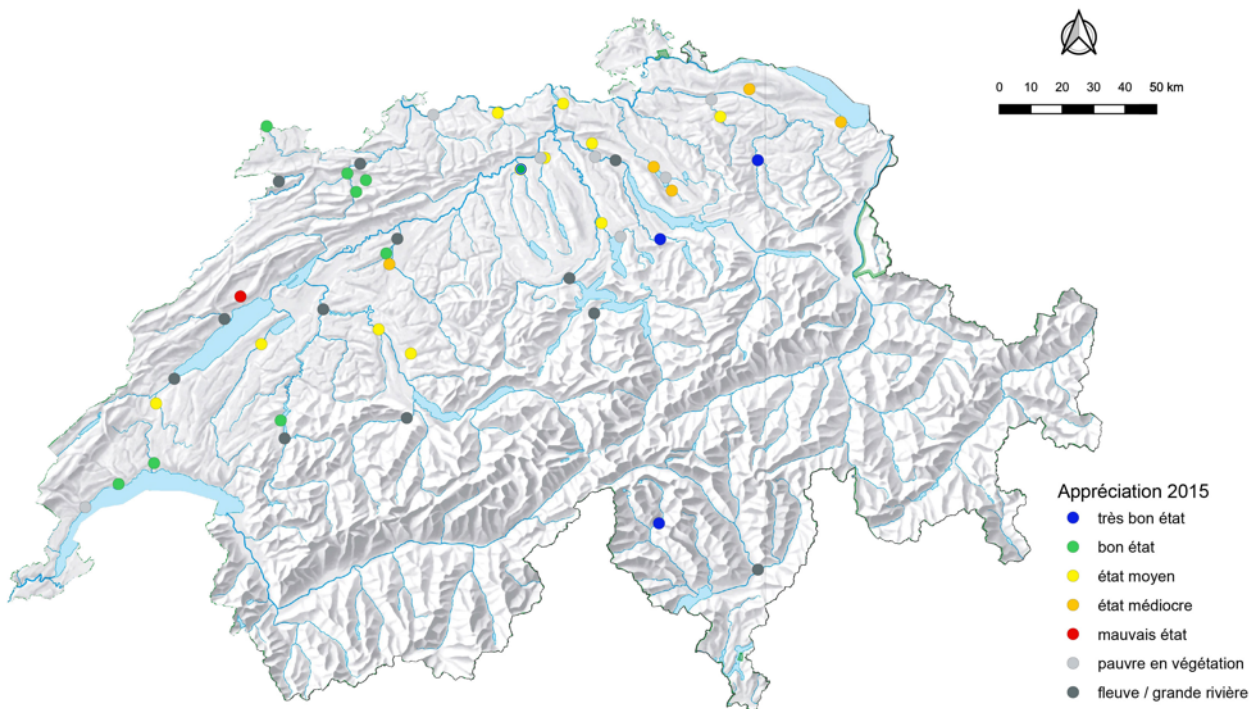


Fig. AC2 : Appréciation obtenue pour les tronçons évalués en 2015 dans le programme NAWA-Trend Macrophytes.

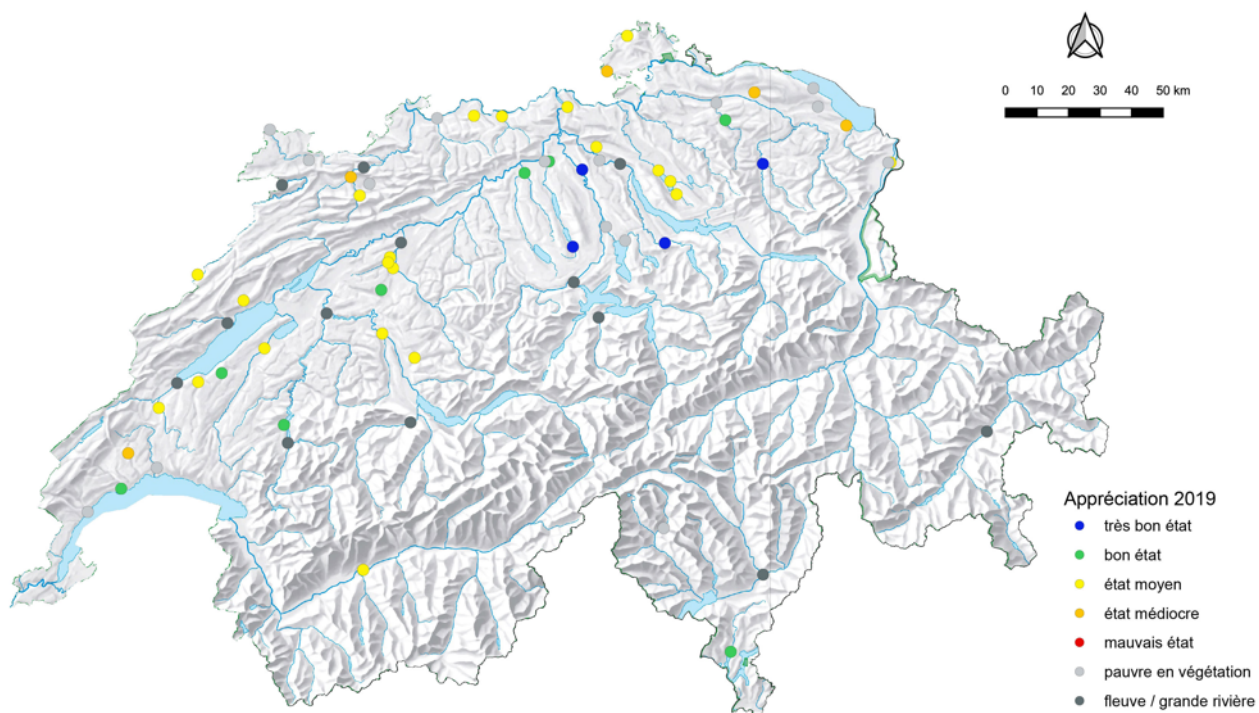


Fig. AC3 : Appréciation obtenue pour les tronçons évalués en 2019 dans le programme NAWA-Trend Macrophytes.

Annexe D : Liste des taxons et fréquence de détection

Groupe	Nom	Nombre de sites	Statut LR	Priorité	Néophyte
Algues	Algues vertes filamenteuses	44			
Characées	<i>Chara</i> sp.	1			
Plantes vasculaires	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	37			
Plantes vasculaires	<i>Berula erecta</i> (Huds.) Coville (emers)	4			
Plantes vasculaires	<i>Butomus umbellatus</i> L.	1	VU	4	
Plantes vasculaires	<i>Callitriche</i> sp.	4			
Plantes vasculaires	<i>Carex acutiformis</i> Ehrh.	2			
Plantes vasculaires	<i>Carex elata</i> All.	1			
Plantes vasculaires	<i>Carex</i> sp. 1	3			
Plantes vasculaires	<i>Carex</i> sp. 2	4			
Plantes vasculaires	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	2			
Plantes vasculaires	<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv.	11			
Plantes vasculaires	<i>Elodea canadensis</i> Michx.	1			N
Plantes vasculaires	<i>Elodea nuttallii</i> (Planch.) H. St. John	2			N
Plantes vasculaires	<i>Equisetum palustre</i> L.	2			
Plantes vasculaires	<i>Glyceria notata</i> Chevall.	5			
Plantes vasculaires	<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Br. ou <i>notata</i> Chevall.	7			
Plantes vasculaires	<i>Groenlandia densa</i> (L.) Fourr.	1			
Plantes vasculaires	<i>Iris pseudacorus</i> L.	3			
Plantes vasculaires	<i>Juncus articulatus</i> L.	2			
Plantes vasculaires	<i>Lemna minor</i> L.	1			
Plantes vasculaires	<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	9			
Plantes vasculaires	<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	1			
Plantes vasculaires	<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.	3			
Plantes vasculaires	<i>Nasturtium</i> sp. ou <i>Cardamine amara</i> L.	14			
Plantes vasculaires	<i>Phalaris arundinacea</i> L.	42			
Plantes vasculaires	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud.	11			
Plantes vasculaires	<i>Polygonum amphibium</i> L.	3			
Plantes vasculaires	<i>Potamogeton crispus</i> L.	4			
Plantes vasculaires	<i>Potamogeton lucens</i> L.	1			
Plantes vasculaires	<i>Potamogeton nodosus</i> Poir.	2	VU	4	
Plantes vasculaires	<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	6			
Plantes vasculaires	<i>Potamogeton</i> x <i>schreberi</i> G. Fisch. (= <i>P. natans</i> x <i>P. nodosus</i>)	1			
Plantes vasculaires	<i>Ranunculus fluitans</i> Lam.	2			
Plantes vasculaires	<i>Ranunculus</i> sp.	1			
Plantes vasculaires	<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla	3			
Plantes vasculaires	<i>Scrophularia umbrosa</i> Dumort.	4			
Plantes vasculaires	<i>Sparganium erectum</i> L. s.l.	5			
Plantes vasculaires	<i>Sparganium erectum</i> L. s.l. oder <i>emersum</i> Rehm.	4			
Plantes vasculaires	<i>Typha latifolia</i> L.	2			

Groupe	Nom	Nombre de sites	Statut		
			LR	Priorité	Néophyte
Plantes vasculaires	<i>Veronica beccabunga</i> L.	19			
Plantes vasculaires	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L. ou <i>catenata</i> Pennell	12			
Plantes vasculaires	<i>Zannichellia palustris</i>	1	VU	4	
Bryophytes	<i>Brachythecium rivulare</i> Schimp.	1			
Bryophytes	<i>Bryum gemmiparum</i> De Not.	1	CR	2	
Bryophytes	<i>Chiloscyphus polyanthos</i> agg.	1			
Bryophytes	<i>Cinclidotus aquaticus</i> (Hedw.) Bruch & Schimp.	3	EN	2	
Bryophytes	<i>Cinclidotus danubicus</i> Schiffn. & Baumgartner	5			
Bryophytes	<i>Cinclidotus fontinaloides</i> (Hedw.) P.Beauv.	5			
Bryophytes	<i>Cinclidotus riparius</i> (Brid.) Arn.	17			
Bryophytes	<i>Cratoneuron filicinum</i> (Hedw.) Spruce	10			
Bryophytes	<i>Fissidens crassipes</i> Bruch & Schimp. subsp. <i>crassipes</i>	29			
Bryophytes	<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	35			
Bryophytes	<i>Hygroamblystegium fluviatile</i> (Hedw.) Loeske	3	VU	4	
Bryophytes	<i>Hygroamblystegium tenax</i> (Hedw.) Jenn.	7			
Bryophytes	<i>Hygrohypnum duriusculum</i> (De Not.) D.W.Jamieson	1	NT		
Bryophytes	<i>Hygrohypnum luridum</i> (Hedw.) Jenn.	4			
Bryophytes	<i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst.	15			
Bryophytes	<i>Lunularia cruciata</i> (L.) Lindb. subsp. <i>cruciata</i>	6			
Bryophytes	<i>Marchantia polymorpha</i> L.	7			
Bryophytes	<i>Palustriella falcata</i> (Brid.) Hedenaes	1			
Bryophytes	<i>Pellia endiviifolia</i> (Dicks.) Dumort. subsp. <i>endiviifolia</i>	7			
Bryophytes	<i>Philonotis calcarea</i> (Bruch & Schimp.) Schimp.	1			
Bryophytes	<i>Philonotis capillaris</i> Lindb.	1			
Bryophytes	<i>Rhynchostegium riparioides</i> (Hedw.) Cardot	40			

Annexe E Caractérisation des sites