



Macrophytes Investigations 2023

Rapport technique février 2025

Auteurs

Daniel K ry, Dr. phil. Life Science AG

Pascal Mulattieri, Biol'Eau Sàrl

Collaborateurs de terrain

Alain Demierre, GREN Biologie appliquée Sàrl, Genève

Corinna von K rthy, Dr. sc. nat., UNA AG, Bern

Alberto Conelli, Oikos Consulenza e ingegneria ambientale Sagl, Bellinzona

Barbara Känel, Dr. sc. nat., AWEL Kanton Zürich

Marion Mertens, Dr. sc. nat., Life Science AG, Basel

Collaborateur «  valuations et rapport »

Lilian H mmerli, Life Science AG

Accompagnement

Marie-Sophie Renevier, OFEV Division Eau

Basel / Bernex 2025

Macrophytes Investigations 2023

Rapport technique février 2025



Table des matières

Résumé	5
1	Préambule, mandat, objectif	6
2	Périmètre d'étude et déroulement	7
2.1	Stations d'étude	7
2.2	Procédure et méthodes	8
3	Résultats	16
3.1	Type de cours d'eau et état écologique	16
3.2	Comparaison avec les résultats de 2012, 2015 et 2019	26
3.3	Espèce Liste Rouge, espèces nationales prioritaires, néophytes	27
3.4	Fréquence, évolution et répartition des taxons présents	28
4	Discussions	32
4.1	Discussion méthodologique	32
4.2	Discussion des résultats	33
5	Conclusions et recommandations	34
6	Bibliographie	35
Annexes	36
Annexe A	Assurance qualité	36
Annexe B	Liste des stations avec date de prospections	38
Annexe C	Copie du masque de saisie de terrain pour les paramètres stationnels et les taxons de macrophytes	40
Annexe D	Comparaisons des évaluations selon module macrophytes pour 2012-2015-2019	42
Annexe E :	Liste taxonomique et fréquences d'observation	46
Annexe F	Caractéristiques des stations	48

Résumé

Dans le cadre du programme de surveillance de longue durée NAWA Trend, les macrophytes ont été relevés durant la saison de terrain 2023. Les évaluations ont été réalisées à l'aide de la méthode du module « Macrophytes » sur un total de 41 stations situées sur des cours d'eau suisses. Cette méthode combine une typification de la station et une évaluation de l'état écologique spécifique au type déterminé. Un volet « Assurance qualité » (incluant un atelier sur les méthodes de terrain et un atelier sur le contrôle de vraisemblance) a permis de garantir au maximum une procédure uniforme.

Sur les 41 sites étudiés, 36 (88 %) ont pu être complètement évalués à l'aide de la méthode, alors que cinq (12 %) ont été classés dans le type « pauvre en végétation » (sans évaluation de la qualité écologique). Les types de cours d'eau les plus fréquemment rencontrés sont les cours d'eau à bryophytes (14 sites), suivis des cours d'eau à végétation submergée (13 sites), des types de transition hélophytes-bryophytes (5 sites) et des cours d'eau à hélophytes (4 sites). Aucun type de transition submergées-hélophytes n'a été recensé lors de cette campagne.

Les objectifs de la législation sur la protection des eaux, quant à l'état écologique basé sur les macrophytes, sont respectés sur 44 % des sites évalués (8 % très bon, 36 % bon). 28% des stations, soit plus d'un quart des sites se trouvent dans des classes d'état « moyen » et « médiocre ».

Le paramètre d'évaluation de « l'état écologique » montre une corrélation positive avec l'écomorphologie. Toutefois, cette corrélation n'est pas statistiquement significative. La caractérisation de l'utilisation du sol dans le bassin versant (forêt, urbanisation, agriculture) ne semble pas influencer directement l'état écologique. Les stations présentant un colmatage important ont été nettement moins bien évaluées que celles présentant un colmatage léger/moyen ou une absence de colmatage. Les stations présentant une turbidité légère/moyenne ont montré un état écologique légèrement meilleur que celles sans turbidité.

Les cours d'eau à bryophytes ont obtenu les meilleures évaluations de leur état écologique (bon état), leur communauté végétale et la diversité conforme au type de cours d'eau. Viennent ensuite les cours d'eau à hélophytes, ceux à végétation submergée et enfin les types de transition hélophytes-bryophytes. Ces différences observées ne sont toutefois pas statistiquement significatives.

Après comparaison sur 21 stations des résultats des études 2012, 2015 et 2019, le pourcentage de sites dont l'état écologique est jugé « très bon » et « bon » a augmenté pour atteindre 33 % et a retrouvé un pourcentage comparable à celui de 2012 et 2015 (il avait diminué en 2019). Le pourcentage de sites dont l'état est jugé « moyen » a diminué en 2023, passant de 56 % à 33 %, tandis que le pourcentage de sites présentant un état « médiocre » a augmenté de 13 % à 33 %.

Au total de l'ensemble des stations, trois plantes vasculaires et quatre espèces de bryophytes menacées appartenant aux catégories Liste Rouge « Vulnérables » (VU) et « Potentiellement menacées » (NT) ont été recensées.

Une comparaison avec les autres modules NAWA doit contribuer à mettre en évidence le lien entre les paramètres de qualité et le bon état écologique des macrophytes ainsi que de mieux comprendre les évaluations.

1 Préambule, mandat, objectif

L'Office fédéral de l'environnement (OFEV) mène depuis 2011 la campagne *Observation nationale de la qualité des eaux de surface* (NAWA) (OFEV 2013). En plus des analyses physico-chimiques, NAWA comprend également des relevés biologiques qui, depuis 2011, sont réalisés, soit par les cantons eux-mêmes, soit par les tiers mandatés par ceux-ci ou la Confédération. Dans le cadre de ce monitoring, des analyses coordonnées des poissons, du macrozoobenthos, des diatomées et des macrophytes sont effectuées dans toute la Suisse. Les premiers résultats de NAWA ont été publiés par l'OFEV dans le rapport sur l'état des cours d'eau suisses (OFEV 2016). La justification et les objectifs du projet sont décrits comme (OFEV 2022) :

« L'art. 50 de la loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) contraint la Confédération et les cantons à examiner les résultats des mesures de protection des eaux et à informer le public sur l'état des eaux. L'art. 57 exige quant à lui que la Confédération effectue des relevés d'intérêt national notamment sur la qualité des eaux superficielles. En vertu de l'art. 58, les cantons effectuent les relevés nécessaires à la protection des eaux et en communiquent les résultats aux services fédéraux compétents.

L'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA) doit permettre d'atteindre les objectifs suivants :

- fournir une base pour obtenir une vue d'ensemble de l'état des eaux de surface en Suisse et de leur évolution à moyen et long terme ;*
- procurer une vue d'ensemble simple et uniformisée de l'état des eaux de surface permettant de procéder à des comparaisons dans l'ensemble de la Suisse ;*
- 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 ;*
- fournir un corpus de données uniformisées pour des études détaillées ;*
- permettre de contrôler les résultats des mesures actuelles et à venir en matière de protection des eaux et dans d'autres domaines politiques.*

Dans le cadre de la poursuite de NAWA, des relevés biologiques ont été effectués en 2023, englobant les bioindicateurs poissons, macrozoobenthos, diatomées et les macrophytes.

Les macrophytes¹ font partie de l'écosystème des cours d'eau et sont utilisés comme indicateurs de l'état des eaux. Les résultats de cette étude sur les macrophytes doivent permettre de comparer l'état de tronçons de cours d'eau pour les années 2012, 2015, 2019 et 2023. Cette étude NAWA offre également la possibilité d'évaluer la méthode nouvellement développée par Känel et al. (2018), tant en ce qui concerne sa mise en œuvre que la vraisemblance des résultats obtenus.

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

2 Périmètre d'étude et déroulement

2.1 Stations d'étude

Le programme NAWA (stations de mesure, paramètres, etc.) a été élaboré par un groupe de travail composé de représentants de la Confédération et des cantons (BAFU, 2013).

Sur la base des stations de mesure chimique existantes, 42 sites ont été sélectionnés conjointement par la Confédération et les cantons pour des analyses de macrophytes. Un site sur le Doubs s'est avéré inapproprié en raison des débits. L'équipe de mandataire a effectué des analyses macrophytes sur un total de 35 stations. L'entreprise Biol'Eau Sàrl, directement 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 réalisé ces investigations sur 1 et respectivement 5 stations (Tableau 1).

Tableau 1: Répartition des 41 stations d'étude NAWA macrophytes par mandataires.

Canton	Mandant	Mandataire	Nombre de station
AG	BAFU	UNA AG	4
AG	BAFU	Life Science AG	2
BE	BAFU	GREN	4
BE	BAFU	Biol'Eau Sàrl	1
BE	BAFU	UNA AG	1
FR	BAFU	GREN	2
JU	BAFU	Biol'Eau Sàrl	3
LU	BAFU	UNA AG	1
NE	Canton Neuchâtel	Biol'Eau Sàrl	1
SG	BAFU	Life Science AG	3
SH	BAFU	Life Science AG	2
SO	BAFU	UNA AG	1
TG	BAFU	Life Science AG	2
TI	BAFU	OIKOS	1
VD	BAFU	Biol'Eau Sàrl	4
VD	BAFU	GREN	2
VS	BAFU	Biol'Eau Sàrl	1
ZG	BAFU	UNA AG	1
ZH	Canton Zürich	AWEL, Canton Zürich	5

Les sites étudiés se trouvaient principalement sur le Plateau, quelques-uns également dans les Préalpes et à basse altitude dans les Alpes centrales (Figure 1, Annexe A).

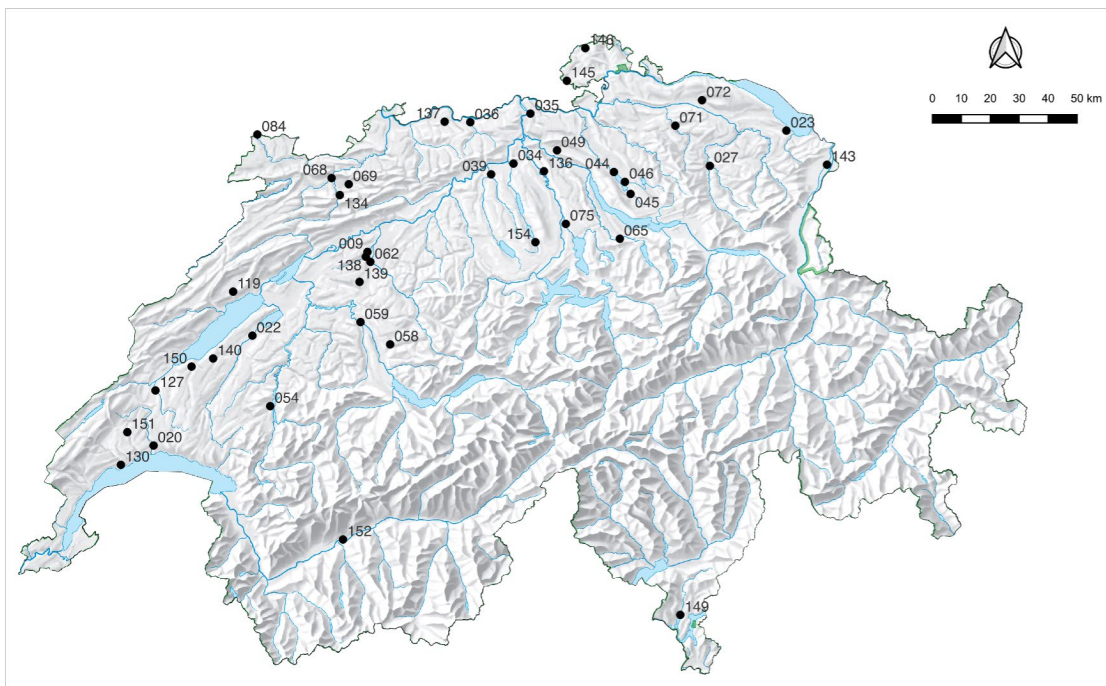


Figure 1: Emplacement des 41 stations étudiées dans le cadre de NAWA-Trend Macrophytes 2023.

2.2

Procédure et méthodes

Les investigations se sont déroulées conformément au cahier des charges NAWA 2022-2027 (OFEV 2022). Les travaux de terrain et les évaluations ont strictement respecté la méthode macrophytes du système modulaire gradué (Känel et al. 2018).

Avant les relevés de terrain, les stations ont été attribués aux différentes entreprises mandataires de manière que les temps de trajet soient les plus courts possibles. Tous les collaborateurs de terrain ont reçu un extrait de carte de leur station avec des indications de débit et de pente à vérifier sur le terrain, ainsi que des informations pratiques telles que des consignes de sécurité, accès à la station et possibilités de stationnement.

Pour 11 stations, **des clarifications préalables** ont été nécessaires. Sur les tronçons soumis à des éclusées, la date de la campagne de terrain a été déterminée avec les exploitants des centrales hydroélectriques et, pour des raisons de sécurité, des équipes de 2 personnes ont dû être constituées pour les stations particulièrement profondes.

Afin d'éviter d'éventuelles perturbations pour les relevés estivaux du **macrozoobenthos**, les dates de terrain ont été fixées d'entente avec l'équipe responsable de ce domaine. Les coordonnées de certaines stations situées sur des petits cours d'eau ont été comparées avec celle de l'équipe macrozoobenthos (MZB) afin de garantir que, dans la mesure du possible, les stations étudiées soient identiques.

Un **atelier « Assurance qualité »** a été organisé le 31 mai 2023 avec tous les collaborateurs de terrain ainsi que l'OFEV et le canton de Zurich. Ce workshop a permis d'expliquer et de discuter en théorie et en pratique l'ensemble des procédures de relevés sur le terrain comme le traitement des échantillons et résultats. Plusieurs fois, en raison d'imprévus de terrain (comme en présence de chantiers, déplacement de sites d'échantillonnage), les collaborateurs ont fait appel à la "hotline" proposée par les deux chefs de projet (français/allemand). Des solutions ont ainsi pu être discutées rapidement et simplement, ce qui a permis de reprendre le travail de terrain sans trop de désagrément.

D'autres mesures d'assurance qualité consistaient à reconstruire au sein de l'équipe les déterminations complexes de certains spécimens de plantes vasculaires.

Travaux de terrain et traitement des données

La nouvelle méthode du système modulaire gradué de Känel et al. (2018) a été utilisée pour la deuxième fois dans le cadre d'une campagne NAWA-TREND. Dès lors, les différentes étapes des travaux de terrain et de l'évaluation sont donc présentées ici uniquement de manière synthétique (Figure 2).

Les relevés de terrain des macrophytes ont été effectués entre juin et octobre 2023. Les protocoles de terrain indiquant les informations sur la station (écomorphologie, caractéristiques hydrographiques, composition du substrat, vitesse d'écoulement, situation environnementale, etc.) ont été remplis et l'état visuel des tronçons a été documenté par des photographies, une au début (vers amont) et une à la fin de chaque tronçon (vers l'aval).

Les taxons de macrophytes et leur recouvrement ont été notés dans la seconde partie du protocole de terrain. Pour les taxons difficiles à déterminer, des spécimens ont été prélevés pour une détermination ultérieure ou une documentation photographique a été réalisée. Le recouvrement total des bryophytes a été estimé pour l'ensemble du tronçon d'étude et pour tous les taxons « reconnaissables » un échantillon a été collecté pour une détermination ultérieure.

Les données brutes ont été saisies dans le masque de saisie. Les champs pour la saisie des données sont disposés de la même manière que sur le protocole de terrain (annexe B), afin de limiter au maximum les erreurs lors de la saisie/transfert. Les données saisies sont séparées dans le masque de saisie en deux tableaux : un avec les conditions stationnelles et un avec les données d'espèces. Ils servent de base à l'évaluation réalisée avec l'outil d'analyse électronique "EcoVal" développé par Michel et al. (2019).

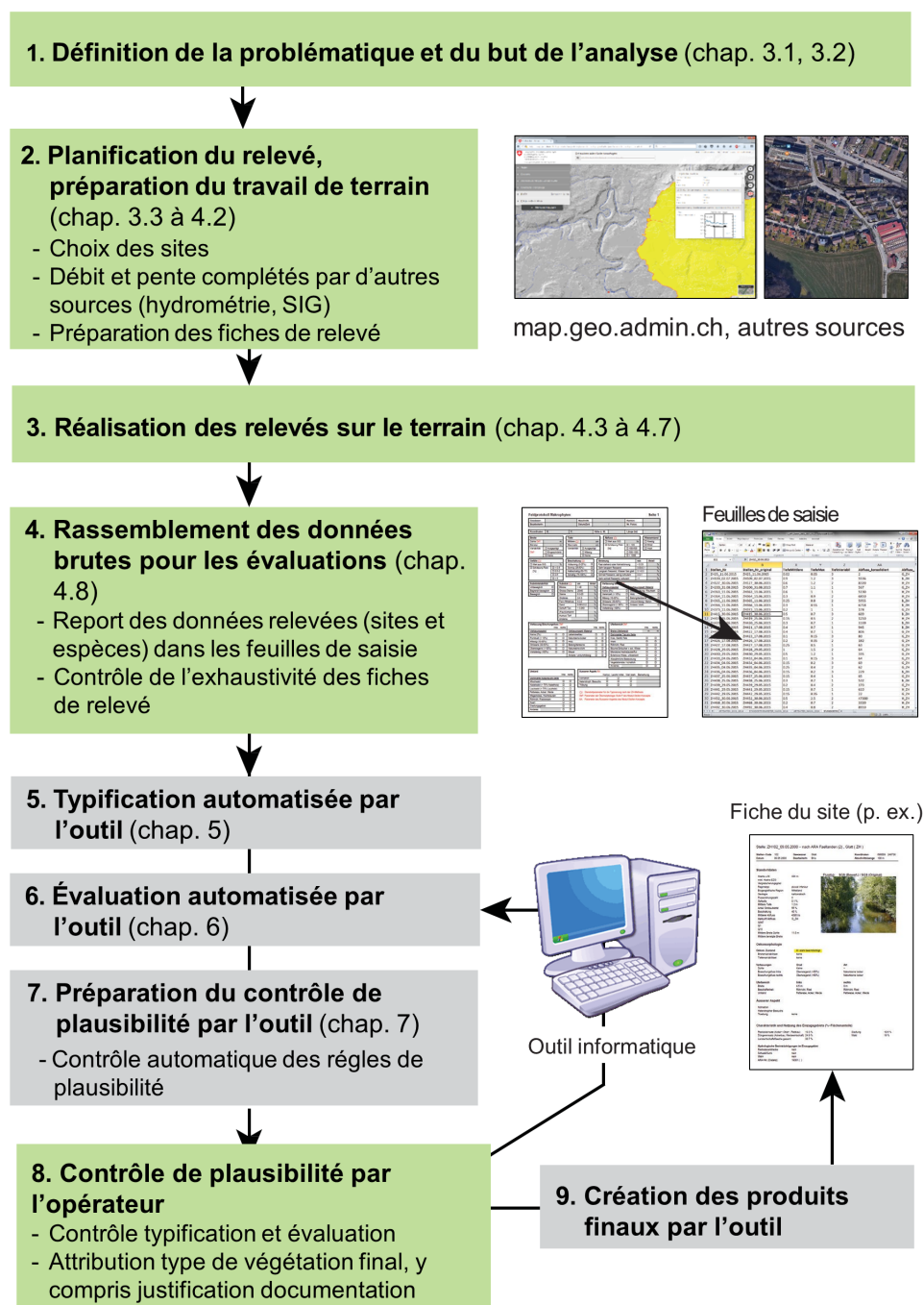


Figure 2: Vue d'ensemble de la procédure pour l'étude des macrophytes. Les étapes surlignées en gris par l'outil informatique « EcoVal » (selon Känel et al. 2018).

Les tronçons d'étude sont attribués à une typologie (type de cours d'eau défini par la végétation) en fonction des conditions stationnelles que sont l'ombrage, le substrat, la pente et la profondeur, puis évalués de façon conforme au type (Figure 3).

La composition des taxons de macrophytes permet ensuite de déterminer si la végétation de la station est conforme au type.

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	PS	PS-PH PS-PH	PH	PH-PB	PB	PV
< 40 % substrat grossier						
≥ 200 - <1000 l/s	MS	MS-MH MS-MH	MH	MH-MB	MB	PV
< 50 % substrat grossier						
≥ 1000 - <2000 l/s	GS	PV	PV	PV	GB	PV
< 50 % substrat grossier						
≥ 2000 - <10 000 l/s	TGS	PV	PV	PV	TGB	PV
< 60 % substrat grossier						
	Types de base à submergées	Types de transition à submergées et hélophytes	Types de base à hélophytes	Types de transition à hélophytes et bryophytes	Types de base à bryophytes	pauvres en végétation (PV)

Figure 3 : Schéma de typification extrait de la méthode macrophytes du système modulaire (Känel et al. 2018). S : à submergées, H : à hélophytes, B : à bryophytes. PV : pauvres en végétation. P : petit ; M : moyen ; G : grand ; TG : très grand.

Pour les différents types de cours d'eau, un état de référence a été déterminé sur la base d'avis d'experts et de méthodes statistiques, sur lesquelles se basent la classification des types de cours d'eau définis par la végétation. L'évaluation de l'état écologique se fait à l'aide d'une hiérarchie d'objectifs qui prend en compte tous les différents paramètres de la communauté végétale (recouvrement, composition, etc.) et des espèces présentes (statut Liste Rouge, espèce prioritaire, etc.).

L'outil d'évaluation électronique établit, comme produit de l'évaluation, une fiche par station, sur laquelle sont rassemblées les informations stationnelles principales, les données sur les espèces ainsi que la typologie et l'évaluation de l'état (Figure 4, Annexe E). L'attribution au type de cours d'eau et la classification de chaque tronçon analysé deviennent ainsi transparentes et compréhensibles.

Module Plantes Aquatiques – caractérisation du site

Code-Site:	CH_023_SG	Canton:	SG	Coordonnées:	2750755 / 1262628
Cours d'eau:	Steinach	Site:	Vor M.ndung, Mattenhof	Longueur tronçon:	60 m
Date:	15.08.23	Opérateur:	Daniel K.ry		

Caractéristiques du site

Debit:	326 l/s
Source debit:	SG_0701
Pente:	1.32 %
Source pente:	GIS
Prof. moy. m.debit:	0.30 m
Prop. de pierres:	55 %
Ombrage:	25 %
Altitude msm:	409 m
Largeur lit:	5 m
Largeur lit mouille:	5 m
Numero ordre:	4
Type regime:	9
Region biogeo.:	Mittelland
Geologie:	karbonatisch

Type schema: MH-MB (orig.) MH-MB (vrais.)
Type eval.: MH-MB (orig.) MH-MB (vrais.)



Fichier photo: karbonatisch

Caractéristiques complémentaires du site

Debit station hydrometrique plus proche		Profondeur	
Moyenne:	326 l/s	Moyenne jour:	0.20 m
Jour:	71 l/s	Maximum jour:	0.50 m
Stabilité substrat:	mobile	Courant:	0.3 m/s

Ecomorphologie

Evaluation ecom.:	III tres atteint
Variabilité largeur:	nulle
Variabilité profondeur:	nulle
Amenagement	degre
Fond	nul
Pied de la berge, gauche	total (100%)
Pied de la berge, droit	total (100%)
Zone riveraine	gauche
Largeur	5 m
Nature	Prairie extensive
Environnement	prairies grasses, champs

Aspect general

Colmatage:	aucun
Turbidité:	nulle

type	
autre	
autre	
droite	
5 m	
Prairie extensive	
prairies grasses, champs	

Proportions des utilisations du sol dans le bassin versant

Agriculture	39 %
Urbain	
Forêt	

08.05.2025

Figure 4 : Première page d'une fiche d'évaluation dans le cadre de ce projet NAWA.

Contrôle de vraisemblance

Après la première évaluation par l'outil, le contrôle de vraisemblance est une étape nécessaire dans l'évaluation des données. En effet, au cours du développement de la méthode, il s'est avéré que les données collectées ne permettaient pas dans tous les cas une attribution claire du tronçon à l'un des types de cours d'eau.

Pour les stations dont la typologie et l'évaluation ne correspondent pas aux attentes, l'outil d'évaluation propose un contrôle pour un éventuel changement de type de cours d'eau.

Le contrôle de vraisemblance des résultats obtenus à l'aide de l'outil d'évaluation fait partie de l'assurance qualité de ce projet. Il a été effectué par le collaborateur (-trice) de terrain lors d'un atelier commun. Lors de ce contrôle de vraisemblance, il s'est notamment avéré essentiel d'utiliser les valeurs de débit correctes (débits moyens à long terme). La typologie et l'évaluation définitives sont basées sur les ajustements réalisés dans le cadre de cet atelier. Elles ont ensuite été comparées aux données antérieures de terrain des années 2011 et 2015, recensées dans le cadre du développement de la méthode. Les résultats de 2019, collectés avec la même méthode, ont également été utilisés pour la comparaison.

Évaluation

L'évaluation globale de chaque station se compose, conformément à la hiérarchie des objectifs, des paramètres « Communauté conforme au type » et « Haute qualité des espèces » (additive, bonus) (Figure 5). La communauté conforme au type est à son tour déterminée comme l'agrégation additive minimale des trois paramètres diversité conforme au type (pondération $p=4$), composition conforme au type ($p=2$) et recouvrement conforme au type ($p=1$). Ces paramètres d'évaluation ont également été considérés et discutés séparément afin de mieux comprendre l'évaluation

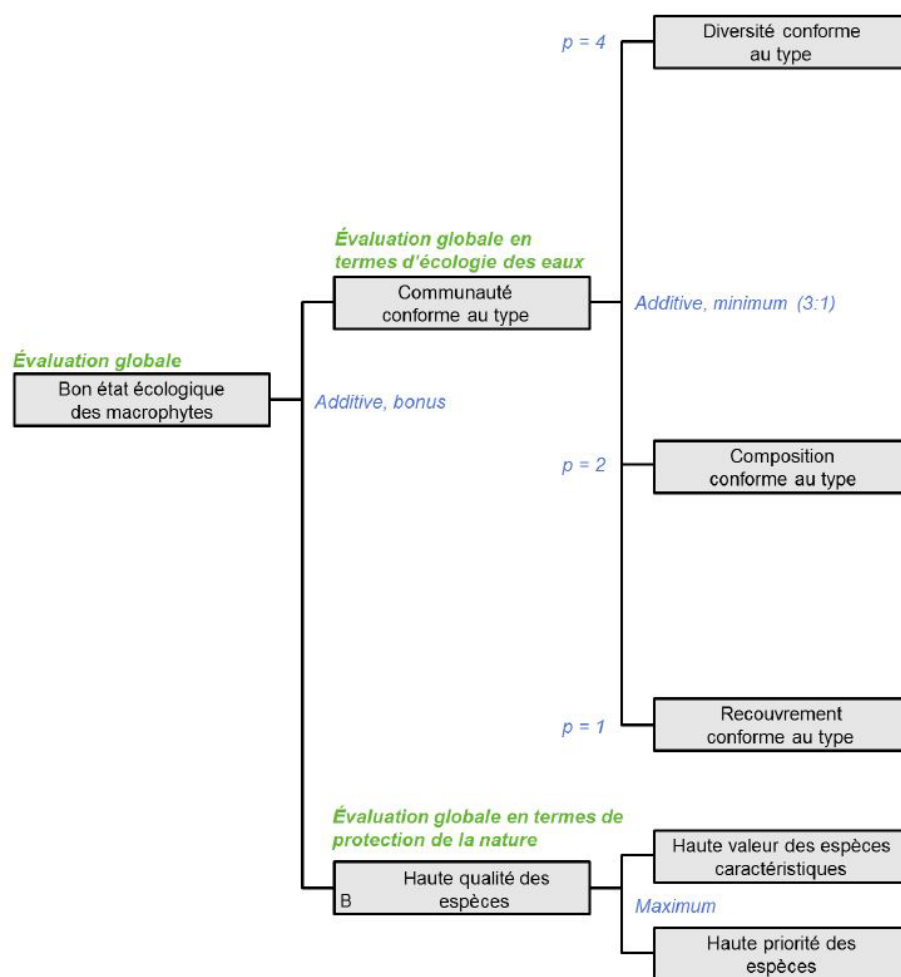







Figure 5 : Hiérarchie des objectifs pour l'évaluation de tous les types de cours d'eau à macrophytes supérieurs (Känel et al. 2018).

L'évaluation spécifique de tous les sous-objectifs est réalisée à l'aide des cinq classes de qualité du système modulaire gradué (Tableau 2).

Tableau 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)

En plus de l'évaluation selon la méthode des macrophytes (du système modulaire gradué), les peuplements de plantes vasculaires et des bryophytes ont également été évalués quant à la présence d'espèces figurant sur la Liste rouge (Bornand et al. 2016, Kiebach et al. 2023) et sur la Liste des espèces et habitats prioritaires (OFEV, 2019). La présence de néophytes (OFEV, 2022) a également été recensée dans chaque station d'étude.

3 Résultats

3.1 Type de cours d'eau et état écologique

Sur l'ensemble des 41 stations examinées en 2023 dans le cadre du programme NAWA Macrophytes, 36 (88 %) ont pu être évalués. Les cinq restants (12 %) n'ont pas été classés ou évalués car elles sont considérées de type cours d'eau pauvres en végétation (PV) (Tableau 3).

Les cours d'eau à bryophytes sont les plus abondants avec 14 stations (39 % des stations évaluées). Les cours d'eau à végétation submergée viennent ensuite avec 13 stations (36%), puis les cours d'eau à hélophytes avec 4 stations (11 %). 5 stations (14 %) sont classées comme type de transition cours d'eau à hélophytes et bryophytes. Aucune station du type de transition cours d'eau à submergées et hélophytes n'a été retrouvé.

Tableau 3 : Attribution des stations étudiées aux différents types de cours d'eau. S : à submergées, H : à hélophytes, B : à bryophytes. PV : pauvres en végétation. P : petit ; M : moyen ; G : grand ; TG : très grand.

Type de cours d'eau	Nombre de station
PS, MS, GS, TGS	13
PS-PH, MS-MH	0
PH, MH	4
PH-PB, MH-MB	5
PB, MB, GB, TGB	14
PV	5
Total des stations	41

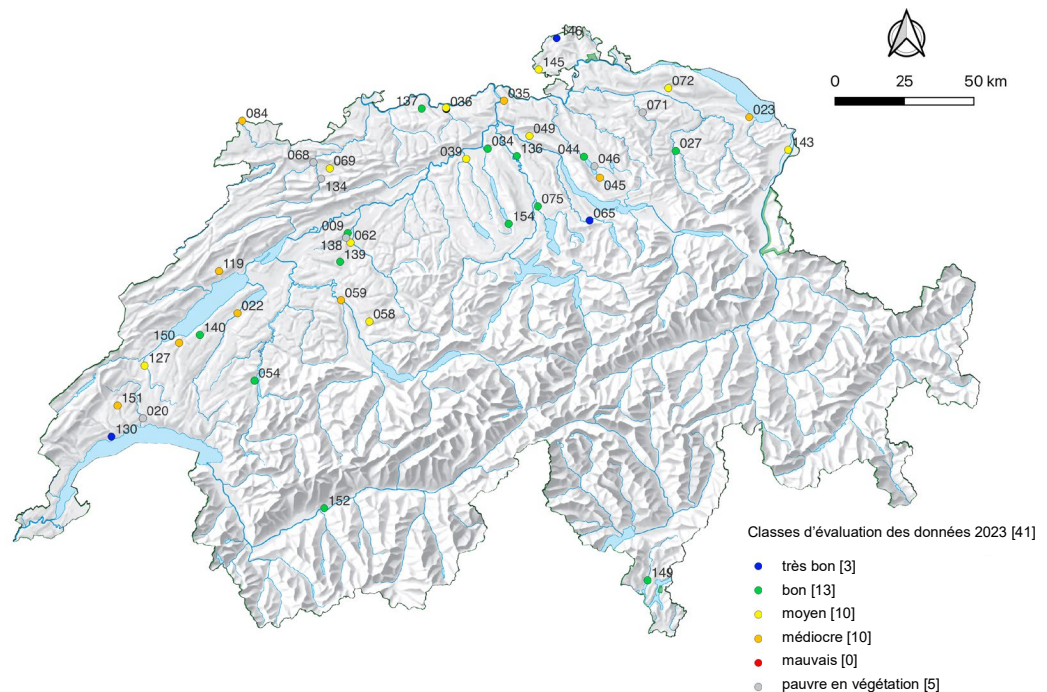


Figure 6 : Etat écologique des stations de cours d'eau, étudiées avec la méthode macrophytes.

Concernant l'état écologique, 3 stations ont été jugées comme « très bon » (8 %) et 13 (36 %) comme « bon ». La classe « moyen » a été attribuée à 10 stations (28 %) ainsi que la « médiocre » (Tableau 4, Figure 6). Aucune station n'a été classée dans un état « mauvais ». Le trop faible recouvrement végétal des cours d'eau pauvres en végétation ne permet pas de procéder à une évaluation statistiquement fiable de l'état écologique basé sur les macrophytes.

Tableau 4 : Type de cours d'eau et état écologique des stations étudiées en 2023. S : à submergées, H : à hélophytes, B : à bryophytes. PV : pauvres en végétation. P : petit ; M : moyen ; G : grand ; TG : très grand ; Classe d'évaluation de l'état : **Bleu : très bon**, **vert : bon**, **jaune : moyen**, **orange : médiocre**, **rouge : mauvais**.

ID	Cours d'eau	Type 2023	Bon état écologique
CH_009_SO	Limpach	MS	0.66
CH_020_VD	Venoge	PV	
CH_022_VD	Broye	TGS	0.29
CH_023_SG	Steinach	MH-MB	0.32
CH_027_SG	Necker	TGB	0.75
CH_034_AG	Bünz	MH-MB	0.68
CH_035_AG	Surb	MH-MB	0.27
CH_036_AG	Sissle	GB	0.41
CH_039_AG	Suhre	TGB	0.49
CH_044_ZH	Glatt	TGS	0.61
CH_045_ZH	Aabach	GS	0.37
CH_046_ZH	Aa	PV	
CH_049_ZH	Furtbach	MS	0.49
CH_054_FR	Sionge	MB	0.74
CH_058_BE	Chise	GB	0.51
CH_059_BE	Gürbe	TGS	0.37
CH_062_BE	Urtenen	GS	0.41
CH_065_ZH	Sihl	TGB	0.92
CH_068_JU	Sorne	PV	
CH_069_JU	Scheulte	GB	0.42
CH_071_TG	Lauche	PV	
CH_072_TG	Chemmenenbach	MH	0.57
CH_075_ZG	Lorze	TGS	0.72
CH_084_JU	Allaine	TGS	0.26
CH_119_NE	Seyon	MB	0.34
CH_127_VD	Talent	GS	0.46
CH_130_VD	Aubonne	TGB	0.84
CH_134_BE	La Birse	TGS	0.23
CH_136_AG	Küntenenbach	PB	0.69
CH_137_AG	Möhlinbach	MH	0.73
CH_138_BE	Chrümlisbach	PV	
CH_139_BE	Ballmoosbach	PH	0.63
CH_140_FR	Balnoz	PB	0.74
CH_143_SG	Zafenbach	PS	0.58
CH_145_SH	Landgrabe	PH-PB	0.41
CH_146_SH	Beggingerbach	PB	0.88
CH_149_TI	Vedeggio	TGB	0.75
CH_150_VD	Ruisseau Gi	PH	0.35
CH_151_VD	Le Combagnou	PB	0.33
CH_152_VS	Canal d'Uvrier	PS	0.79
CH_154_LU	Ron	MH-MB	0.69

Etat écologique des différents types de cours d'eau

En raison de la forte dispersion des valeurs, l'état écologique ne présente pas de différences significatives entre les différents types de cours d'eau (Figure 7). Les cours d'eau à submergées se situent, avec une grande dispersion, dans les classes d'état « bon », « moyen » et « médiocre ». La médiane et la moyenne se situent dans la classe de qualité « moyen ». Pour les cours d'eau à hélophytes, les évaluations s'étendent aussi de la qualité « médiocre » à « bon ». La moyenne et la médiane se situent dans la classe « moyen », proche de la limite de classe « bon ».

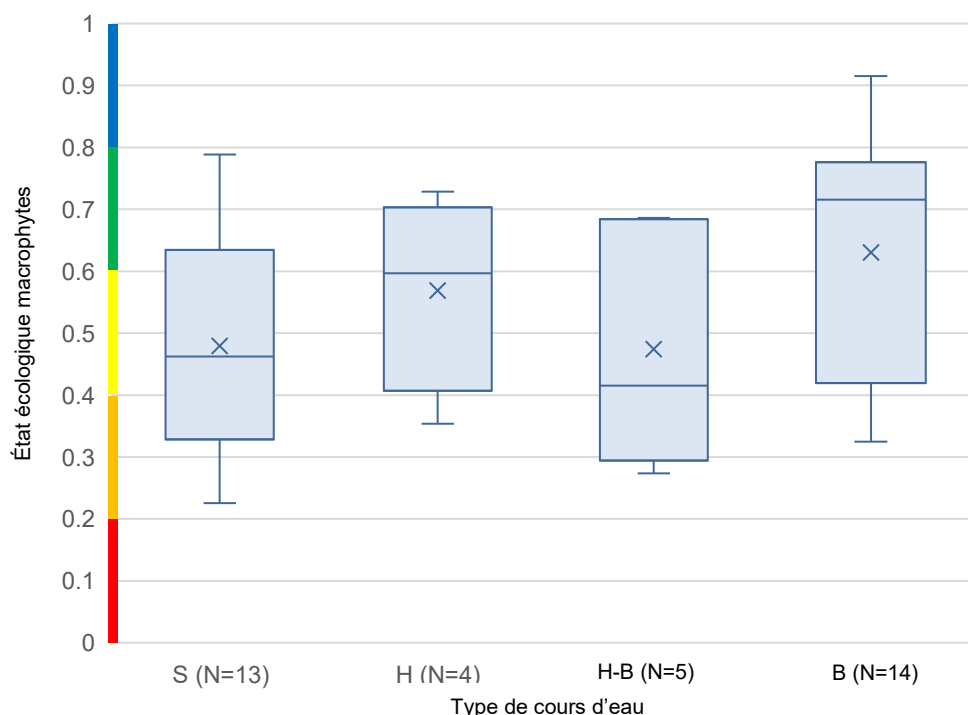


Figure 7 : Etat écologique des stations en fonction des types. S : à submergées (N=13), H : à hélophytes (N=4), H-B : transition à hélophytes et bryophytes (N=5), B : bryophytes (N=14), classes d'état : 0.00-0.19 : mauvais, 0.20-0.39 : médiocre, 0.40-0.59 : moyen, 0.60-0.79 : bon, 0.80-1.00 : très bon.

Les classes d'état écologique des stations du type de transition entre hélophytes et bryophytes s'étalent de « médiocre » à « bon ». La médiane et la moyenne se situent dans la classe « moyen ». Les cours d'eau à bryophytes, pour lesquelles le calcul de l'évaluation repose sur d'autres critères que pour les autres types de cours d'eau, ont atteint parfois un très bon état, avec une moyenne et une médiane dans la classe d'un « bon » état écologique. Ce type de cours d'eau a obtenu la meilleure évaluation.

Corrélation entre état écologique et écomorphologie, utilisation du sol et aspect général

L'état écologique des 36 stations évaluées montre une corrélation positive avec l'écomorphologie, bien que non-significative (valeur $p=0,12$, Figure 8). L'écomorphologie des tronçons « pauvre en végétation » (PV) varie entre 0.31 (fortement modifié) et 0.73 (peu modifié).

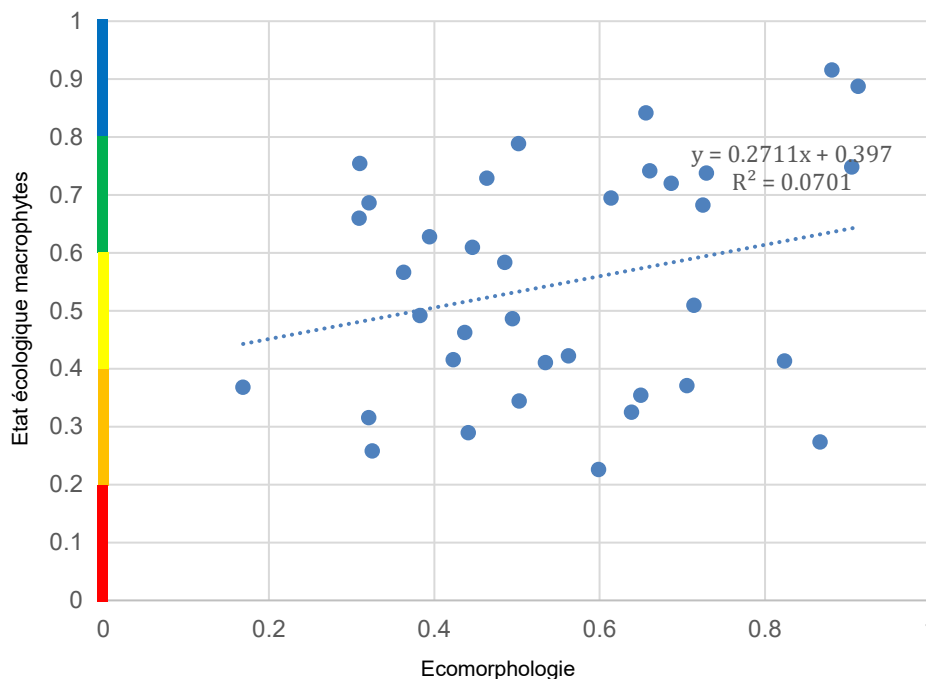


Figure 8 : Corrélation entre écomorphologie et état écologique pour les stations étudiées (N=36). La corrélation n'est statistiquement pas significative ($p=0.1185$). Classes d'état : 0.00-0.19 : mauvais, 0.20-0.39 : médiocre, 0.40-0.59 : moyen, 0.60-0.79 : bon, 0.80-1.00 : très bon.

L'état écologique varie de manière moins prononcée vis à vis du paramètre utilisation du sol : plus la part de l'agriculture augmente dans le bassin versant, moins bonne est l'évaluation. Pratiquement aucun changement de l'état écologique n'est constaté quand la couverture du sol dominante est forestière/boisée ou construite/urbaine (Tableau 5). Toutes ces corrélations se sont révélées non significatives.

Aucune relation n'a été mise en évidence avec les autres sous-paramètres étudiés (diversité et composition conforme au type, haute qualité des espèces, recouvrement conforme au type) et l'utilisation du sol dans le bassin versant (Tableau 5).

Tableau 5: Relation statistique entre l'état écologique et l'ecomorphologie ainsi que les types d'utilisation du sol dans le bassin versant : agriculture, forestier et construit. Niveau de probabilité : *: significatif ($p \leq 0.05$), °: relation étroite ($0.05 < p < 0.10$).

Régression : Coefficient de détermination (R^2)				
Paramètre d'état	Ecomor-pho.	Agri-cole	Cons-truit	Forêt
Bon état écologique (N=36)	0.0701	0.0186	0.0016	0.0023
Diversité conforme au type (N=36)	0.0244	0.0264	0.0227	0.0146
Composition conforme au type (N=36)	0.0510	0.0162	0.0041	0.0091
Haute qualité des espèces (N=41)	0.0231	0.0295	0.0009	0.0001
Recouvrement conforme au type (N=22)	0.0007	0.0291	0.0421	0.0240

Corrélation : Niveau de probabilité (p)				
Paramètre d'état	Ecomor-pho.	Agri-cole	Cons-truit	Forêt
Bon état écologique (N=36)	0.1185	0.4275	0.8187	0.7814
Diversité conforme au type (N=36)	0.4276	0.4083	0.4439	0.5405
Composition conforme au type (N=36)	0.2477	0.5192	0.7458	0.6293
Haute qualité des espèces (N=41)	0.3430	0.2828	0.8537	0.9519
Recouvrement conforme au type (N=22)	0.4804	0.7648	0.5373	0.6511

Influence de « L'aspect général »

La relation entre les deux paramètres étudiés de l'aspect général : le colmatage et la turbidité, montre une tendance similaire. Les tronçons non colmatés et ceux avec un colmatage faible à modéré présentent un état écologique meilleur que ceux fortement colmatés (Figure 9).

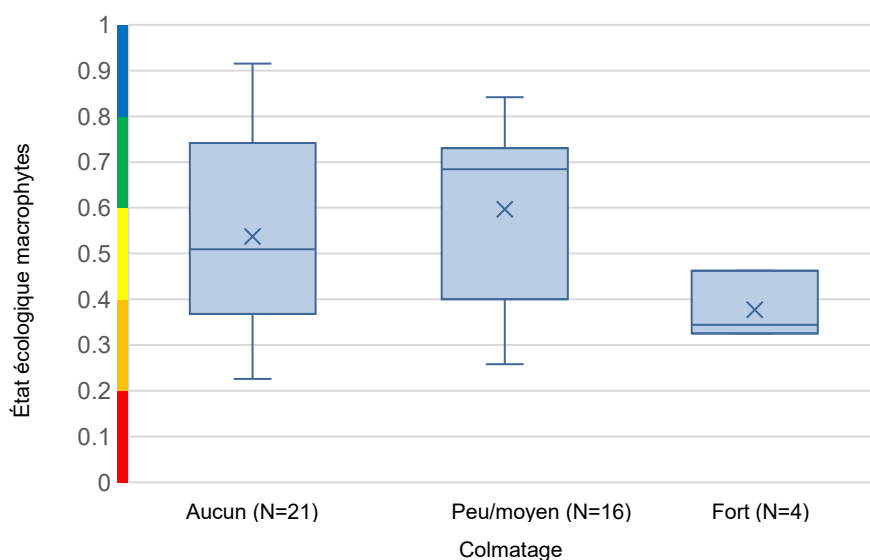


Figure 9: Etat écologique et colmatage des stations étudiées (N=41). Classes d'état : 0.00-0.19 : mauvais, 0.20-0.39 : médiocre, 0.40-0.59 : moyen, 0.60-0.79 : bon, 0.80-1.00 : très bon.

La dispersion des valeurs est importante pour l'absence de colmatage ou le colmatage faible/moyen et s'étale dans les classes d'état « médiocre » à « très bon ». La moyenne et la médiane est dans la classe de qualité « bon » pour un colmatage faible/moyen

alors qu'elle est « moyen » pour l'absence de colmatage. Les tronçons avec une turbidité faible à moyenne montrent une tendance légèrement meilleure pour l'état écologique (moyenne : « moyen » ; médiane : « bon ») par rapport à ceux sans turbidité (moyenne et médiane : « moyen »). Les tronçons à forte turbidité n'ont pas été évalués.

Communauté et diversité conformes au type, haute qualité des espèces

Dans la hiérarchie des objectifs, outre le bon état écologique des macrophytes, les paramètres les plus importants pour l'évaluation des tronçons de cours d'eau sont la communauté conforme 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 diversité conforme au type.

L'agrégation des bonus des deux paramètres : Communauté conforme au type (typ_Gem) et Espèces de grande qualité (ho_Q-Art) est bien visible au niveau du noeud du bon état écologique : ici, une évaluation plus mauvaise pour ho_Q-Art ne modifie donc pas l'évaluation donnée par la Communauté conforme au type (Tableau 6). En revanche, dans le cas d'une évaluation ho_Q-Art est supérieure à celle de typ_Gem, le bon état écologique (g_ökol_Zust) est amélioré par l'agrégation.

Tableau 6: Bon état écologique, Communauté conforme au type, Haute qualité des espèces et Diversité conforme au type dans les stations étudiées. Classe d'évaluation de l'état : **Bleu : très bon**, **vert : bon**, **jaune : moyen**, **orange : médiocre**, **rouge : mauvais**.

ID	Cours d'eau	g_ökol_Zust	typ_Gem	ho_Q_Art	typ_Div
CH_009_SO	Limpach	0.66	0.66	0.43	0.74
CH_020_VD	Venoge			0.30	
CH_022_VD	Broye	0.29	0.28	0.30	0.41
CH_023_SG	Steinach	0.32	0.32	0.19	0.58
CH_027_SG	Necker	0.75	0.72	0.27	1.00
CH_034_AG	Bünz	0.68	0.68	0.20	0.76
CH_035_AG	Surb	0.27	0.27	0.17	0.17
CH_036_AG	Sissle	0.41	0.24	0.20	0.43
CH_039_AG	Suhre	0.49	0.46	0.30	0.48
CH_044_ZH	Glatt	0.61	0.61	0.59	0.77
CH_045_ZH	Aabach	0.37	0.35	0.39	0.46
CH_046_ZH	Aa			0.32	
CH_049_ZH	Furtbach	0.49	0.49	0.38	0.71
CH_054_FR	Sionge	0.74	0.74	0.23	0.88
CH_058_BE	Chise	0.51	0.50	0.30	0.55
CH_059_BE	Gürbe	0.37	0.37	0.36	0.53
CH_062_BE	Urtenen	0.41	0.41	0.41	0.45
CH_065_ZH	Sihl	0.91	0.91	0.26	1.00
CH_068_JU	Sorne			0.40	
CH_069_JU	Scheulte	0.42	0.32	0.19	0.55
CH_071_TG	Lauche			0.18	
CH_072_TG	Chemmenenbach	0.57	0.57	0.19	0.65
CH_075_ZG	Lorze	0.72	0.72	0.69	0.89

ID	Cours d'eau	g_ökol_Zust	typ_Gem	ho_Q_Art	typ_Div
CH_084_JU	Allaine	0.26	0.25	0.27	0.25
CH_119_NE	Seyon	0.34	0.34	0.00	0.17
CH_127_VD	Talent	0.46	0.46	0.34	0.47
CH_130_VD	Aubonne	0.84	0.83	0.85	0.95
CH_134_BE	La Birse	0.23	0.15	0.30	0.31
CH_136_AG	Küntenenbach	0.69	0.69	0.19	0.97
CH_137_AG	Möhlinbach	0.73	0.73	0.59	0.98
CH_138_BE	Chrümlisbach			0.19	
CH_139_BE	Ballmoosbach	0.63	0.63	0.24	0.78
CH_140_FR	Balnoz	0.74	0.74	0.17	0.65
CH_143_SG	Zafenbach	0.58	0.58	0.59	0.65
CH_145_SG	Landgraben	0.42	0.24	0.59	0.12
CH_146_SH	Beggingerbach	0.89	0.89	0.20	0.85
CH_149_TI	Vedeggio	0.75	0.75	0.35	0.80
CH_150_VD	Ruisseau Gi	0.35	0.35	0.23	0.24
CH_151_VD	Le Combagnou	0.33	0.33	0.00	0.10
CH_152_VS	Canal d'Uvrier	0.79	0.79	0.24	0.95
CH_154_LU	Ron	0.69	0.69	0.25	0.77

Certains tronçons obtiennent une meilleure évaluation pour le paramètre diversité conforme au type (typ_Div) que si l'on considère l'état écologique global ou la Communauté conforme au type (typ_Gem). Le site CH_049_ZH est particulièrement concerné, en effet, le paramètre diversité conforme au type (typ_Div) est évalué deux classes d'évaluation supérieure (Tableau 6). Pour 13 stations, la diversité conforme au type (typ_Div) est évaluée une classe de plus que le bon état écologique. A l'inverse, 4 stations présentent une évaluation de la diversité conforme au type inférieure d'au moins une classe par rapport à l'évaluation globale.

Communauté et diversité conforme au site, haute qualité des espèces et recouvrement conforme au type

La communauté conforme au site ne varie que faiblement entre les différents types (Figure 10). Son évaluation globale présente une image comparable à celle de l'évaluation de l'état écologique, mais la dispersion est nettement plus grande : la moyenne des cours d'eau à hélophytes se situe entre une classe d'état « moyen » et « bon », tandis que les cours d'eau à submergées se trouvent dans une classe d'état « moyen ». La valeur moyenne pour les cours d'eau de transition hélophytes-bryophytes se situe dans la classe d'état « insatisfaisant » et pour les cours d'eau à bryophytes dans la classe d'état « bon ».

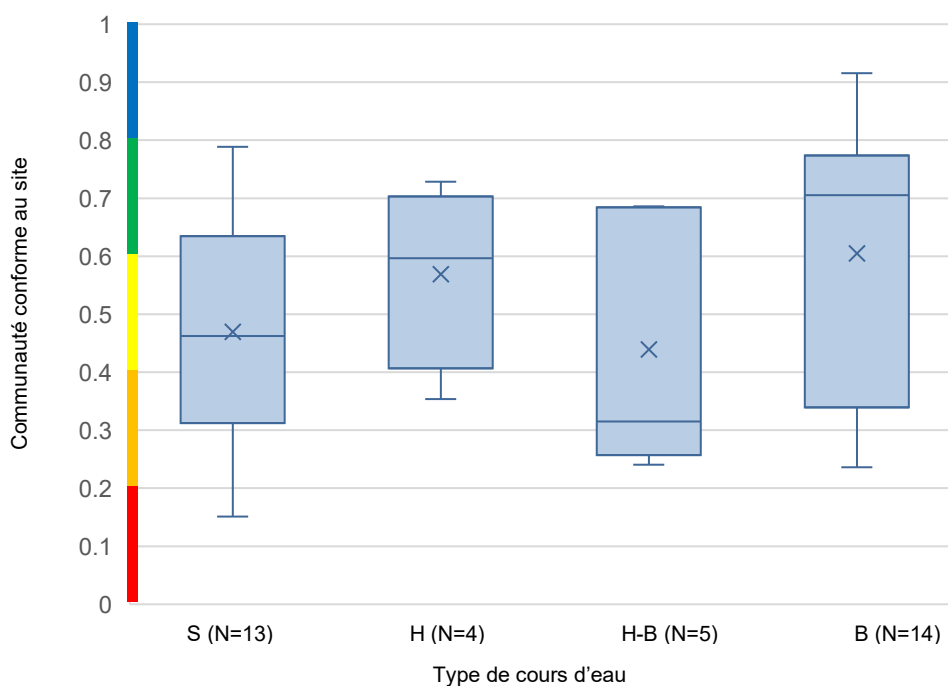


Figure 10: Communauté conforme au site et types de cours d'eau des stations étudiées. S : à submergées (N=13), H : à hélophytes (N=4), H-M : type de transition à hélophytes et bryophytes (N=5), B : à Bryophytes (N=14) ; Classes d'état : 0.00-0.19 : mauvais, 0.20-0.39 : médiocre, 0.40-0.59 : moyen, 0.60-0.79 : bon, 0.80-1.00 : très bon.

Les résultats sur la diversité conforme au site montrent en général un meilleur état que ceux de la communauté conforme au site (Figure 11). Les moyennes se situent toutes entre les classes « moyen » et « bon ». La dispersion des valeurs est toutefois importante.

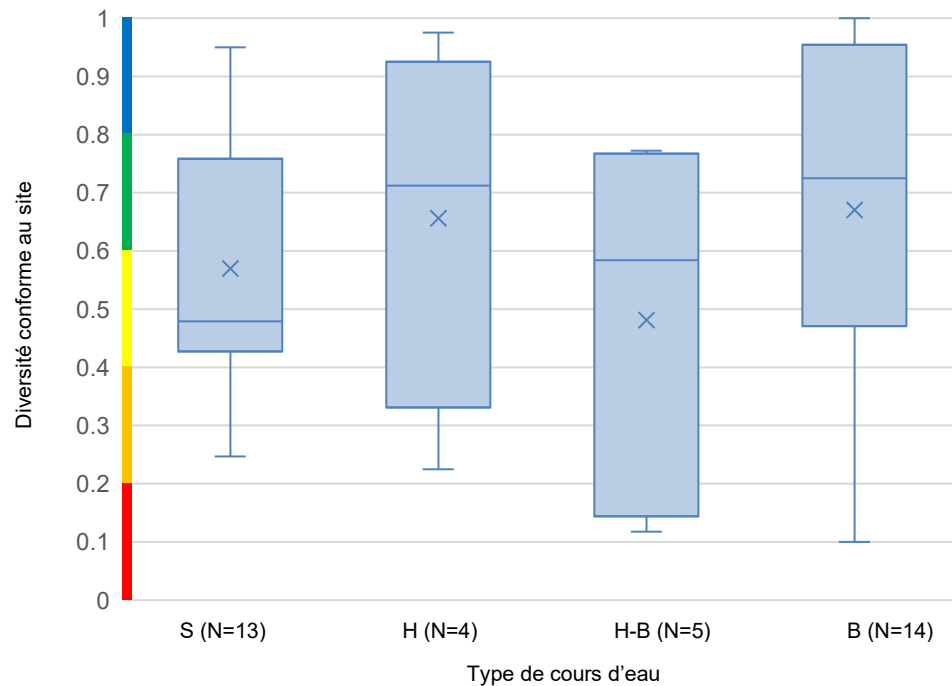


Figure 11: Diversité conforme au site et types de cours d'eau des stations étudiées. S : à submergées (N=13), H : à hélophytes (N=4), H-M : type de transition à hélophytes et bryophytes (N=5), B : à Bryophytes (N=14) ; Classes d'état : 0.00-0.19 : mauvais, 0.20-0.39 : médiocre, 0.40-0.59 : moyen, 0.60-0.79 : bon, 0.80-1.00 : très bon.

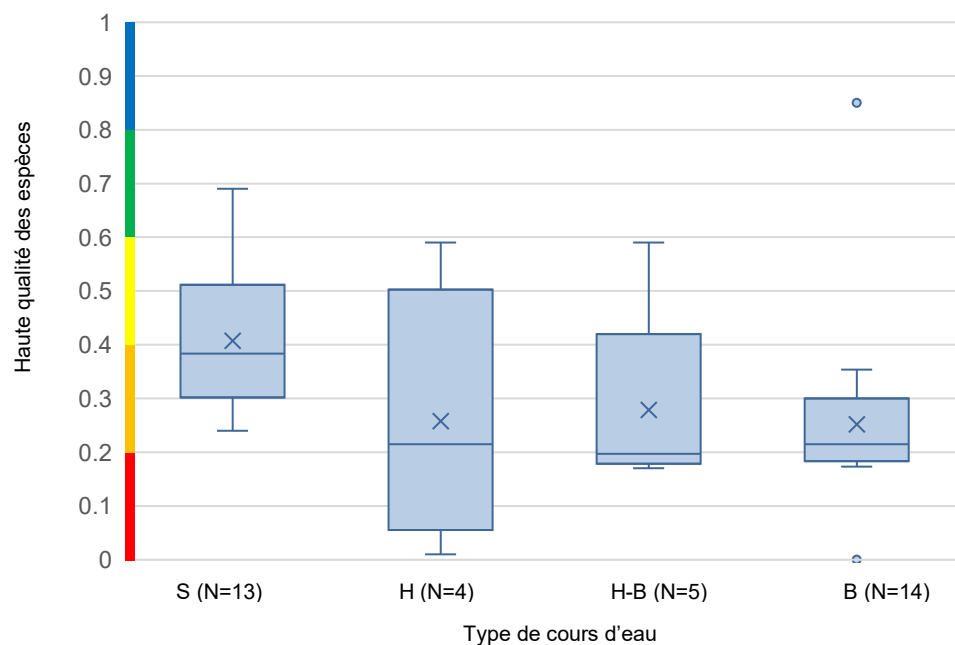


Figure 12 : Haute qualité des espèces et types de cours d'eau des stations étudiées. S : à submergées (N=13), H : à hélophytes (N=4), H-M : type de transition à hélophytes et bryophytes (N=5), B : à Bryophytes (N=14) ; Classes d'état : 0.00-0.19 : mauvais, 0.20-0.39 : médiocre, 0.40-0.59 : moyen, 0.60-0.79 : bon, 0.80-1.00 : très bon.

En raison d'une faible présence d'espèces Liste Rouge ou prioritaires sur les stations étudiées, les évaluations du sous-paramètre haute qualité des espèces sont relativement médiocres (Figure 12).

3.2

Comparaison avec les résultats de 2012, 2015 et 2019

Une comparaison des états écologiques entre les campagnes 2012 (Roth 2013), 2015 (Roth & Müller 2017) et 2019 (Küry et Mulattieri, 2021) met en évidence qu'après un recul en 2019, la proportion des sites appartenant aux classes d'état « bon » et « très bon » (respectant les exigences de l'ordonnance sur la protection des eaux) a, de nouveau, augmenté en 2023 et se situe à un niveau similaire par rapport à 2012 et 2015, soit 33% (N=21, Figure 13). Simultanément, la proportion de sites avec un état évalué de « médiocre » ou « mauvais » a de nouveau augmenté entre 2019 et 2023, passant de 10 à 33%, bien qu'aucun site n'ait été évalué comme « mauvais ».

Le nombre de stations présentant un état écologique, basé sur l'évaluations des macrophytes, « moyen » n'ont cessé d'augmenter jusqu'en 2019, passant de 33% en 2012 à 61% en 2019. Ce pourcentage a nettement diminué en 2023 et se situe à nouveau au même niveau que celui de 2012, soit 33%.

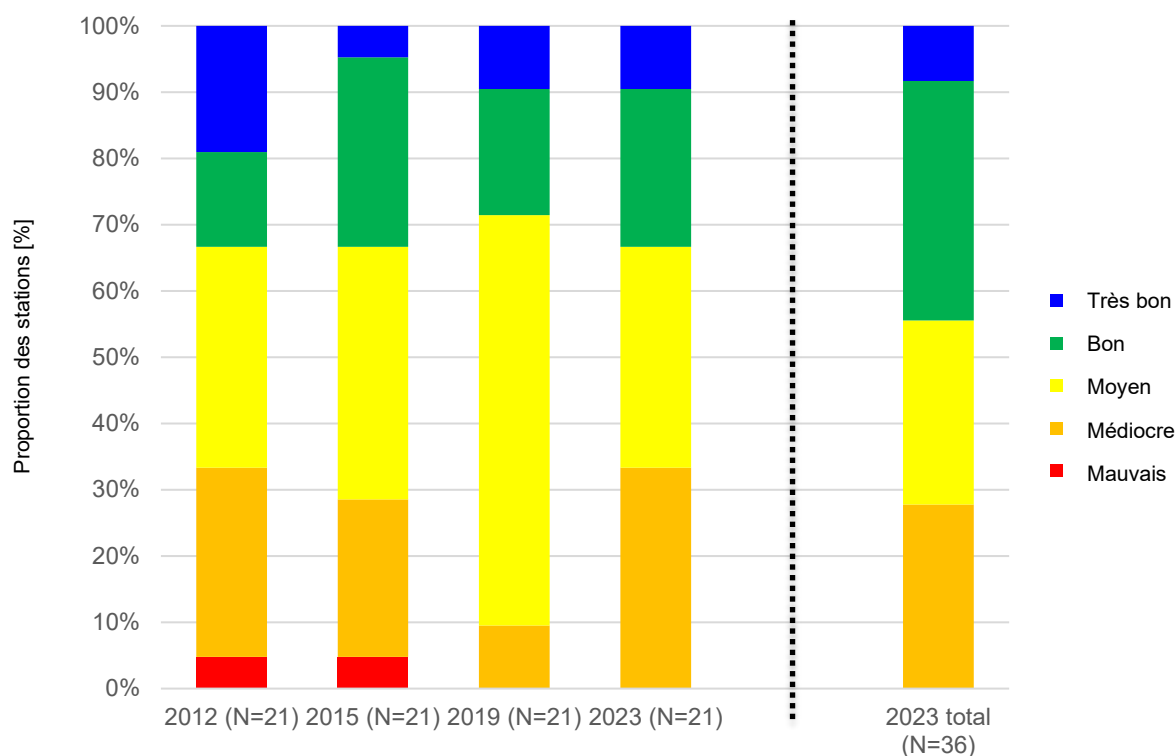


Figure 13 : Comparaison de la proportion des cinq classes d'état écologique pour les 21 sites analysés en 2012, 2015, 2019 et 2023. Colonne "2023 total" : tous les sites étudiés (N=36).

Les détails des comparaisons pour les évaluations de la période 2012-2023 figurent en annexe C.

3.3 Espèce Liste Rouge, espèces nationales prioritaires, néophytes

Neuf espèces figurent sur les listes rouges des plantes vasculaires (Bornand et al., 2016) et des bryophytes de Suisse (Kiebacher et al., 2023) comme espèces potentiellement menacées (NT) ou vulnérables (VU). Cinq de ces espèces figurent également sur la liste des espèces et habitats prioritaires au niveau national (Office fédéral de l'environnement, 2019).

L'Amblystégie fluviale (*Hygroamblystegium fluviale*), potentiellement menacée, n'est présente que sur un seul site du canton de Schaffhouse. Comme en 2019, la Cinclidote aquatique (*Cinclidotus aquaticus*), potentiellement menacée, n'est présente en 2023 qu'en suisse romande (Aubonne).

Selon la Liste Rouge des plantes vasculaires : trois espèces recensées possèdent un statut de menace vulnérable (VU) : *Lysimachia thysiflora* (Lysimaque à fleurs en épis), *Potamogeton nodosus* (Potamot noueux) et *Ranunculus circinatus* (Renoncule en crosse). 4 espèces sont potentiellement menacées (NT) : *Myriophyllum spicatum* (Myriophylle en épi), *Myriophyllum verticillatum* (Myriophylle verticillé), *Ranunculus fluitans* (Renoncule flottante) ainsi que *Sparganium erectum* (Rubanier dressé).

Tableau 7: Liste des espèces menacées de plantes vasculaires et bryophytes (abréviations de la Liste rouge utilisées : CR = au bord de l'extinction ; EN = en danger ; VU = vulnérable ; NT = potentiellement menacé ; niveaux de priorité : 1 = très élevée ; 2 = élevée ; 3 = moyenne ; 4 = modérée)

Taxon	Statuts Liste Rouge	Priorité nationale	Présence sur la station
<i>Cinclidotus aquaticus</i> (Hedw.) Bruch & Schimp.	NT	2	CH_130_VD (Aubonne)
<i>Hygroamblystegium fluviale</i> (Hedw.) Loeske	NT	4	CH_145_SH (Landgraben)
<i>Lysimachia thysiflora</i> L.	VU	4	CH_137_AG (Moehlinbach)
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	NT		CH_009_SO (Limpach) CH_022_VD (Broye) CH_044_ZH (Glatt) CH_045_ZH (Aabach) CH_059_BE (Guerbe) CH_062_BE (Urtenen) CH_127_VD (Talent)
<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	NT		CH_075_ZG (Lorze)
<i>Potamogeton nodosus</i> Poir	VU	4	CH_143_SG (Zapfenbach)
<i>Ranunculus circinatus</i> Sibth.	VU	4	CH_044_ZH (Glatt)
<i>Ranunculus fluitans</i> Lam.	NT		CH_059_BE (Guerbe)
<i>Sparganium erectum</i> L. s.l.	NT		CH_59_BE (Guerbe) CH_062_BE (Urtenen) CH_068_JU (Sorne) CH_137_AG (Moehlinbach) CH_138_BE (Chruemlisbach) CH_139_BE (Ballmoosbach)

Trois taxons de la liste rouge, pourtant cartographiés en 2019, n'ont pas été retrouvés en 2023 : Le Bryum gemmipare (*Bryum gemmiparum*), le butome en ombrelle (*Buto-mus umbellatus*) et la Zannichellie des marais (*Zannichellia palustris*),.

Aucun néophyte présent sur la liste noire de la Suisse (état 2021) n'a été observé sur les stations étudiées.

3.4

Fréquence, évolution et répartition des taxons présents

Dans le cadre de l'étude 2023, 37 taxons de plantes vasculaires ont été retrouvées (Tableau 8). Les deux espèces de plantes vasculaires les plus fréquentes sont : l'alpiste roseau (*Phalaris arundinacea*), avec 27 stations (66 %), et l'agrostide stolonifère (*Agrostis stolonifera*), avec 21 stations (51 %). Sept autres taxons ont été cartographiés dans 6 à 16 stations (15 à 39 %). 23 espèces de plantes vasculaires (72 % de toutes les espèces) ont été observées dans cinq stations ou moins (< 12 %).

Parmi les bryophytes, 14 espèces ont été identifiées au total. Les deux espèces les plus fréquentes sont : la Fontinale commune (*Fontinalis antipyretica* Hedw.) présente sur 25 stations (61 %) et l'Amblystégie des rivages (*Leptodictyum riparium* (Hedw.) Warnst. (= *Amblystegium riparium*) retrouvée sur 17 stations (41 %). La Longbec des rives (*Rhynchostegium riparioides* (Hedw.) Cardot) a également été trouvée dans 17 stations (41%). La Fissident à soie épaisse (*Fissidens crassipes* subsp. *crassipes*) a été relevée dans 16 stations (39%). Trois espèces de bryophytes (21%) ont été observées dans 10 à 7 sites (24 - 17%). Sept autres espèces (50 %) ont été observées dans cinq stations au maximum (< 12 %).

Des algues vertes filamenteuses ont été cartographiées dans 31 stations, alors qu'aucune characée n'a été observée.

Les comparaisons de la fréquence des différents taxons au cours des quatre années d'échantillonnage (Tableau 8), met en évidence que *Agrostis stolonifera* et *Phalaris arundinacea* sont constamment les deux plantes vasculaires les plus fréquentes. Pour les bryophytes, les taxons les plus fréquents sont systématiquement *Rhynchostegium riparioides* et *Fontinalis antipyretica*.

La fréquence de *Ph. arundinacea* semble augmenter régulièrement au fil des années.

Par rapport aux années précédentes, les fréquences de : Amblystégie des rivages (*Leptodictyum riparium*), de la Véronique beccabunga (*Veronica beccabunga*), de la Buissonnette des rivières (*Brachythecium rivulare*), de la Fontinale commune (*Fontinalis antipyretica*) et de *Carex* 1/2/3 ont nettement augmentés.

En revanche, une nette diminution de l'abondance est observée pour : la Lunulaire (*Lunularia cruciata*; non retrouvée en 2023), la Canche cespiteuse (*Deschampsia cespitosa*), la Glycérie plissée (*Glyceria notata*; mais avec une augmentation pour l'agrégat *Glyceria fluitans/notata*), la Longbec des rives (*Rhynchostegium riparioides*), le genre *Cinclidotus* (*C. riparius*, *fontinaloides* et *danubicus*) ainsi que la Marchantie protégée (*Marchantia polymorpha*).

Tableau 8 : Liste des plantes vasculaires et bryophytes les plus fréquents, soit avec présence sur au moins 5 stations et comparaisons avec les études antérieures (2012 : 84 stations échantillonnées ; 2015 : 81 stations échantillonnées ; 2019 : 66 stations échantillonnées ; 2023 : 41 stations échantillonnées). *à noter toutefois qu'en raison de l'actualisation de la liste taxonomique opérationnelle réalisée en 2019, la comparaison avec les données de 2012 et 2015 peut présenter quelques incertitudes de compatibilité.

Groupe	Taxon latin	Nom français	Nombre de station			
			2012	2015	2019	2023
Plantes vasculaires	<i>Phalaris arundinacea</i> L.	Alpiste roseau	33	38	42	27
	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	Agrostide stolonifère	30	33	37	21
	<i>Carex</i> sp. 1/2/3	<i>Carex</i> sp. 1/2/3	3	5	7	16
	<i>Veronica beccabunga</i> L.	Véronique beccabunga	11	10	19	15
	<i>Nasturtium</i> sp. oder <i>Cardamine amara</i> L.*	Cresson d'eau ou cardamine amère	15	12	14	11
	<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Br. oder <i>G. notata</i> Chevall.	Glycérie flottante ou glycérie plissée	14	13	7	9
	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud.	Roseau commun	5	9	11	9
	<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Myriophylle en épi	9	8	9	7
	<i>Sparganium erectum</i> L. s.l.	Rubadier dressé	1	2	5	6
	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L. oder <i>catenata</i> Pennell*	Véronique mouron d'eau ou véronique à épis lâches	5	6	12	5
	<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv.	Canche cespiteuse	15	21	11	4
	<i>Callitriche</i> sp.	Étoile d'eau	2	5	4	3
	<i>Iris pseudacorus</i> L.	Iris jaune	5	2	3	2
	<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	Potamot pectiné	6	5	6	2
	<i>Glyceria notata</i> Chevall.	Glycérie plissée	3	6	5	1
	<i>Equisetum palustre</i> L.	Prêle des marais	2	8	2	1
Bryophytes	<i>Scirpus sylvaticus</i> L.	Scirpe des forêts	3	5	0	0
	<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	Fontinale commune	51	49	35	25
	<i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst. (= <i>Amblystegium riparium</i>)	Amblystégie des rivages	28	18	15	17
	<i>Rhynchostegium riparioides</i> (Hedw.) Cardot	Longbec des rives	34	48	40	17
	<i>Fissidens crassipes</i> Bruch & Schimp. subsp. <i>crassipes</i>	Fissident à soie épaisse	23	37	29	16
	<i>Cratoneuron filicinum</i> (Hedw.) Spruce	Cratoneuron crochet	18	17	10	10
	<i>Cinclidotus riparius</i> (Brid.) Arn.	Cinclidote des rives	31	28	17	8
	<i>Hygroamblystegium tenax</i> (Hedw.) Jenn. (= <i>Amblystegium tenax</i>)	Amblystégie tenace	4	8	7	7
	<i>Brachythecium rivulare</i> Schimp.	Buissonnette des rivières	8	3	1	4
	<i>Pellia endiviifolia</i> (Dicks.) Dumort. subsp. <i>endiviifolia</i>	Pellie ramifiée	5	7	7	4
	<i>Cinclidotus fontinaloides</i> (Hedw.) P.Beauv.	Cinclidote des fontaines	5	15	5	2
	<i>Cinclidotus danubicus</i> Schiffn. & Baumgartner	Cinclidote du Danube	6	7	5	2
	<i>Hygrohypnum luridum</i> (Hedw.) Jenn.	Riverine terne	10	14	4	2
	<i>Marchantia polymorpha</i> L.	Marchantie protégée	5	5	7	2
	<i>Hygroamblystegium fluviatile</i> (Hedw.) Loeske (= <i>Amblystegium fluviatile</i>)	Amblystégie fluviatile	5	5	3	1
	<i>Lunularia cruciata</i> (L.) Lindb. subsp. <i>cruciata</i>	Lunulaire	1	4	6	0

Le Tableau 9 présente un aperçu de la présence des taxons fréquents en 2023. Les taxons les plus répandus sont à nouveau : les algues vertes filamenteuses, *Phalaris arundinacea*, *Fontinalis antipyretica*, *Agrostis stolonifera*, *Rhynchosstegium riparioides* et *Leptodictyum riparium*.

Tableau 9 : Taxons les plus fréquents (soit avec présence sur au moins 5 stations) et leur présence dans les 41 stations de mesure (cases en vert).

		Taxons les plus fréquents	Plantes vasculaires										Bryophytes							
			Algue																	
ID		Algues vertes filamenteuses	Agrostis stolonifera	Carex 1	Carex 2	Glyceria fluitans oder notata	Myriophyllum spicatum	Nasturtium sp. oder Cardamine amara	Phalaris arundinacea	Phragmites australis	Sparganium erectum s.l.	Veronica anagallis-aquatica oder catenata	Veronica beccabunga	Cinclidotus riparius	Cratoneuron filicinum	Fissidens crassipes subsp. crassipes	Fontinalis antipyretica	Hygroamblystegium tenax	Leptodictyum riparium	Rhynchostegium riparioides
CH_009_SO	Limbach	1	1	1	1		1	1	1	1			1	1		1	1		1	
CH_020_VD	Venoge	1	1			1			1								1			
CH_022_VD	Broye	1	1				1		1	1							1		1	
CH_023_SG	Steinach	1	1						1							1	1		1	
CH_027_SG	Necker	1	1						1				1	1	1		1	1		1
CH_034_AG	Buenz	1	1					1	1				1			1	1		1	
CH_035_AG	Surb	1							1								1			
CH_036_AG	Sissle	1						1	1						1			1		
CH_039_AG	Suhre	1	1						1					1		1				1
CH_044_ZH	Glatt	1					1		1	1							1		1	1
CH_045_ZH	Aabach	1	1		1		1		1				1			1	1	1		
CH_046_ZH	Aa	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
CH_059_BE	Gürbe		1				1		1	1	1						1		1	
CH_062_BE	Urtenen	1		1	1		1		1		1	1					1			
CH_065_ZH	Sihl	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		1							1				1		1	1
CH_071_TG	Lauche	1	1						1							1	1		1	
CH_072_TG	Chemibach	1	1			1			1				1				1		1	
CH_075_ZG	Lorze	1	1		1				1	1							1			
CH_084_JU	Allaine	1	1						1								1			
CH_119_NE	Seyon	1														1				1
CH_127_VD	Talent	1				1	1		1	1			1				1			
CH_130_VD	Aubonne	1												1		1	1		1	1
CH_134_BE	Birse	1	1			1			1					1	1					
CH_136_AG	Küntenerbach	1	1					1							1	1				1
CH_137_AG	Moehlinbach	1	1	1	1	1			1		1		1		1	1				
CH_138_BE	Chruemlisbach			1					1		1									
CH_139_BE	Ballmoosbach			1					1		1		1							
CH_140_FR	Bainoz														1					1
CH_143_SG	Zapfenbach							1	1	1			1							

Taxons les plus fréquents		Algue	Plantes vasculaires											Bryophytes						
		Algues vertes filamenteuses	<i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Carex 1</i>	<i>Carex 2</i>	<i>Glyceria fluitans</i> oder <i>notata</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Nasturtium</i> sp. oder <i>Cardamine amara</i>	<i>Phalaris arundinacea</i>	<i>Phragmites australis</i>	<i>Sparganium erectum</i> s.l.	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> oder <i>catenata</i>	<i>Veronica beccabunga</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>Rhynchostegium riparioides</i>
ID																				
CH_145_SH	Landgrabe															1			1	
CH_146_SH	Beggingerbach														1		1		1	1
CH_149_TI	Vedeggio	1		1		1		1	1	1							1	1	1	1
CH_150_VD	Ruisseau Gi	1				1							1							
CH_151_VD	Le Combagnou																			1
CH_152_VS	Canal d'Uvrier	1	1	1		1		1		1		1	1							
CH_154_LU	Ron	1	1					1	1				1		1	1	1	1	1	
Nombre de station par taxons (41 stations au total)		31	21	9	6	9	7	11	27	9	6	5	15	8	10	16	25	7	17	17

Carex 1 : grandes cypéracées à stolons et larges feuilles, largeur des feuilles 7-20 mm ; *C. acuta*, *C. acutiformis*, *C. riparia*, *C. versicaria*, *S. sylvaticus*

Carex 2 : grandes cypéracées carénées formant des touffes, largeur des feuilles 5-10 mm ; *C. elata*, *C. pseudocyperus*, *C. vulpina*

4 Discussions

4.1 Discussion méthodologique

La méthode, et en particulier les supports électroniques associés, en font un outil efficace et pertinent pour la typologie des tronçons de cours d'eau et l'évaluation de leur état écologique basé sur des macrophytes. Les avantages par rapport aux autres méthodes du système modulaire gradué sont un coût relativement faible et une longue fenêtre temporelle pour les relevés de terrain. La limite d'application de la méthode, qui est optimale pour les cours d'eau de taille moyenne à courant relativement faible à moyen, constitue toutefois la plus grande restriction.

En raison d'une colonisation estivale, s'étalant sur plusieurs mois, la fenêtre temporelle est relativement longue pour les investigations. Les crues avec un charriage important de matériaux peuvent fortement réduire la densité des macrophytes et impacter ainsi les relevés. Des réflexions devraient donc être menées afin d'évaluer les possibilités de fixer, à l'intérieur de la fenêtre temporelle générale, des dates préférentielles pour les investigations de terrain en fonction des différents types de régime hydrologiques des cours d'eau. Les changements climatiques en cours pourront en effet entraîner des modifications importantes de la saisonnalité des précipitations qui peuvent ainsi avoir un effet restrictif sur les campagnes de relevés.

Dans le cadre du programme NAWA-Trend, la proportion de cours d'eau pauvre en végétation (PV) et des cours d'eau à bryophytes est particulièrement élevée. Ainsi seule une partie relativement faible des cours d'eau suisses peut être évaluée avec le module Macrophytes. La plupart des stations NAWA n'abritent que quelques espèces de plantes vasculaires en raison d'une pente et d'un ombrage peu favorable. Le nombre de stations d'étude est ainsi nettement plus faible que pour les autres modules étudiés.

Les tronçons d'étude des programmes de surveillance tels que NAWA ont été sélectionnés sur la base de critères axés principalement sur la chimie et les teneurs en eaux usées. Ces critères conviennent relativement bien à une sélection de tronçons d'étude pour les méthodes macrozoobenthos, diatomées et poissons. En revanche, bon nombre de ces tronçons ne sont pas adaptés à l'étude des macrophytes. Grâce à l'expérience acquise au cours de trois campagnes d'investigations, il est désormais possible d'évaluer l'adéquation des stations de mesure NAWA actuelles pour les relevés à l'aide du module macrophytes. Sur la base de ces expériences, une formulation des exigences auxquelles doit répondre une sélection d'autres tronçons d'étude pour remplacer les stations pauvres en végétation et les grands cours d'eau peut être réalisée. Pour obtenir un aperçu plus ou moins complet de l'état des cours d'eau suisses en ce qui concerne les macrophytes, il est donc toujours recommandé de remplacer les tronçons de cours d'eau du programme NAWA non propices aux macrophytes par un nombre égal de sites plus favorables pour cette méthode.

4.2

Discussion des résultats

Avec 44 %, moins de la moitié des 36 stations évaluées en 2023 ont satisfait aux exigences de l'ordonnance sur la protection des eaux, alors qu'un peu plus de la moitié des stations (56 %) n'ont pas satisfait à ces exigences. La cause principale semble être un déficit écomorphologique. Le fait que l'utilisation du sol dans le bassin versant n'ait pas eu d'influence est probablement dû à la grande importance des paramètres hydrauliques et structurelles dans la répartition des macrophytes dans les cours d'eau.

Les causes des variations constatées dans les résultats entre 2019 et 2023 soit : la diminution des stations de qualité moyenne et l'augmentation des stations de qualité médiocres, sont inconnues à ce stade. Puisque les résultats de l'état actuel présentent une répartition des classes de qualité biologique similaires à celles de 2012 et 2015, il semble toutefois que la situation soit assez stable. Des analyses détaillées des causes potentielles et une synthèse combinée des résultats des autres modules NAWA permettraient de vérifier et d'approfondir ces tendances.

La tendance constatée d'une amélioration de la qualité biologique des cours à bryophytes par rapport aux autres types de végétation ne peut pas être validée par les seules investigations sur les macrophytes. Une des raisons pourrait vraisemblablement être méthodologique puisque l'évaluation des cours d'eau à bryophytes se base sur un autre schéma d'évaluation que celui des autres types de végétation.

Les évaluations selon le module Macrophytes ne permettent pas à elles seules d'expliquer pourquoi, contrairement à 2019, ce ne sont plus les types de cours d'eau à submergées, mais ceux à hélophytes qui affichent une tendance une amélioration de leur état écologique. D'une manière générale, la faible évaluation du paramètre "Haute qualité des espèces" constatée pour tous les types de cours d'eau est due à la quasi-absence d'espèces figurant sur la liste rouge et sur la liste des espèces prioritaires. Le choix des stations d'études peut potentiellement expliquer cette mauvaise évaluation car les stations impactées par une charge polluante ou un ombrage important sont peu propices au développement d'une communauté riche en espèces de macrophytes.

5 Conclusions et recommandations

Nous recommandons de discuter, avec les cantons et les utilisateurs de la méthode, de la problématique de l'ombrage, lors de la sélection des stations pour les futures campagnes NAWA-Trend. En principe, les possibilités suivantes s'offrent aux décideurs :

- Réalisation des investigations du module macrophytes à l'identique ;
- Poursuite des investigations du module macrophytes avec un « léger » déplacement de certaines stations NAWA-Trend vers des tronçons de cours d'eau plus ensoleillés ;
- Compléter les stations actuelles du programme NAWA-Trend macrophytes avec d'autres stations qui, d'une part, sont représentatives de l'état écologique des eaux dans un grand bassin versant et, d'autre part, présentent un potentiel de développement d'une communauté de plantes aquatiques vasculaires diversifiées.

Le module Macrophytes est bon complément aux autres modules du programme NAWA. Sa contribution peut toutefois être nettement améliorée dans le cadre d'une étude future sur la base d'une sélection optimisée des stations d'étude pour les macrophytes.

6 Bibliographie

- BAFU (2013): NAWA – Nationale Beobachtung Oberflächengewässer Qualität. Konzept Fliessgewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1327, 72 Seiten sowie Anhang mit den Messstellenblättern.
- BAFU (2016): Zustand der Schweizer Fliessgewässer. Ergebnisse der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA) 2011–2014. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1620: 87 Seiten.
- BAFU (2019): Liste der Nationalen Prioritären Arten und Lebensräume. In der Schweiz zu fördernde prioritäre Arten und Lebensräume. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1709: 99 S.
- BAFU (2022): Pflichtenheft 00.5013 Biologische Erhebungen NAWA, Bundesamt für Umwelt. Unterlagen der Ausschreibung auf der Plattform SIMAP, 48 S.
- BAFU (Hrsg.) 2022: Gebietsfremde Arten in der Schweiz. Übersicht über die gebietsfremden Arten und ihre Auswirkungen. 1. Aktualisierte Auflage 2022. Erstausgabe 2006. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2220: 62 S.
- Bornand C., Gygax A., Juillerat P., Jutzi M., Möhl A., Rometsch S., Sager L., Santiago H., Eggenberg S. (2016): Rote Liste Gefässpflanzen. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern und Info Flora, Genf. Umwelt-Vollzug Nr. 1621: 178 S.
- Känel B., Michel C., Reichert P. (2018): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Makrophyten - Stufe F (flächendeckend) und Stufe S (systembezogen). Entwurf. Bundesamt für Umwelt, Bern. 119 Seiten. https://modul-stufen-konzept.ch/wp-content/uploads/2020/12/Methodenhandbuch_MSK_Makrophyten_1_1_final.pdf
- Kiebacher Th., Meier M., Steffen J., Bergamini A., Schnyder N., Hofmann H. (2023): Rote Liste der Moose. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt und Swissbryophytes, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 2309: 97 S.
- Küry D. und Mulattieri P. (2021): NAWA TREND Biologie Fachbericht Makrophyten (Untersuchungen 2019). 3. Kampagne. Im Auftrag des BAFU.
- Roth E. (2013): NAWA TREND Biologie 2011 – 2013, Teil Makrophyten. Expertenbericht im Auftrag des BAFU
- Roth E. & Müller N. (2017): NAWA TREND Biologie 2. Kampagne (2015), Fachbericht Makrophyten, Expertenbericht im Auftrag des BAFU

Annexes

Annexe A Assurance qualité

Une assurance qualité a accompagné l'ensemble des phases du projet (OFEV 2022). En effet, elle a commencé avec l'étape de préparation, s'est poursuivie durant les relevés de terrain et la saisie des données. Le contrôle de vraisemblance a été la dernière étape de l'assurance qualité puisqu'il a permis de réaliser l'évaluation finale des résultats.

Lors de l'étape de préparation, une documentation précise des stations a été mise à disposition en présentant notamment un extrait de carte, les données de débit et la pente extraite de données SIG ou des données des stations hydrologiques. Dans la mesure du possible, les valeurs moyennes à long terme des mesures hydrologiques ont été mises à disposition. En absence de telles données, les données SIG de l'OFEV, qui reposent sur des modélisations ont été mises à disposition. Les collaborateurs de terrain ont été priés de vérifier, sur le terrain, l'ensemble de ces données disponibles (contrôle de la vraisemblance des données de base).

Atelier d'assurance qualité

Le 31 mai 2023, juste avant le début de la fenêtre temporelle de la campagne de terrain, un atelier d'assurance qualité (AQ) a été organisé à Hochdorf (LU). Les différentes étapes des investigations et de la saisie des résultats y ont été discutées en détail. La participation active de Barbara Känel, qui a joué un rôle déterminant dans le développement de la méthode et qui a apporté sa longue expérience des études sur les macrophytes dans le canton de Zurich, a été très utile. Après une partie théorique le matin, les détails des travaux de terrain ont également été discutés et immédiatement mis en pratique sur un cours d'eau à proximité.

Les collaborateurs(-trices) de terrain dont les tronçons à étudier sont soumis à un régime d'éclusées (en aval de centrales hydroélectriques) ont pris contact au préalable avec les exploitants des installations dans le but de convenir d'une date appropriée pour leur relevé. Les collaborateurs(-trices) de terrain qui ont reçu des tronçons particulièrement profonds ou à courant important ont dû faire appel, par mesure de sécurité, à un accompagnant durant les relevés.

Une hotline téléphonique en français et en allemand était disponible pendant toute la durée des travaux sur le terrain, grâce à laquelle les deux chefs de projet ont pu répondre aux questions et résoudre les éventuels problèmes.

Auswertungstool

Avant le début des investigations, les deux chefs de projet ont testé une nouvelle version révisée de l'application EcoVal. Après vérification, les évaluations ont été effectuées avec la version actualisée de l'application.

Atelier de contrôle de vraisemblance

Un atelier de contrôle de vraisemblance des évaluations s'est déroulé le 22 avril 2024. L'objectif de ce dernier était une détermination correcte des types de tronçons d'étude, qui, selon le calcul de l'outil d'évaluation, peuvent varier fortement. La typification a été réalisée de manière la plus conservative que possible afin d'éviter des écarts importants avec les anciens relevés. Pour les tronçons revitalisés, une adaptation du type de cours d'eau a parfois été nécessaire. De plus, pour certaines stations, après vérification, figuraient des erreurs pour les données de débit consolidé, conduisant à une typologie erronée. Grâce à des contrôles minutieux de toutes les données et à la participation actives des collaborateurs(-trices) de terrain concernés, ces erreurs de typification ont définitivement été corrigées lors de cet atelier.

Annexe B Liste des stations avec date de prospections

AC: Alberto Conelli, AD: Alain Demierre, BK: Barbara Känel, CvK: Corinna von Kürthy,
DK: Daniel Küry, MM: Marion Mertens, PM: Pascal Mulattieri.

Canton	ID	Cours d'eau	Coord X	Coord Y	Colla.	Juin	Juil.	Août	Sep / Oct
SO	9	Limpach	2605991	1220872	CvK				08.09.23
VD	20	Venoge	2532024	1154048	PM		05.07.23		
VD	22	Broye	2566185	1191947	AD		25.07.23		
SG	23	Steinach	2750755	1262628	DK			15.08.23	
SG	27	Necker	2724298	1250473	DK			15.08.23	
AG	34	Bünz	2656423	1251258	CvK			15.08.23	
AG	35	Surb	2662285	1268508	MM				02.10.23
AG	36	Sissle	2641431	1266032	MM				02.10.23
AG	39	Suhre	2648694	1247568	CvK			15.08.23	
ZH	44	Glatt	2691151	1248355	BK	19.06.23			
ZH	45	Aabach	2696927	1240805	BK	19.06.23			
ZH	46	Aa	2694937	1244957	BK	19.06.23			
ZH	49	Furtbach	2671499	1255843	BK	12.06.23			
FR	54	Sionge	2572350	1167640	AD		25.07.23		
BE	58	Chise	2613800	1188940	AD		25.07.23		
BE	59	Gürbe	2603555	1196625	AD		24.07.23		
BE	62	Urtenen	2606959	1217379	CvK				08.09.23
ZH	65	Sihl	2693159	1225357	BK	06.06.23			
JU	68	Sorne	2593577	1246286	PM		10.07.23		
JU	69	Scheulte	2599485	1244150	PM		10.07.23		
TG	71	Lauche	2712330	1264343	DK			15.08.23	
TG	72	Chemibach	2721588	1273116	DK			15.08.23	
ZG	75	Lorze	2674514	1230487	CvK			23.08.23	
JU	84	Allaine	2567900	1261300	PM		10.07.23		
NE	119	Seyon	2559534	1207117	PM		10.07.23		
VD	127	Talent	2532670	1173050	PM		05.07.23		
VD	130	Aubonne	2520733	1147424	PM		05.07.23		
BE	134	La Birse	2596389	1240411	PM		10.07.23		
AG	136	Küntener- bach	2666969	1248640	CvK				07.09.23
AG	137	Möhlinbach	2632625	1265715	CvK				07.09.23
BE	138	Chrümlis- bach	2605418	1219113	AD		24.07.23		
BE	139	Ballmoos- bach	2603217	1210481	AD		24.07.23		
FR	140	Bainoz	2552609	1184082	AD		25.07.23		
SG	143	Zapfenbach	2764797	1250888	DK			15.08.23	

Can-ton	ID	Cours d'eau	Coord X	Coord Y	Colla.	Juin	Juil.	Août	Sep / Oct
SH	145	Landgrabe	2674872	1279823	MM				02.10.23
SH	146	Begginger-bach	2681332	1291090	MM				02.10.23
TI	149	Vedeggio	2714110	1095679	AC				04.09.23
VD	150	Ruisseau Gi	2545151	1181272	AD		25.07.23		
VD	151	Le Comba-gnou	2522957	1158668	PM		05.07.23		
VS	152	Canal D'U-vrier	2597501	1121662	PM		26.07.23		
LU	154	Ron	2664000	1224173	CvK			23.08.23	

Annexe C Copie du masque de saisie de terrain pour les paramètres stationnels et les taxons de macrophytes

Fiche de relevé Macrophytes

version 20200519

Code de la station:		Site:		Date:	
Cours d'eau:		Canton:		Opérateur terrain:	
Projet:		N° photos:		Photo 1:	
Coordonnées X:		Coordonnées Y:		Altitude:	
				Longueur (m):	

Largeur	
Lit:	m
Lit mouillé:	m
Variabilité:	<input type="radio"/> saisie impossible <input type="radio"/> prononcée <input type="radio"/> limitée <input type="radio"/> nulle/très limitée

Pente	
Valeur SIG:	%
Source SIG:	
Estimation terrain:	%
Consolidée:	%
Consolidée (Source):	

Débit	
	moyenne moy. Journ.
Mesure hydrologique:	I/s I/s
N° de la station:	
Station location:	<input type="radio"/> inconnu <input type="radio"/> dans le tronçon <input type="radio"/> à proximité - point de comparaison
Valeur SIG:	I/s
Source SIG:	
Estimation terrain:	I/s
Consolidée:	I/s
Consolidée (Source):	

Profondeur	
Moyenne jour relevé:	m
Maximum jour relevé:	m
Par niveau moyen:	m
Variabilité:	<input type="radio"/> saisie impossible <input type="radio"/> prononcée <input type="radio"/> limitée <input type="radio"/> nulle/très limitée

Ombrage	
Estimation terrain:	%

Courant	
	m/s Part
Écoulement moyen sur le terrain:	
Presque pas, ou courant inverse:	<0.03 %
Très lent:	0.03-0.1 %
Lent, eau presque lisse:	0.1-0.3 %
Rapide, peu turbulent:	0.3-1 %
Très rapide, turbulent:	>1 %

Stabilité du substrat	
Stabilité du substrat:	<input type="radio"/> saisie impossible <input type="radio"/> très stable <input type="radio"/> stable <input type="radio"/> instable

Substrat	cm	Part
Blocs/rochers	>40	%
Grosses pierres	20-40	%
Galets	6.3-20	%
Gravier grossier	2-6.3	%
Gravier fin-moyen	0.2-2	%
Sable	0.063-0.2	%
Limon/argile	<0.063	%
Vase		%
Humus/tourbe		%
Substrat artificiels		%

Aménagement du fond du lit		
Degré d'aménagement	Type d'aménagement/matériau	
saisie impossible	<input type="radio"/> saisie impossible	<input type="radio"/>
fond totalement naturel (0%)	<input type="radio"/> pierres naturelles	<input type="radio"/>
localisés/pontuels (<10%)	<input type="radio"/> bois	<input type="radio"/>
modérés (10-30%)	<input type="radio"/> briques perforées en béton	<input type="radio"/>
importants (30-60%)	<input type="radio"/> imperméable (béton)	<input type="radio"/>
prépondérants (>60%)	<input type="radio"/> autre/étanche	<input type="radio"/>
fond totalement (100%)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Renforcement du pied de berge					
Degré d'aménagement	gauche	droite	Type d'aménagement/matériau	gauche	droite
saisie impossible	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	saisie impossible	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
fond totalement naturel (0%)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	matériau végétal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
localisés/pontuels (< 10 %)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	pierres naturelles lâches	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
modérés (10-30 %)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Bois	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
importants (30-60 %)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Briques perforées en béton	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
prépondérants (> 60 %)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Pierres naturelles, étanches	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
fond totalement (100 %)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
			autre/imperméable	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Rives		gauche	droite
Largeur [m]:			
Type dominant par rive			
saisie impossible	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Roselière/marais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Forêt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
arbres/buissons + prairie ext	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
mégaphorbiée uniforme	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
prairie extensive non boisée (<25%)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Plantation linéaire de ligneux	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
sans végétation/artificielle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Gravier/galets/rochers	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Autre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Milieu environnant		
Occupation dominante par rive	gauche	droite
saisie impossible	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Forêt mixte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Forêt de résineux (> 75 % rés)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Forêt de feuillus (> 75 % feuillus)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prairie grasse/champ/pâturage	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prairie maigre/mégaphorbiée	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Roselière/marais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zones alluviales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zone habitée	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Autre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Aspect général	
Colmatage:	<input type="radio"/> saisie impossible <input type="radio"/> aucun <input type="radio"/> faible à moyen <input type="radio"/> fort
Turbidité:	<input type="radio"/> saisie impossible <input type="radio"/> aucun <input type="radio"/> faible à moyen <input type="radio"/> fort
Remarques:	

Utilisation du sol dans le bassin versant	
Forêt:	%
Urbain:	%
Agriculture:	%

Typologie des cours d'eau suisses	
Code du type de cours d'eau:	«nicht gewählt»
Typologie des cours d'eau:	«nicht gewählt»

Ordre hydrographique / régime d'écoulement	
Numéro d'ordre:	
Type de régime:	

version 20200519

Code de la station:		Site:		Date:	
Cours d'eau:		Canton:		Opérateur terrain:	
Projet:		N° photos:		Photo 1:	
Coordonnées X:		Coordonnées Y:		Altitude:	
				Longueur (m):	

Recouvrement total:		%	Pourcentage du substrat non recouvert:		%
---------------------	--	---	--	--	---

[illegible]

Cours d'eau parcourable en cuissards:	<input type="radio"/> oui <input type="radio"/> non		
Cartographié depuis les deux rives:	<input type="radio"/> pas applicable <input type="radio"/> oui <input type="radio"/> non	Cartographié depuis la rive:	<input type="radio"/> pas applicable <input type="radio"/> gauche <input type="radio"/> droite
Des indices laissent-ils supposer que le site a été fauché, fauchardé ou curé récemment - fond du lit:	<input type="radio"/> oui <input type="radio"/> non	- berge:	<input type="radio"/> oui <input type="radio"/> non
Des néophytes terrestres sont-elles observées dans la zone riveraine - gauche:	<input type="radio"/> saisie impossible <input type="radio"/> oui <input type="radio"/> non <input type="radio"/> sporadiquement <input type="radio"/> fréquemment <input type="radio"/> en masse	- droite:	<input type="radio"/> saisie impossible <input type="radio"/> oui <input type="radio"/> non <input type="radio"/> sporadiquement <input type="radio"/> fréquemment <input type="radio"/> en masse

Commentaires

(Barrage ou tronçon à débit résiduel, émissaire de lac à proximité, déversement marquant, développement d'organismes hétérotrophes, enherbement, météo, accessibilité du site, espèces particulières, etc.)

Annexe D Comparaisons des évaluations selon module macrophytes pour 2012-2015-2019

Classe d'évaluation de l'état : **Bleu : très bon**, **vert : bon**, **jaune : moyen**, **orange : médiocre**, **rouge : mauvais**

ID	Cours d'eau	Ct		2012		2015		2019		2023
CH_007_BE	Emme	BE	A		A		A			
CH_009_SO	Limpach	SO	MS	0.74	MS	0.63	MS	0.43	MS	0.64
CH_014_LU	Reuss	LU	A		A		A			
CH_020_VD	Venoge	VD	MH-MB	0.71	MH-MB	0.77	PV		PV	-
CH_021_VD	Thièle	VD	A		A		A			
CH_022_VD	Broye	VD	TGS	0.55	TGS	0.57	TGS	0.56	TGS	0.29
CH_023_SG	Steinach	SG	MH-MB	0.27	MH-MB	0.27	MH-MB	0.24	MH-MB	0.32
CH_027_SG	Necker	SG	TGB	0.98	TGB	0.98	TGB	0.93	TGB	0.75
CH_034_AG	Bünz	AG	MH-MB	0.46	MH-MB	0.53	MH-MB	0.67	MH-MB	0.68
CH_035_AG	Surb	AG	MS	0.19	MH-MB	0.46	MM	0.51	MH-MB	0.27
CH_036_AG	Sissle	AG	GB	0.53	GB	0.59	GB	0.5	GB	0.41
CH_039_AG	Suhre	AG	TGB	0.3	TGB	0.64	TGB	0.73	TGB	0.49
CH_040_ZH	Limmat	ZH	A		A		A			
CH_044_ZH	Glatt	ZH	TGS	0.31	TGS	0.29	TGS	0.6	TGS	0.61
CH_045_ZH	Aabach	ZH	MS	0.32	MS	0.38	GS	0.42	GS	0.37
CH_046_ZH	Aa	ZH	PV		PV		GB	0.6	PV	-
CH_047_ZH	Reppisch	ZH	PV		PV		PV			
CH_049_ZH	Furtbach	ZH	MS	0.53	MS	0.55	MS	0.49	MS	0.49
CH_054_FR	Sionge	FR	GB	0.88	GB	0.8	GB	0.69	MB	0.74
CH_058_BE	Chise	BE	MB	0.47	MB	0.45	MB	0.44	GB	0.51
CH_059_BE	Gürbe	BE	TGS	0.61	TGS	0.51	TGS	0.51	TGS	0.37
CH_062_BE	Urtenen	BE	MS-MH	0.35	MS-MH	0.27	MS-MH	0.43	GS	0.41
CH_065_ZH	Sihl	ZH	TGB	1	TGB	0.95	TGB	0.95	TGB	0.92
CH_067_BL	Ergolz	BL	PV		PV		PV			
CH_068_JU	Sorne	JU	TGB	0.91	TGB	0.74	TGS	0.38	PV	-
CH_069_JU	Scheulte	JU	GB	0.75	GB	0.74	PV		GB	0.42
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	PV	-
CH_072_TG	Chemmenenbach	TG	MH	0.4	MH	0.4	MH	0.34	MH	0.57
CH_074_NW	Engelbergeraa	N W	A		A		A			
CH_075_ZG	Lorze	ZG	TGS	0.55	TGS	0.43	PV		TGS	0.72
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		GS	0.26
CH_085_NE	Areuse	NE	A		A		A			

ID	Cours d'eau	Ct		2012		2015		2019		2023
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	MB	0.34
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	GS	0.46
CH_128_VD	Promenthouse	VD	PV		PV		PV			
CH_130_VD	Aubonne	VD	TGB	0.81	TGB	0.74	TGB	0.78	TGB	0.84
CH_133_BE	Simme	BE	A		A		A			
CH_134_BE	La Birse	BE	TGB	0.71	TGB	0.78	TGB	0.56	TGS	0.23
CH_136_AG	Küntenenbach	AG					PB	0.92	PB	0.69
CH_137_AG	Möhlinbach	AG					MH-MB	0.43	MH	0.73
CH_138_BE	Chrümlisbach	BE					PH	0.45	PV	-
CH_139_BE	Ballmoosbach	BE					PH	0.74	PH	0.63
CH_140_FR	Balnoz	FR					PB	0.74	PB	0.74
CH_141_JU	Everatte	JU					PV			
CH_143_SG	Zafenbach	SG					PH-PB	0.46	PS	0.58
CH_144_SG	Mittlerer See-graben	SG					PV			
CH_145_SH	Landgrabe	SH					MH	0.32	MH-MB	0.41
CH_146_SH	Beggingerbach	SH					PB	0.54	PB	0.88
CH_147_TG	Eschlisbach	TG					PV			
CH_148_TG	Salmsacher Aach	TG					PV			
CH_149_TI	Vedeggio	TI					TGB	0.78	TGB	0.75
CH_150_VD	Ruisseau Gi	VD					PH-PB	0.45	PH	0.35
CH_151_VD	Le Combagnou	VD					PB	0.32	PB	0.33
CH_152_VS	Canal d'Uvrier	VS					PS	0.6	PS	0.79
CH_153_NE	Doubs	NE					TGB	0.54		
CH_154_LU	Ron	LU					MH-MB	0.8	MH-MB	0.69

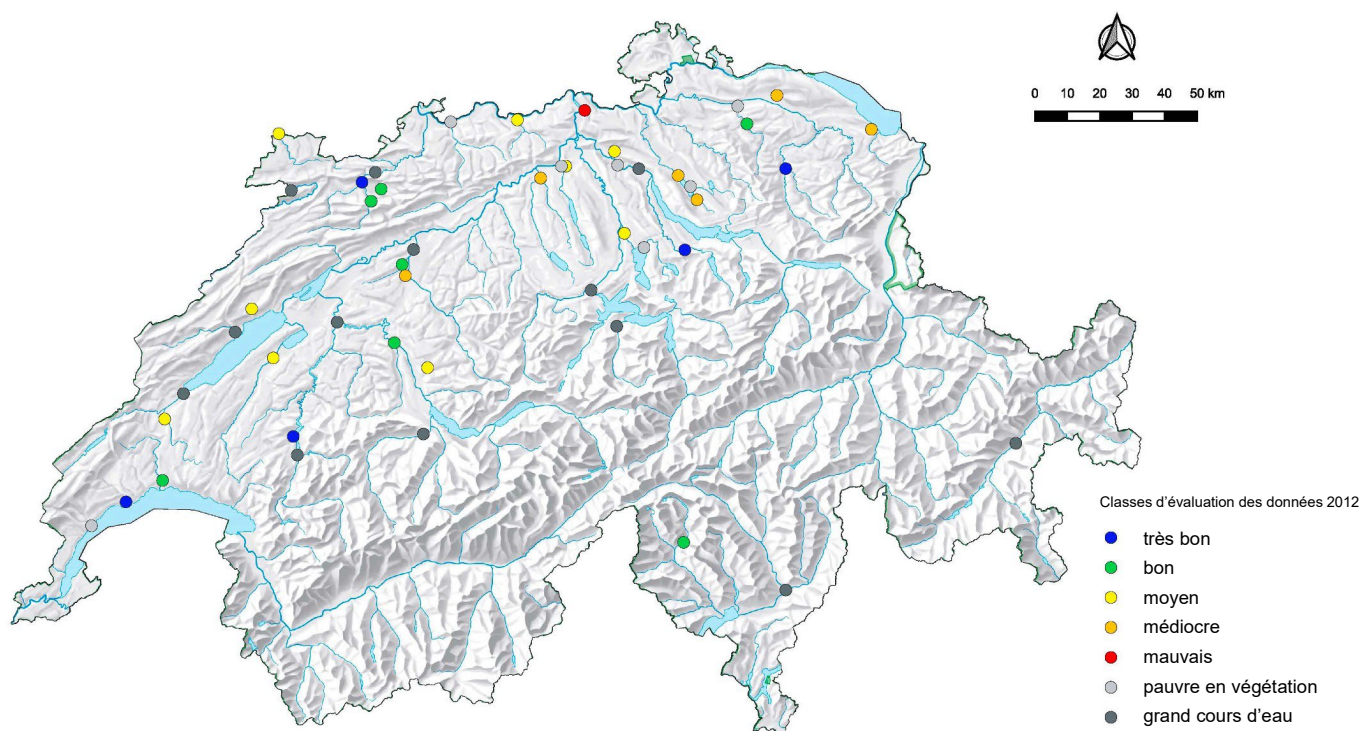


Abb. AC1 : Evaluations des stations du programme NAWA-Trend macrophytes de 2012.

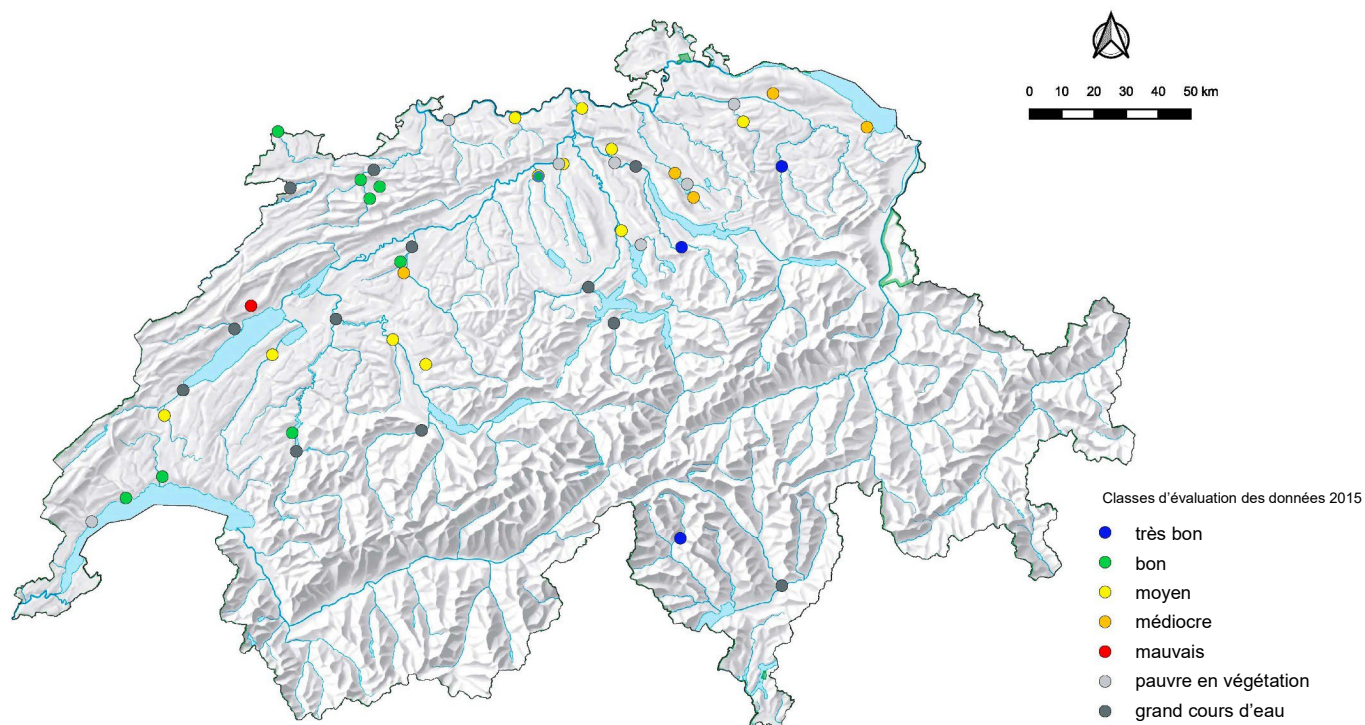


Abb. AC2 : Evaluations des stations du programme NAWA-Trend macrophytes de 2015.

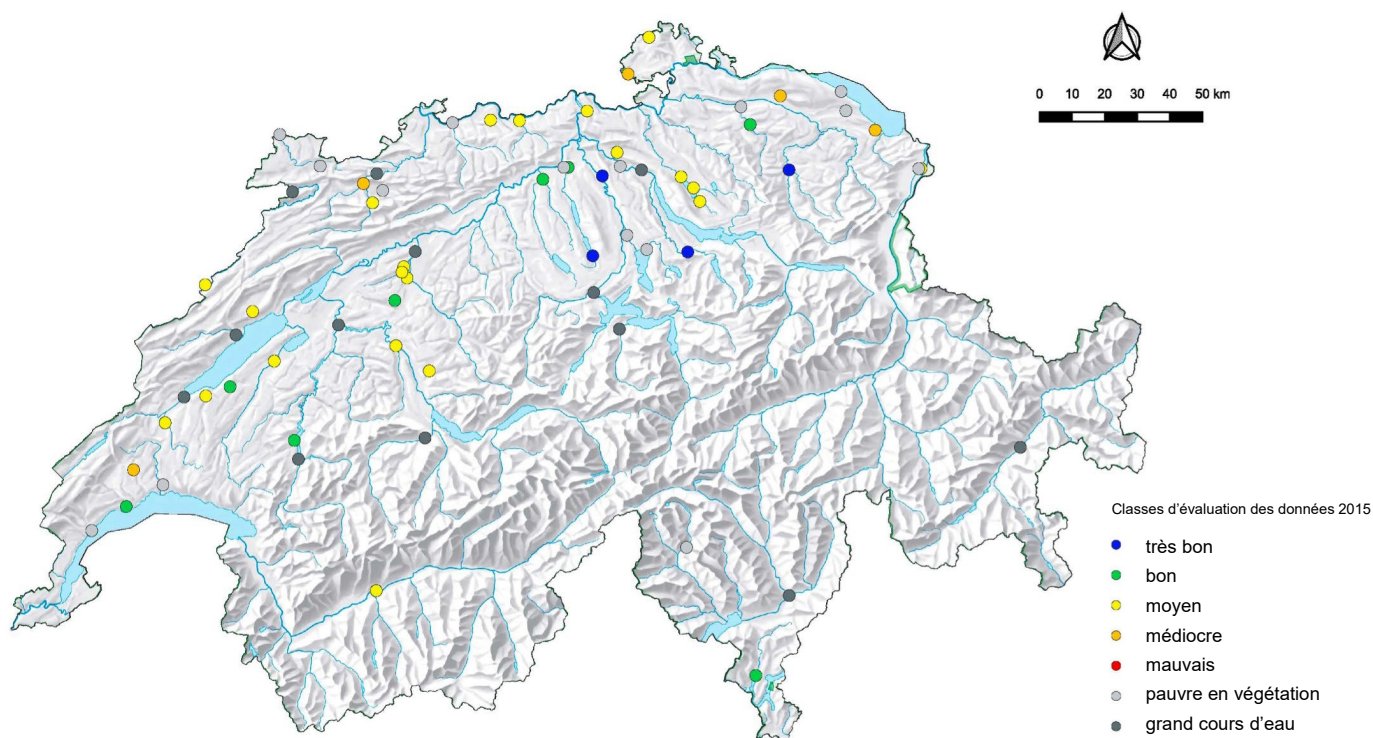


Abb. AC3 : Evaluations des stations du programme NAWA-Trend macrophytes de 2019.

Annexe E : Liste taxonomique et fréquences d'observation

Groupe taxonomique	Espèce	Nombre de station	Statut LR	Priorité	Néo-phyte
Algue	Algues vertes filamenteuses	27			
Plante vasculaire	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	21			
Plante vasculaire	<i>Berula erecta</i> (Huds.) Coville (emers)	4			
Plante vasculaire	<i>Callitriche</i> sp.	3			
Plante vasculaire	<i>Carex acuta</i> L.	1			
Plante vasculaire	<i>Carex acutiformis</i> Ehrh.	1			
Plante vasculaire	<i>Carex elata</i> All.	1			
Plante vasculaire	<i>Carex</i> sp. 1	9			
Plante vasculaire	<i>Carex</i> sp. 2	6			
Plante vasculaire	<i>Carex</i> sp. 3	2			
Plante vasculaire	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	1			
Plante vasculaire	<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv.	4			
Plante vasculaire	<i>Epilobium roseum</i> Schreb.	1			
Plante vasculaire	<i>Equisetum palustre</i> L.	1			
Plante vasculaire	<i>Glyceria notata</i> ChePVII.	1			
Plante vasculaire	<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Br. oder <i>notata</i> ChePVII.	10			
Plante vasculaire	<i>Iris pseudacorus</i> L.	2			
Plante vasculaire	<i>Lysimachia thyrsiflora</i> L.	1	VU	4	
Plante vasculaire	<i>Mentha aquatica</i> L.	2			
Plante vasculaire	<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	7	NT		
Plante vasculaire	<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	1	NT		
Plante vasculaire	<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.	1			
Plante vasculaire	<i>Nasturtium</i> sp. oder <i>Cardamine amara</i> L.	5			
Plante vasculaire	<i>Phalaris arundinacea</i> L.	26			
Plante vasculaire	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud.	8			
Plante vasculaire	<i>Potamogeton crispus</i> L.	1			
Plante vasculaire	<i>Potamogeton nodosus</i> Poir	1	VU	4	
Plante vasculaire	<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	2			
Plante vasculaire	<i>Potamogeton x schreberi</i> G. Fisch. (= <i>P. natans</i> x <i>P. nodosus</i>)	1			
Plante vasculaire	<i>Ranunculus circinatus</i> Sibth.	1	VU	4	
Plante vasculaire	<i>Ranunculus fluitans</i> Lam.	1	NT		
Plante vasculaire	<i>Ranunculus</i> sp.	1			
Plante vasculaire	<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla	1			
Plante vasculaire	<i>Sparganium erectum</i> L. s.l.	6			
Plante vasculaire	<i>Sparganium erectum</i> L. s.l. oder <i>emersum</i> Rehm.	2			
Plante vasculaire	<i>Typha latifolia</i> L.	2			
Plante vasculaire	<i>Veronica beccabunga</i> L.	15			
Plante vasculaire	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L. oder <i>catenata</i> Pennell	5			
Bryophyte	<i>Brachythecium rivulare</i> Schimp.	4			
Bryophyte	<i>Calliergonella cuspidata</i>	1			

Groupe taxono- mique	Espèce	Nombre de station	Statut LR	Priorité	Néo- phyte
Bryophyte	<i>Cinclidotus aquaticus</i> (Hedw.) Bruch & Schimp.	1	NT	2	
Bryophyte	<i>Cinclidotus danubicus</i> Schiffn. & Baumgartner	2			
Bryophyte	<i>Cinclidotus fontinaloides</i> (Hedw.) P.Beauv.	2			
Bryophyte	<i>Cinclidotus riparius</i> (Brid.) Arn.	8			
Bryophyte	<i>Cratoneuron filicinum</i> (Hedw.) Spruce	10			
Bryophyte	<i>Dichodontium pellucidum</i>	1			
Bryophyte	<i>Fissidens crassipes</i> Bruch & Schimp. subsp. <i>crassipes</i>	16			
Bryophyte	<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	25			
Bryophyte	<i>Hygroamblystegium fluviatile</i> (Hedw.) Loeske	1	NT	4	
Bryophyte	<i>Hygroamblystegium tenax</i> (Hedw.) Jenn.	7			
Bryophyte	<i>Hygrohypnum luridum</i> (Hedw.) Jenn.	2			
Bryophyte	<i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst.	17			
Bryophyte	<i>Marchantia polymorpha</i> L.	2			
Bryophyte	<i>Pellia endiviifolia</i> (Dicks.) Dumort. subsp. <i>endiviifolia</i>	4			
Bryophyte	<i>Rhynchostegium riparioides</i> (Hedw.) Cardot	17			
Bryophyte	<i>Thamnobryum alopecurum</i>	1			

Annexe F Caractéristiques des stations