

NAWA TREND Biologie 2023, partie macrozoobenthos ***Rapport technique***

Markus Haberthür, Romina Alvalvarez,

Ambio GmbH

31 janvier 2025

Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement OFEV

Impressum

- Mandant:** Office fédéral de l'environnement (OFEV), division eau CH 3003 Bern
- Mandataire:** Ambio GmbH, Wildbachstrasse 46, 8008 Zürich (direction de projet) Gutwasser GmbH, Geerenweg 2, 8048 Zürich
UNA AG, Schwarzenburgstrasse 11, 3007 Bern
- Auteurs:** Markus Haberthür, Romina Álvarez-Troncoso (Ambio GmbH)
- Travail de terrain:** Christian Imesch (UNA), Nadine Remund (UNA), Remo Wüthrich (Gutwasser GmbH), Romina Álvarez-Troncoso, Markus Haberthür (Ambio GmbH), Stephanie Schmidlin (Limnex), Sarah Fässler (Flusslauf), Jérôme Gremaud (Atelier 11a), Beatrice Jann, Viviane Uhlmann (Aqua Terra)
- Travail de laboratoire:** IBCH: Nadine Remund (UNA), Remo Wüthrich (Gutwasser GmbH), Romina Álvarez-Troncoso, Markus Haberthür (Ambio GmbH), Stephanie Schmidlin (Limnex), Sarah Fässler (Flusslauf), Jérôme Gremaud (Atelier 11a), Beatrice Jann, Viviane Uhlmann (Aqua Terra)
- EPT:** Verena Lubini (Büro für Gewässerökologie), Remo Wüthrich (Gutwasser GmbH), Emil Birnstil (Gutwasser GmbH), Stephanie Schmidlin (Limnex), Sarah Fässler (Flusslauf), Viviane Uhlmann (AquaTerra)
- AQ interne:** Remo Wüthrich (Gutwasser), Emil Birnstil (Gutwasser), Verena Lubini (Büro für Gewässerökologie)
- AQ externe:** Daniel Kury (Life Science AG)
- Traduction:** Cécile Auberson et Jérôme Gremaud (Atelier 11a)
- Citation :** Haberthür M. Alvarez-Troncoso R. (2025): Résultats des 4ème relevés NAWA-Trend Lot 2, macrozoobenthos, 50 p.
- Remarque:** Ce rapport a été rédigé sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Seuls les mandataires sont responsables du contenu.
- Images de couverture:** Markus Haberthür (Doubs), Verena Lubini (relevés par loupe binoculaire).

Contenue

1	Résumé	1
2	Abréviations	2
3	Remarques préliminaires	3
3.1	Nouveautés méthodologiques	3
3.2	Organisation	3
3.3	Assurance qualité	4
4	Aspect général	6
4.1	Facteurs d'influence	6
4.2	Aspect général et indicateurs du MZB	7
5	Ecomorphologie	8
5.1	Ecomorphologie des stations	8
5.2	Influence de l'écomorphologie sur le macrozoobenthos	9
6	Diversité taxonomique	11
6.1	Diversité taxonomique en 2023	11
6.2	Evolution entre 2012 et 2023	12
6.3	Facteurs influençant les non-EPT	14
7	IBCH	16
7.1	IBCH 2023	16
7.2	Evolution entre 2012-2023	17
7.3	Facteurs influençant l'IBCH	20
8	SPEAR-Index	22
8.1	SPEAR-Index 2023	22
8.2	Evolution entre 2012 et 2023	23
8.3	Influence des types d'utilisation sur l'indice SPEAR	25
9	EPT	28
9.1	Répartition spatiale de la diversité EPT en 2023	28
9.2	Richesse et abondance des espèces par région biogéographique	31
9.3	Facteurs influençant les EPT	33
10	Néozoaires	41
10.1	Distribution 2023	41
10.2	Évolution 2012-2023	44
11	Listes rouges	45
11.1	Ephéméroptères	45
11.2	Plécoptères	45
11.3	Trichoptères	45
12	Rétrospective	46
12.1	Travail de terrain et de laboratoire	46

12.2	Évaluation des données, analyse	47
13	Perspectives	48
13.1	Amélioration de la valeur indicative de l'IBCH	48
13.2	Amélioration de la valeur indicative du SPEAR	48
13.3	Développement d'un indicateur de qualité EPT	49
13.4	Étendre la différenciation taxonomique à d'autres groupes	49
13.5	Validation des indices biologiques à l'aide de données physico-chimiques	49
14	Recommandations	50
15	Littérature	51
	Annexe A: Données relatives aux stations d'échantillonnage	52
	Annexe B: Données relatives aux macroinvertébrés	54
	Annexe C: Liste d'espèces des Ephemeroptera	56
	Annexe D: Liste d'espèces des Plecoptera	57
	Annexe E: Liste d'espèces des Trichoptera	58
	Annexe F: Répartition par catégories d'utilisation	60
	Annexe G : Classes IBCH et SPEAR 2012-2023	62

1 Résumé

Le présent rapport présente les résultats de la quatrième campagne NAWA-Trend pour le Macrozoobenthos (MZB), en tenant également compte des résultats de l'Aspect général. En 2023, le nombre de stations évaluées a été porté à 113. Contrairement à la fréquence quadriennale habituelle, des échantillons MZB ont été prélevés chaque année sur 35 de ces stations et les micropolluants ont été mesurés en parallèle tout au long de l'année. Il n'existe pas de lien clair entre les caractéristiques de l'**aspect général** relevées sur le terrain et les indicateurs du macrozoobenthos. Cela vaut également pour l'**écomorphologie**.

Depuis le début des relevés en 2012, la **diversité taxonomique IBCH** par station a augmenté de 6 taxons. Après une hausse exceptionnelle entre 2015 et 2019, le nombre moyen de taxons a diminué de 29 à 27 en 2023. Ce recul a touché un large éventail de groupes taxonomiques, avec toutefois un nombre d'individus généralement faible. On trouve en moyenne un nombre similaire de taxons dans les cours d'eau du versant nord des Alpes, des Alpes centrales et du versant sud des Alpes, mais davantage sur le Plateau et surtout dans le Jura.

En 2023, l'**IBCH** indique une qualité des eaux « *très bonne* » dans 25 % des stations, « *bonne* » dans 49 %, « *moyenne* » dans 21 % et « *insatisfaisante* » dans 4 %. La classe de qualité « *mauvaise* » a été attribuée à une seule station. En moyenne, la valeur IBCH a augmenté d'une demi-classe entre 2012 et 2023. Depuis 2019, l'état s'est modifié d'une classe dans 45 stations, de deux classes dans trois stations et de trois classes dans une seule station. De manière générale, l'utilisation anthropique plus intensive, principalement due à l'urbanisation et à l'agriculture intensive, tend à entraîner une détérioration de la valeur IBCH. En revanche, les cours d'eau plus importants, représentés par l'indice d'ordre des cours d'eau, sont généralement mieux notés par l'IBCH.

Dans l'ensemble, l'**indice SPEAR** est resté inchangé entre 2012 et 2023. En 2023, il correspondait aux classes de qualité « *très bonne* » ou « *bonne* » dans 42 des 113 stations examinées. 19 % des stations présentaient une qualité « *très bonne* » ou « *bonne* », 50 % une qualité « *moyenne* » et 10 % une qualité « *insatisfaisante* ». La classe « *mauvaise* » concerne 2 % des stations. Les objectifs écologiques ne sont pas atteints principalement sur le

Plateau et dans le Jura. Depuis 2019, le SPEAR a évolué dans 45 stations, avec une légère tendance positive dans l'ensemble. En ce qui concerne l'intensité d'utilisation, plus la superficie totale des cultures traitées avec des insecticides ou la somme des surfaces liées au trafic est importante, plus l'indice SPEAR est mauvais. Les surfaces improductives présentent une corrélation positive avec le SPEAR.

En 2023, 65 espèces d'éphéméroptères, 44 espèces de plécoptères et 93 espèces de trichoptères, soit un total de 202 **espèces EPT**, ont été recensées dans le réseau NAWA. En 2019, on en comptait 156 au total. Cette augmentation significative du nombre d'espèces s'explique par le nombre plus important de stations relevées et par une différenciation plus systématique des complexes. Le nombre moyen d'espèces dans les zones biogéographiques du nord des Alpes, du versant sud des Alpes et du Jura ne varie guère, tandis que le Plateau et, plus encore, les Alpes centrales affichent des valeurs nettement inférieures. Comme pour l'IBCH et le SPEAR, le nombre d'espèces EPT par station est fortement influencé par l'utilisation des sols dans le bassin versant. Le nombre d'espèces EPT diminue avec l'augmentation de la part de surfaces intensivement exploitées dans le bassin versant d'une station. La majorité des espèces EPT préfèrent les bassins versants où prédomine une exploitation extensive.

En 2023, cinq **espèces néozoaires** ont été recensées dans les stations NAWA. Leur distribution dans le réseau de stations a diminué dans l'ordre suivant : *Potamopyrgus antipodarum* (32), *Dugesia tigrina* (15), *Haitia auta* (10), *Dikerogammarus villosus* (4) et *Crangonyx pseudogracilis* (1). Des néozoaires avaient été trouvés moins fréquemment en 2023. Les **espèces menacées de la liste rouge** (≥VU) recensées dans le réseau NAWA en 2023 se répartissaient entre dix espèces d'éphéméroptères, quatre espèces de plécoptères et dix espèces de trichoptères. Deux espèces autrefois considérées comme éteintes en Suisse ont récemment été redécouvertes, notamment en 2023.

Enfin, les expériences acquises lors de la quatrième campagne sont discutées et des propositions d'amélioration sont formulées. Les possibilités de développement sont également examinées et présentées. Ces deux aspects débouchent sur une liste de recommandations.

2 Abréviations

AQ : assurance -qualité.

CD: classe de diversité. Classification des nombres de taxons pour le calcul de l'IBCH.

EPT: ordres d'insectes des Ephemeroptera (éphéméroptères), Plecoptera (plécoptères) et Trichoptera (trichoptères) au sein du macrozoobenthos.

BV: bassin versant hydrologique.

IBCH: Index Biologique Suisse; indice biologique général de la qualité des cours d'eau en Suisse.

GI : groupe indicateur de sensibilité de l'indice IBCH (famille ayant la valeur la plus élevée dans la liste faunistique observée). Sert au calcul de l'IBCH.

SMG: système modulaire gradué. Description des méthodes utilisées pour l'analyse des eaux de surface. Structure modulaire pour différentes applications.

MBD : monitoring de la biodiversité en Suisse.

MZB: macrozoobenthos, animaux invertébrés dans les cours d'eau.

MP: micropolluants; substances présentes dans l'eau telles que les pesticides, les substances hormonales, les antibiotiques et autres produits chimiques industriels qui apparaissent à des concentrations de l'ordre du nanogramme ou du microgramme.

NAWA: programme d'observation nationale de la qualité des eaux de surface.

Stations NAWA-MP: stations du réseau NAWA où les micropolluants sont mesurés chimiquement.

SPEAR-Index: Species at Risk; indice spécifique du macrozoobenthos, qui réagit de manière plus ou moins sensible aux micropolluants toxiques, selon la famille ou l'espèce.

VT: Classe de variété taxonomique définie à partir de la somme des taxons.

3 Remarques préliminaires

Le programme NAWA-Trend Biologie de l'Office fédéral de l'environnement et des cantons a été lancé en 2012 et sert à la surveillance à long terme des cours d'eau en Suisse à l'aide d'indicateurs biologiques. Il se compose de quatre sous-programmes : poissons, macrozoobenthos (MZB), diatomées et macrophytes. Sur le plan méthodologique, les programmes suivent en grande partie les modules du système modulaire gradué. Les relevés ont lieu tous les quatre ans. La quatrième campagne d'échantillonnage a été réalisée en 2023. Le présent rapport présente les résultats de la campagne 2023 du programme partiel macrozoobenthos. Pour certains aspects pour lesquels des corrélations ont été étudiées, des données antérieures ont également été utilisées.

3.1 Nouveautés méthodologiques

Par rapport à 2019, aucune modification méthodologique n'a été apportée en 2023, ni à la procédure d'échantillonnage ni au traitement en laboratoire. À cet égard, il est renvoyé au rapport de la campagne 2019 [Haberthür 2021].

Les modifications concernent l'extension du réseau de stations évaluées, une détermination plus précise de certains complexes d'espèces EPT ainsi qu'une différenciation plus fine des formes d'utilisation du territoire dans les bassins versants des stations NAWA-Trend.

3.1.1 Réseau des stations

Par rapport à 2019, aucune modification méthodologique n'a été apportée en 2023, ni à la procédure d'échantillonnage ni au traitement en laboratoire. À cet égard, il est renvoyé au rapport de la campagne 2019 [Haberthür 2021].

Les modifications concernent l'extension du réseau de stations totales de 104 à 113 et de stations NAWA-MP de 14 à 35, une détermination plus précise de certains complexes d'espèces EPT ainsi qu'une différenciation plus fine des formes d'utilisation du territoire dans les bassins versants des stations NAWA-Trend.

3.1.2 Déplacements des stations

Des déplacements locaux importants, c'est-à-dire pour lesquels les surfaces d'échantillonnage ne chevauchaient

pas les précédentes, ont dû être effectués à quatre endroits (Tab. 1). Les raisons en étaient les suivantes : profondeur importante et/ou courant trop fort (Doubs), ainsi qu'inondation/ engorgement des stations par des barages de castors (Pfaffnern, Chrümmlisbach, Mülibach). Cela concernait les stations suivantes :

NAWA-ID	Cours d'eau	Coordonnées
CH-032-AG	Pfaffnern	634515/239649
CH-088-JU	Doubs	572188/244219
CH-138-BE	Chrümmlisbach	605723/218782
CH-908-SO	Mülibach	606241/222405

Tab. 1: Stations ayant dû être déplacées localement en 2023 avec leurs nouvelles coordonnées

3.1.3 Travail de terrain

Les travaux sur le terrain ont principalement servi à relever le MZB dans un tronçon défini du cours d'eau, à des emplacements prédéterminés. Des échantillons d'ADNe ont également été prélevés pour le programme partiel sur les diatomées (lot 3) et pour un projet scientifique de l'EAWAG. Les échantillons de diatomées prélevés en 2019 pour les analyses d'ADNe n'ont pas été utilisés lors de la campagne 2023.

3.1.4 Travail de laboratoire et détermination

Le tri du MZB n'a subi aucune modification par rapport à 2019. Tous les EPT ont été déterminés au niveau de l'espèce ou du complexe d'espèces selon les directives du Monitoring de la biodiversité en Suisse (MBD). Lors de cette étape de détermination effectuée par des spécialistes, certaines espèces nouvellement identifiables ont été extraites de quelques complexes d'espèces.

3.2 Organisation

Les prélèvements et les travaux de laboratoire jusqu'au niveau taxonomique de la famille ont été effectués sur 75 stations par l'équipe NAWA-TREND 2023 et sur 38 autres stations par différents cantons (AG, GE, NE, NW, SZ, UR, VS) ou par des bureaux mandatés par ceux-ci. L'équipe NAWA-TREND 2023 était responsable de l'organisation générale. Elle était divisée en trois domaines de responsabilité : systématique, logistique et gestion des données/évaluation/rapports.

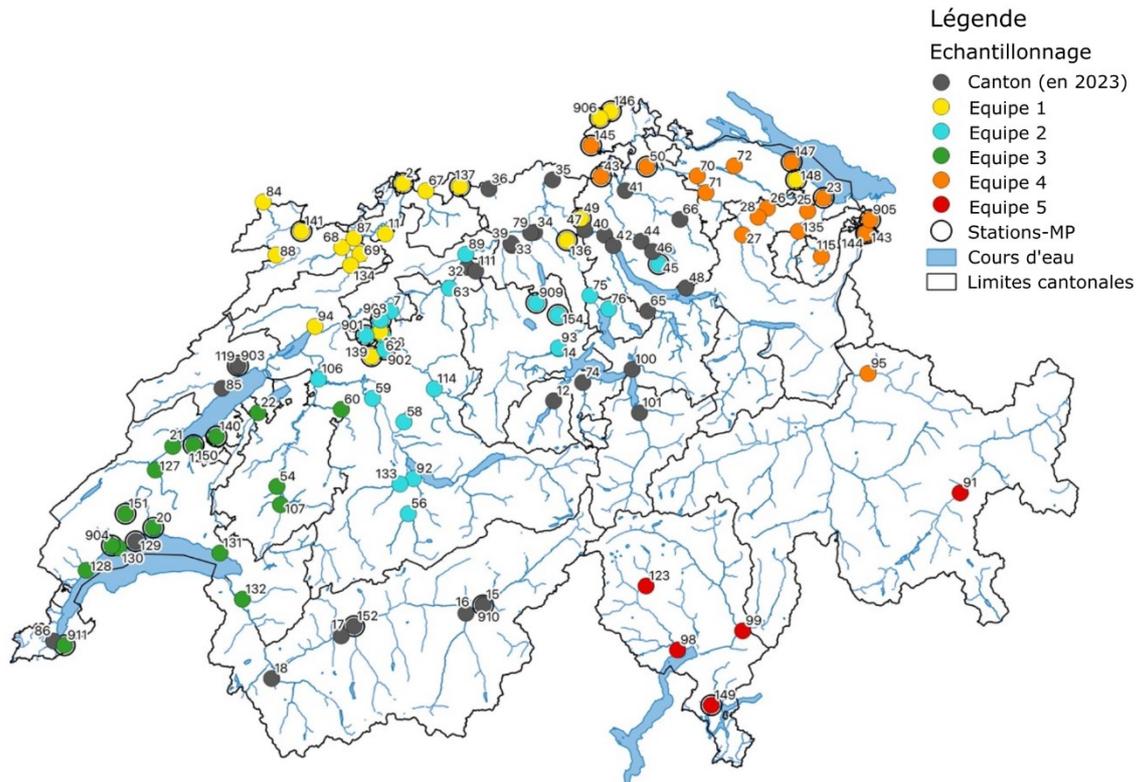


Fig. 1: Répartition des stations selon les cantons chargés du traitement et les 5 équipes de terrain du mandataire en 2023.

La responsabilité globale incombe à Ambio GmbH, représentée par Markus Haberthür. Ce dernier était également l'interlocuteur unique du mandant et chargé de la direction générale du mandat. L'équipe de projet était composée au total de 12 spécialistes. À ceux-ci s'est ajouté un expert externe chargé de la validation des identifications en vue de l'assurance qualité. Pour les travaux sur le terrain mandatés par l'OFEV, cinq régions ont été définies, chacune étant prise en charge par une équipe de terrain chargée du prélèvement des échantillons et de leur traitement jusqu'au niveau IBCH (Fig. 1).

3.3 Assurance qualité

L'assurance qualité (AQ) des déterminations MZB s'est déroulée en trois étapes sur une période allant de l'été 2023 au printemps 2024 (Fig. 2). Les déterminations EPT et non EPT ont été vérifiées par un expert externe à l'aide de dix échantillons aléatoires. De plus, toutes les déterminations EPT au niveau IBCH ont été soumises à un contrôle interne dans le cadre de la détermination des espèces.

3.3.1 Procédure

Au niveau 1, seuls les non-EPT ont été contrôlés sur 10 stations sélectionnées. Les erreurs ont permis d'estimer la fourchette de variation de l'IBCH et de l'indice SPEAR. Celle-ci est fortement influencée par les taxons (familles) pour lesquels les erreurs d'identification systématiques

sont les plus importantes. Les EPT ont été vérifiés aux niveaux 2 (interne) et 3 (externe).

Le contrôle de niveau 2 a été effectué dans le cadre de la détermination des EPT au niveau de l'espèce pour toutes les stations. Les responsables de la détermination des espèces ont signalé les éventuelles erreurs de détermination au niveau de la famille et les différences de comptage. Les erreurs/différences constatées ont été corrigées pour chaque station et l'IBCH ainsi que l'indice SPEAR a été recalculé.

Le contrôle de niveau 3 avait pour objectif de vérifier la qualité des déterminations des EPT. Il a été réalisé à partir d'échantillons prélevés à 10 endroits, soit 10 échantillons d'éphéméroptères, 10 de plécoptères et 10 de trichoptères. Les écarts entre la première et la deuxième détermination ont permis d'estimer la fourchette de variation de l'IBCH et de l'indice SPEAR. Au cours du processus d'assurance qualité, toutes les données ont été progressivement corrigées et tous les indicateurs ont été recalculés à la fin.

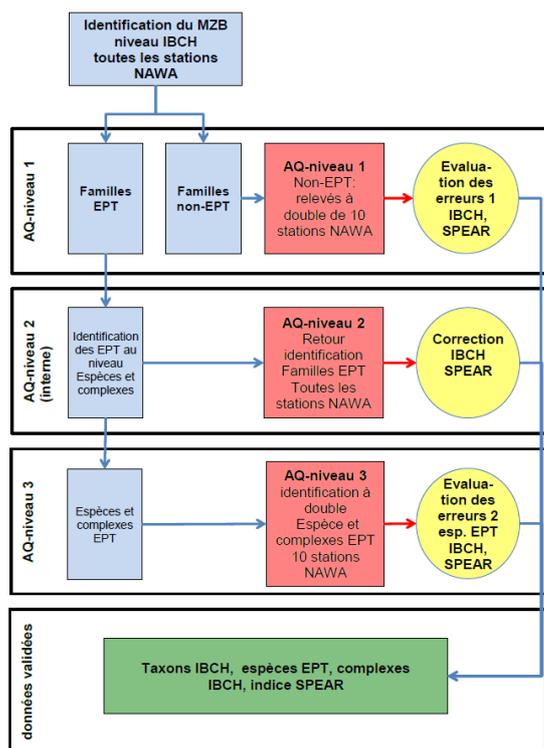


Fig. 2: Concept du contrôle qualité des échantillons MZB pour NAWA-Trend 2023

Au cours du processus d'assurance qualité, toutes les données ont été successivement corrigées et, à la fin, tous les indicateurs ont été recalculés.

3.3.2 Résultats du contrôle qualité

Les résultats des contrôles qualité externes effectués auprès des **non-EPT** sont présentés dans le tableau 2. Les 10 échantillons ont été sélectionnés de manière à ce que toutes les personnes ayant effectué des déterminations soient contrôlées au moins une fois. L'échantillon a été sélectionné au hasard parmi les échantillons traités par la personne. Sur un total de 9910 individus contrôlés, 16 erreurs de détermination, 7 erreurs de tri et 20 erreurs de comptage ont été constatées. Cela a entraîné une variation moyenne de l'IBCH de 0,01 ($\pm 0,02$) et de l'indice SPEAR de -0,41 ($\pm 0,99$) unité.

La sélection des 10 échantillons **EPT** issus de la détermination des espèces s'est déroulée de la même manière que pour les non-EPT. La plupart des incohérences ayant été corrigées dans le cadre du contrôle qualité interne, le taux d'erreur lors du contrôle qualité externe était très faible. Ils n'ont eu aucune incidence sur les indices. Sur les 5664 individus recensés, seules 7 erreurs d'identification ont été constatées. 70 individus attribués à des complexes d'espèces ont pu être identifiés au niveau de l'espèce. Les différences de comptage se sont élevées à seulement 3 individus.

Stations contrôlées / critères d'évaluation	CH_016_VS	CH_027_SG	CH_047_ZH	CH_063_BE	CH_069_JU	CH_076_ZG	CH_099_TI	CH_100_SZ	CH_127_VD	CH_137_AG	Total	Moyenne	Déviat. standard.
	AQ niveau 1, non-EPT												
Nombre d'individus recensés + estimé	973	1533	1326	1146	3418	940	804	2682	1838	2121	16781	1678	-
Nombre d'individus contrôlés	973	710	631	506	2218	554	784	1932	804	798	9910	991	-
Nombre d'erreurs de détermination	0	0	7	0	1	0	0	0	8	0	16	1.6	3.13
Nombre d'erreurs de tri	0	0	0	0	3	0	0	0	4	0	7	0.7	1.49
Nombre d'erreurs de comptage	0	0	0	6	4	0	0	0	10	0	20	2	3.53
Différences de la 1ère à la 2ème détermination													
Différence IBCH	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0.05	0.01	0.02
Différence SPEAR	0	0	0	-0.5	-0.4	0	0	0	-3.2	0	-4.11	-0.41	0.99
Différence nombre de taxons	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.10	0.32
Différence CD	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0.08	0.01	0.03
Différence PI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
Différence GI max	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
Différence abondance	0	0	0	6	4	0	0	0	0	0	20	2.00	3.53

Tab. 2: Résultats du contrôle qualité externe des non-EPT sur la base de 10 échantillons aléatoires.

Stations contrôlées / critères d'évaluation	CH_027_SG	CH_039_AG	CH_046_ZH	CH_074_NW	CH_085_NE	CH_086_GE	CH_095_GR	CH_099_TI	CH_135_AR	CH_140_FR	Total	Moyenne	Déviat. standard.
	AQ niveau 3, EPT												
Stations contrôlées / critères d'évaluation	344	448	340	633	1037	539	738	448	412	715	5654	565	219
Stations contrôlées / critères d'évaluation	344	448	340	633	1037	539	738	448	412	715	5654	565	219
Stations contrôlées / critères d'évaluation	0	1	1	0	0	0	0	2	0	3	7	1.75	0.96
Stations contrôlées / critères d'évaluation	0	0	2	61	0	1	0	6	0	0	70	17.50	29.08
Stations contrôlées / critères d'évaluation	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	3	1.00	1.00

Tab. 3: Résultats du contrôle qualité externe des EPT sur la base de 10 échantillons aléatoires.

4 Aspect général

L'état de l'aspect général en 2023 ainsi que l'évolution des différents éléments de 2012 à 2023 sont déjà présentés dans le rapport du lot 3 (Gufler et al. 2025).

4.1 Facteurs d'influence

Le sulfure de fer (FeS) se forme dans des conditions anaérobies dans les interstices du lit des cours d'eau à la suite de processus chimiques. Le colmatage et l'envasement du lit empêchent la diffusion de l'oxygène dans le fond du cours d'eau.

4.1.1 Facteurs influençant le FeS

Le sulfure de fer (FeS) se forme dans des conditions anaérobies dans les interstices du lit des cours d'eau à la suite de processus chimiques. Le colmatage et l'envasement du lit empêchent la diffusion de l'oxygène dans le fond du cours d'eau.

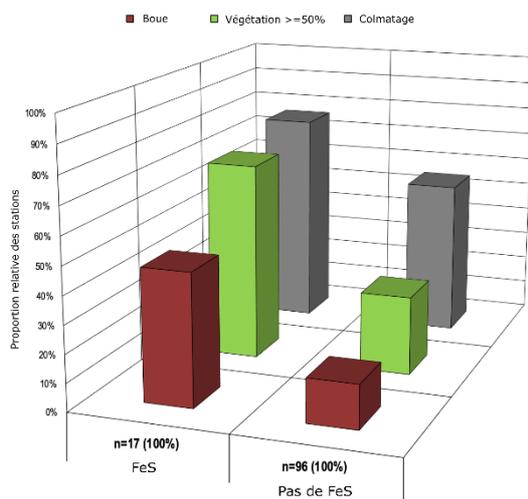


Fig. 3: Formation du sulfure de fer favorisée par la boue, la végétation et le colmatage. Comparaison des proportions des 3 facteurs d'influence entre le groupe de stations sans FeS et avec FeS ($p=0.05$).

Aussi paradoxal que cela puisse paraître, une végétation dense peut également favoriser ce processus, car une biomasse végétale importante interrompt l'assimilation et la production d'oxygène pendant la nuit et consomme une grande quantité d'oxygène par la respiration cellulaire résiduelle. Si la boue contient en outre une forte proportion de matière organique dégradable, la consommation d'oxygène dans la zone du lit est renforcée et les phases de déficit local en O_2 sont prolongées.

Comme en 2019, l'effet négatif de ces facteurs apparaît clairement dans les données de 2023. Proportionnellement, la boue, le colmatage et la végétation dense (algues, mousses, macrophytes) étaient nettement plus

fréquentes aux endroits présentant des taches de FeS qu'aux endroits sans taches de FeS (Fig. 3).

4.1.2 Viticulture et croissance des algues

Comme en 2019, les stations présentant la plus forte proportion de vignobles dans le bassin versant et en parallèle aucune algue dans les eaux sont 6,5 fois plus nombreuses que celles avec algues. Dans les stations avec peu ou pas de vignobles, les stations sans algues ne sont que 1,5 fois plus nombreuses (Fig. 4). Les ratios étaient presque identiques en 2019 (5,5 dans les zones avec beaucoup de vignobles, 1,5 dans celles avec peu ou pas de vignobles). Pour les deux années combinées, les ratios correspondants sont de 6 et 1,5. La viticulture utilise souvent des produits phytosanitaires contenant du cuivre (par exemple, Cuivre 50S, Cuivre-Bordo LG) pour lutter contre le mildiou. Le cuivre est un puissant algicide. Les données indiquent que le cuivre provenant des cultures viticoles se retrouve dans les eaux, où il inhibe la croissance des algues.

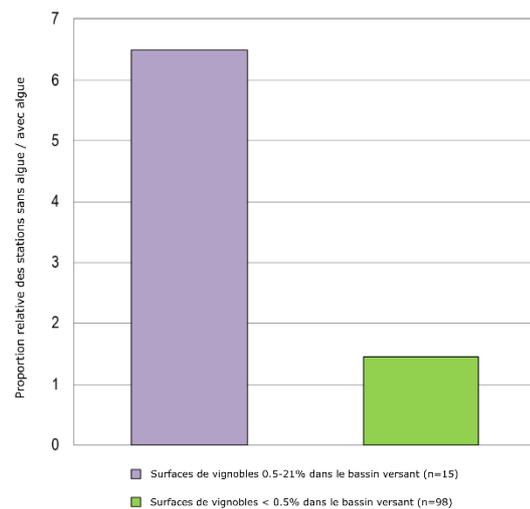


Fig. 4: Rapport entre les stations avec / sans algues dans les bassins versants avec beaucoup de viticulture et les bassins versants avec peu ou pas de viticulture.

4.1.3 Teneur en eaux usées et mousse

Les stations présentant une formation de mousse pendant les prélèvements affichent une proportion d'eaux usées plus élevée au Q347 (Fig. 5). En ce qui concerne la médiane, la proportion d'eaux usées est 4,5 fois plus élevée (15,4 %) dans les stations présentant de la mousse que dans les stations sans mousse (3,5%). En 2019, le tableau était similaire, avec une médiane 3,8 fois plus élevée. Au total, les données sur la proportion d'eaux usées n'étaient disponibles que pour 85 stations.

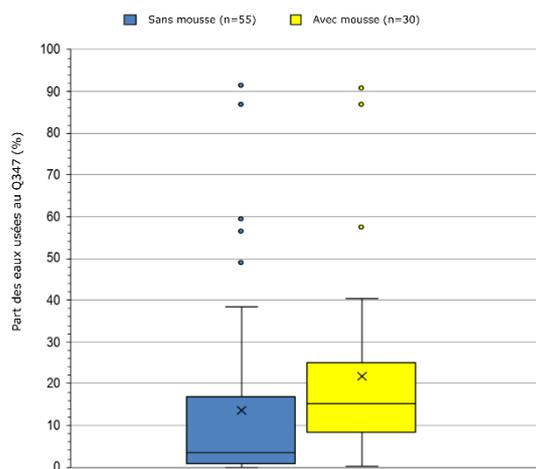


Fig. 5: Part des eaux usées (au Q347) du groupe de stations avec mousse et du groupe sans mousse (significatif, $p=0,05$).

4.1.4 Teneur en eaux usées et odeurs

L'odeur anormale de l'eau est étroitement liée à la proportion d'eaux usées dans le Q347 du cours d'eau. La proportion médiane d'eaux usées est de 23 % dans les cours d'eau présentant une odeur et de 7 % dans ceux qui n'en présentent pas (Fig. 6).

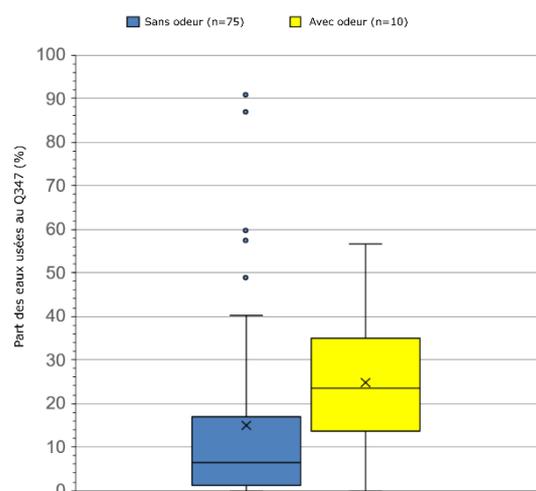


Fig. 6: Part des eaux usées (au Q347) du groupe de stations avec odeur anormale et du groupe sans odeur (significatif $p=0,05$).

En 2019, les différences étaient encore plus marquées. Les cours d'eau présentant des odeurs avaient une teneur moyenne en eaux usées de 43 %, contre 9 % pour ceux qui n'en avaient pas.

4.2 Aspect général et indicateurs du MZB

Les résultats relatifs à l'aspect général ne permettent de tirer que des conclusions très limitées sur la qualité du macrozoobenthos. Les facteurs de corrélation entre les indicateurs du MZB et les différentes caractéristiques de

l'aspect général ne montrent pas de liens suffisamment établis (Tab. 4). Les meilleures valeurs r sont obtenues entre le groupe indicateur (GI) et la somme des facteurs envasement, colmatage et fréquence du sulfure de fer (2019 et 2023) ainsi qu'entre l'IBCH, le GI et le sulfure de fer avec les données de 2023. Toutes ces caractéristiques influencent directement ou indirectement l'espace hyporhéique du fond du cours d'eau, un habitat principal du MZB, en le comblant et en limitant fortement l'apport en oxygène. Des conditions anaérobies apparaissent temporairement dans certains petits habitats du fond du cours d'eau.

	IBCH		VT		GI	
	2019	2023	2019	2023	2019	2023
Mousse	-0.112	-0.017	-0.044	0.014	-0.181	-0.049
Turbidité	0.030	-0.031	0.022	0.010	0.034	-0.070
Odeur	-0.112	0.048	-0.044	0.115	-0.181	-0.052
Coloration	-0.038	-0.147	-0.064	-0.073	0.006	-0.183
Colmatage	-0.278	-0.142	-0.200	-0.005	-0.319	-0.259
Envasement	-0.153	-0.280	-0.076	-0.203	-0.225	-0.269
FeS	-0.204	-0.426	-0.078	-0.272	-0.330	-0.456
Org. hétérotrophes	0.029	-0.015	0.044	-0.035	0.000	0.015
Déchets	-0.218	-0.045	-0.165	0.032	-0.239	-0.125
Matière solide	-0.007	-0.075	0.005	-0.045	-0.022	-0.085
K+S+FeS	-0.325	-0.368	-0.189	-0.188	-0.436	-0.450

Tab. 4: Facteurs de corrélation entre les critères de l'aspect général et les indicateurs du MZB (IBCH, CD, GI) pour les ensembles de données des années d'enquête 2019 et 2023. Les meilleures corrélations ($>0,4$, $p=0,05$) sont marquées en vert.

Les déchets et les matières solides provenant de l'évacuation des eaux urbaines n'ont qu'une incidence marginale sur les exigences du MZB en termes d'habitat, pour autant qu'ils ne libèrent pas de substances toxiques. Les autres critères varient fortement dans le temps et sont tellement aléatoires (un échantillon) qu'ils ne sont pas représentatifs des conditions moyennes.

5 Ecomorphologie

Lors du prélèvement des échantillons du MZB, des données écomorphologiques ont été relevées dans la zone de prélèvement (10 x largeur du cours d'eau). Sur le plan méthodologique, les relevés se basent sur les prescriptions du module Écomorphologie du niveau F.

5.1 Ecomorphologie des stations

Les critères pris en compte comprennent la largeur du lit, la variabilité de la largeur et de la profondeur de la surface mouillée, le bois mort dans le lit du cours d'eau, l'aménagement du lit, l'aménagement du pied des berges, la largeur et la nature des berges. Les valeurs de 2019 sont indiquées entre parenthèses.

5.1.1 Largeur du cours d'eau dans les stations NAWA

En 2023, la largeur moyenne du lit des cours d'eau aux stations NAWA varie entre 0,7 (0,7) m et 60 (100) m, avec une valeur moyenne de 15 (16) m. Dans 75 % des stations, la largeur du lit est ≤ 24 m (≤ 20 m), (Fig. 7). Les écarts entre les deux années d'enquête sont davantage dus à des différences d'estimation qu'à des changements réels. Dans l'ensemble, les différences sont faibles.

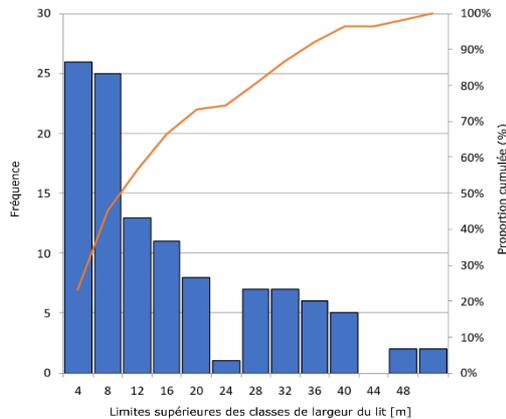


Fig. 7: Fréquence des largeurs des cours d'eau aux 113 points du réseau NAWA en 2023

5.1.2 Variabilité de la largeur et de la profondeur, bois mort dans les stations NAWA

Seuls 22 (20) % des stations NAWA présentent une variabilité en largeur marquée et 35 (32) % n'en présentent aucune. La variabilité de la profondeur de l'eau est nettement meilleure. Elle ne varie pas dans seulement 9 (7) % des stations et est marquée dans 39 (44) % des stations (Fig. 8). Les différences entre les années se situent dans la fourchette de l'erreur d'estimation supposée.

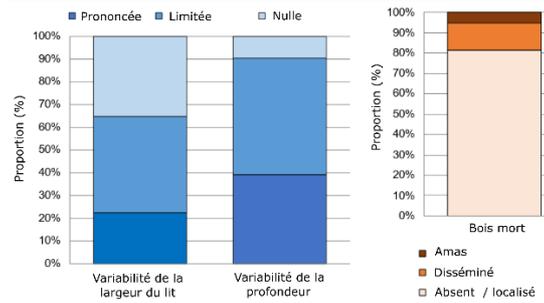


Fig. 8: Part de la variabilité de la largeur et de la profondeur du cours d'eau ainsi que part de bois mort dans le lit du cours d'eau en 2023.

Sur 81 (70) % des stations, il n'y a pas ou peu de bois mort dans le lit, et sur 13 (25) % supplémentaires, il est dispersé. Seuls 5 (5) % des stations présentent des accumulations naturelles. La diminution du bois mort en 2023 pourrait dépasser l'erreur d'estimation.

5.1.3 Aménagement des stations en pied de berge

En 2023, plus de la moitié des 113 stations présentent des pieds de berges aménagés à plus de 60 %, voire à 100 % dans 43 % (42 %) des cas. Les aménagements sont presque toujours constitués de matériaux perméables. En 2023 et en 2019, environ un cinquième (un quart) des stations présentaient des pieds de berges non aménagés (Fig. 9). Les deux rives ne diffèrent que légèrement dans les proportions.

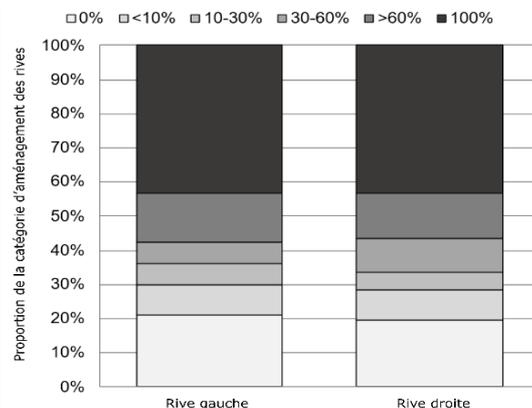


Fig. 9: Pourcentage d'aménagement des pieds de berges en rive gauche et droite.

5.1.4 Rapport entre la largeur morphologique totale et la largeur du lit

La somme des deux largeurs de rive est en moyenne de 15,5 (16) m aux stations du réseau NAWA, ce qui correspond assez précisément à la largeur moyenne du lit. La largeur des rives varie entre 0 (0) m et 34 (55) m. Dans 35 (40) % des stations, la largeur morphologique totale est supérieure à trois fois la largeur du lit (Fig. 10).

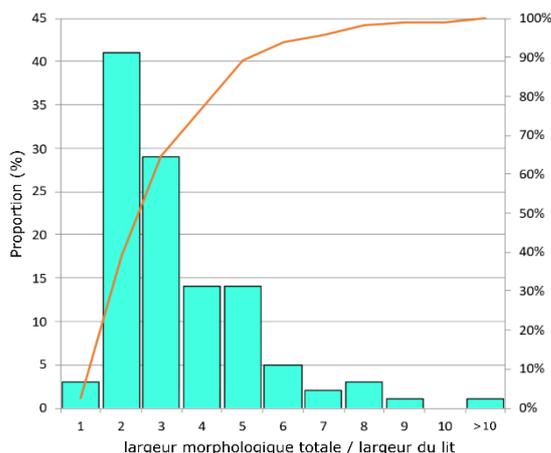


Fig. 10: Fréquence des classes de rapport (largeur morphologique totale par rapport à la largeur du lit) dans le réseau NAWA 2023.

5.1.5 Nature des berges dans les stations NAWA

La rive gauche des stations NAWA est légèrement plus conforme à l'état naturel que la rive droite. Dans le réseau NAWA, en 2023, les rives droites ont été jugées conformes à l'état naturel à 63 (60) % et les rives gauches à 69 (65) %. 27 (30) % supplémentaires sont non conformes à l'état naturel et 4 (5)-10 (10) % sont artificielles.

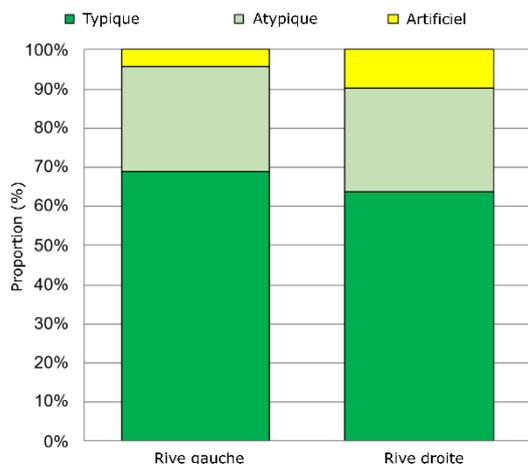


Fig. 11: Nature des berges dans les 113 stations du réseau NAWA en 2023.

5.2 Influence de l'écomorphologie sur le macrozoobenthos

Comme le montrent les différents facteurs de corrélation dans le Tab. 5, il n'existe pas de lien significatif entre l'écomorphologie locale du terrain et les indicateurs du MZB (IBCH, VT, GI), tant pour les données de 2023 que pour celles de 2019-2023 (Tab. 6). Ce résultat n'est pas surprenant, car la présence d'une espèce dépend moins d'un habitat unique présent dans le secteur d'échantillonnage que de la présence de nombreux habitats de ce type dans la partie supérieure du cours d'eau. Cela a été illustré en 2019 dans le Chemibach (CH-072-TG), qui présentait alors la plus grande diversité taxonomique, mais dont le

secteur d'échantillonnage était fortement aménagé et dont les berges n'étaient pas typiques d'un cours d'eau. On peut en conclure que ce sont moins les conditions écomorphologiques locales que les conditions prévalant dans une zone aquatique plus vaste qui déterminent si une population ayant des exigences particulières en matière d'habitat peut se maintenir.

Élément morphologique	IBCH	VT	GI
Largeur	0.320	0.207	0.340
Cours d'eau enterré	–	–	–
Nombreux seuils naturels	0.036	0.079	-0.031
Variabilité de la largeur du niveau d'eau	0.193	0.130	0.198
Variabilité de la profondeur	0.261	0.142	0.312
Aménagement du lit	-0.058	0.025	-0.139
Matériel utilisé pour l'aménagement du lit	0.050	0.139	-0.101
Bois mort dans le lit	-0.051	-0.055	-0.028
Aménagement des berges (gauche)	-0.027	0.004	-0.055
Aménagement des berges (droite)	-0.039	0.024	-0.103
Matériel utilisé pour l'aménagement des berges (gauche)	-0.114	-0.083	-0.107
Matériel utilisé pour l'aménagement des berges (droite)	-0.060	0.011	-0.126
Largeur des rives (gauche)	0.187	0.042	0.296
Largeur des rives (droite)	0.083	-0.043	0.208
Nature de la rive gauche	0.027	0.116	-0.093
Nature de la rive droite	-0.014	0.106	-0.157
Aménagement du pied du berges (deux côtés)	-0.038	0.016	-0.089
Largeur des rives (total)	0.170	0.009	0.306
Nature des rives	0.006	0.122	-0.140
Rapport entre la largeur de la rive et celle du lit	-0.223	-0.084	-0.312
Largeur totale (chenal et berges)	0.321	0.162	0.397

Tab. 5: Corrélations (valeurs R) entre les indicateurs MZB et les critères locaux de l'écomorphologie dans le réseau NAWA 2023. Les valeurs R les plus hautes sont indiquées en gras.

Élément morphologique	IBCH	VT	GI
Largeur	0.328	0.272	0.309
Cours d'eau enterré	–	–	–
Nombreux seuils naturels	-0.003	0.016	-0.046
Variabilité de la largeur du niveau d'eau	0.189	0.142	0.163
Variabilité de la profondeur	0.223	0.170	0.232
Aménagement du lit	-0.054	-0.033	-0.097
Matériel utilisé pour l'aménagement du lit	-0.095	0.048	-0.083
Bois mort dans le lit	-0.027	-0.029	-0.016
Aménagement des berges (gauche)	0.010	0.049	-0.002
Aménagement des berges (droite)	-0.037	0.008	-0.055
Matériel utilisé pour l'aménagement des berges (gauche)	-0.189	-0.172	-0.142
Matériel utilisé pour l'aménagement des berges (droite)	-0.057	-0.033	-0.052
Largeur des rives (gauche)	0.181	0.089	0.277
Largeur des rives (droite)	0.137	0.054	0.191
Nature de la rive gauche	-0.044	0.002	-0.106
Nature de la rive droite	-0.015	0.050	-0.081
Aménagement du pied du berges (deux côtés)	-0.015	0.032	-0.031
Largeur des rives (total)	0.201	0.082	0.290
Nature des rives	-0.032	0.031	-0.102
Rapport entre la largeur de la rive et celle du lit	-0.170	-0.110	-0.238
Largeur totale (chenal et berges)	0.343	0.244	0.372

Tab. 6: Corrélations (valeurs R) entre les indicateurs MZB et les critères locaux de l'écomorphologie dans le réseau NAWA en 2019 et en 2023. Les valeurs R les plus hautes sont en gras et également significatives ($p < 0,05$).

Une faible corrélation est observable entre la largeur totale (chenal et berges) et l'IBCH ainsi qu'avec le GI. Plus le chenal et la zone aquatique totale sont larges, meilleur est l'IBCH (Fig. 12) et plus on trouve fréquemment des taxons à poids indicatif élevé (GI) (Fig. 13).

Comme pour les paramètres de l'IBCH, il n'existe guère de corrélations entre les caractéristiques écomorphologiques locales et les paramètres liés aux EPT. Les meilleures corrélations s'observent entre la largeur des cours d'eau et le nombre d'espèces de plécoptères, ainsi qu'entre la largeur totale (rivages compris) et le nombre d'espèces de plécoptères. (Tab. 7).

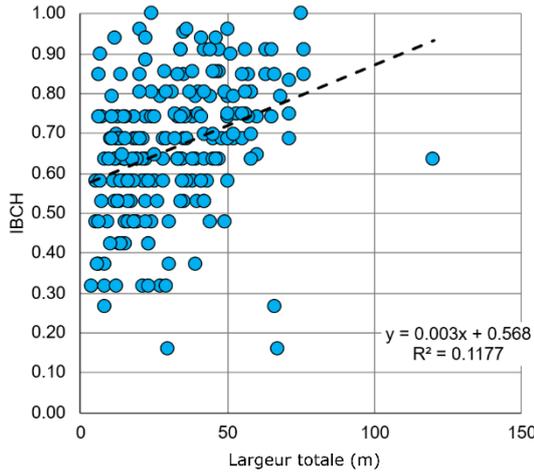


Fig. 12: Corrélation entre la largeur totale et l'IBCH. (n=219).

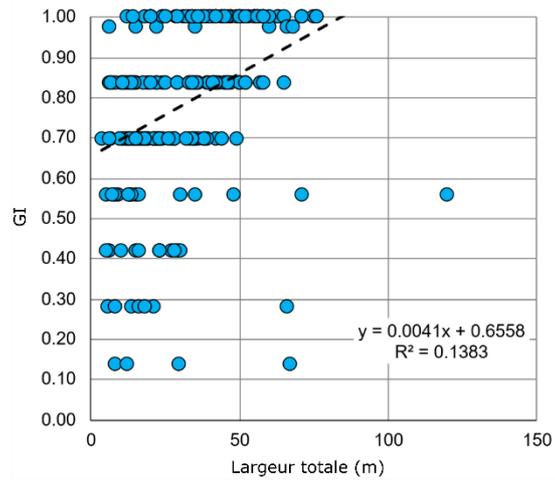


Fig. 13: Corrélation entre la largeur du cours d'eau et le poids indicatif (n=219).

Élément morphologique	Taxon IBCH	Nombre d'espèces EPT	Nombre d'espèces Ephemeroptera	Nombre d'espèces Plecoptera	Nombre d'espèces Trichoptera	Abondance des EPT Total	Abondance Ephemeroptera	Abondance Plecoptera	Abondance Trichoptera
Largeur	-0.14	0.20	0.19	0.37	-0.13	0.17	0.03	0.26	0.06
Cours d'eau enterré	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nombreux seuils naturels	0.00	0.01	0.00	0.06	-0.05	-0.02	-0.01	0.01	-0.05
Variabilité de la largeur du niveau d'eau	0.09	0.24	0.26	0.23	0.04	0.13	0.07	0.11	0.09
Variabilité de la profondeur	0.12	0.25	0.25	0.21	0.10	0.12	0.03	0.11	0.10
Aménagement du lit	0.10	-0.05	-0.03	-0.16	0.08	-0.10	-0.01	-0.14	-0.08
Matériel utilisé pour l'aménagement du lit	-0.11	-0.11	-0.10	0.06	-0.24	0.16	0.13	0.10	0.07
Bois mort dans le lit	0.15	0.07	0.07	-0.02	0.12	0.13	0.20	-0.09	0.07
Aménagement des berges (gauche)	-0.11	-0.08	-0.08	-0.02	-0.07	-0.05	-0.05	0.07	-0.12
Aménagement des berges (droite)	-0.15	-0.17	-0.15	-0.07	-0.15	-0.05	-0.02	-0.04	-0.05
Matériel utilisé pour l'aménagement des berges (gauche)	0.00	-0.06	-0.02	-0.06	-0.05	0.03	0.12	-0.08	-0.05
Matériel utilisé pour l'aménagement des berges (droite)	0.08	0.06	0.06	0.07	0.00	0.06	0.13	0.04	-0.13
Largeur des rives (gauche)	0.03	0.14	0.15	0.19	-0.03	0.09	0.11	0.05	-0.01
Largeur des rives (droite)	-0.03	0.13	0.14	0.20	-0.06	0.13	0.04	0.27	-0.07
Nature de la rive gauche	0.00	-0.07	-0.08	-0.09	0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
Nature de la rive droite	-0.01	-0.06	-0.07	-0.04	-0.02	0.00	0.02	-0.01	-0.03
Aménagement du pied des berges (deux côtés)	-0.14	-0.14	-0.13	-0.05	-0.13	-0.06	-0.04	0.02	-0.09
Largeur des rives (total)	0.01	0.19	0.21	0.25	-0.03	0.12	0.06	0.20	-0.04
Nature des rives	0.00	-0.07	-0.08	-0.07	0.00	-0.01	0.01	-0.01	-0.02
Rapport entre la largeur de la rive et celle du lit	0.05	-0.19	-0.22	-0.31	0.11	-0.13	-0.05	-0.20	-0.01
Largeur totale (chenal et berges)	-0.10	0.24	0.25	0.39	-0.11	0.18	0.05	0.29	0.03

Tab. 7: Corrélations (valeurs r) entre les critères locaux de l'écomorphologie et les données des EPT dans le réseau NAWA en 2019 et 2023. Les facteurs de corrélation les plus significatifs (p=0,05) sont indiqués en gras.

6 Diversité taxonomique

Dans ce chapitre, les chiffres relatifs aux taxons se réfèrent aux taxons tels qu'ils sont considérés au niveau de détermination pour le calcul de l'IBCH. Ils sont utilisés pour déterminer la classe de variété taxonomique (VT) et donc l'un des trois paramètres déterminants pour le calcul de l'IBCH. Dans ce chapitre, les chiffres entre parenthèses se réfèrent à l'inventaire 2019.

6.1 Diversité taxonomique en 2023

En 2023, le nombre de taxons varie entre 9 (12) dans la Vispa (CH_016_VS) et 45 (46) dans l'Aabach (CH_079_AG), avec une moyenne de 27 (29) et une médiane de 27 (30). En moyenne, 2 à 3 taxons de moins ont été trouvés en 2023 qu'en 2019.

Comme en 2019, la répartition par région biogéographique montre que les zones alpines, et en particulier les Alpes centrales, affichent les nombres de taxons les plus faibles (Fig. 14). Sur le Plateau, on trouve en moyenne 28 (29) taxons, avec un gradient entre l'est et l'ouest. Les nombres de taxons les plus élevés (≥ 40) se trouvent dans certaines zones du Plateau et du Jura. Les bassins versants de la Birse, de l'Areuse, du Doubs et de l'Aabach constituent des « hotspots » (Fig. 15).

Les faibles nombres de taxons dans les régions alpines s'expliquent par les conditions plus difficiles qui règnent dans ces cours d'eau, avec une faible teneur en nutriments, des températures plus basses et peut-être aussi par la dynamique de crue et d'étiage qui prévaut généralement aux endroits étudiés. Ce phénomène se produit dans le Rhône et ses affluents, ainsi que dans la Landquart, l'Engstligen, la Reuss uranaise, l'Inn et l'Engelberger Aa.

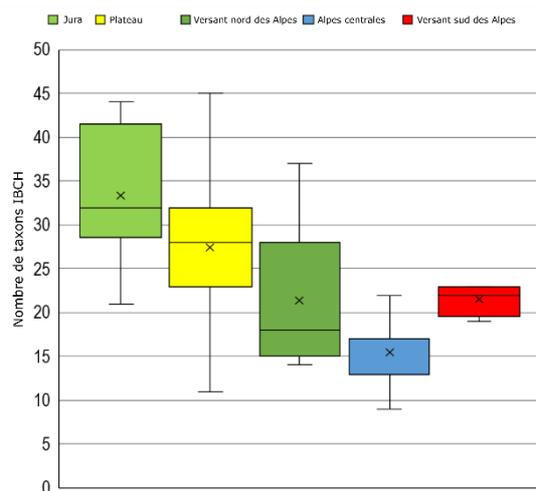


Fig. 14: Répartition des taxons MZB IBCH selon les zones biogéographiques de la Suisse en 2023 (n=113).

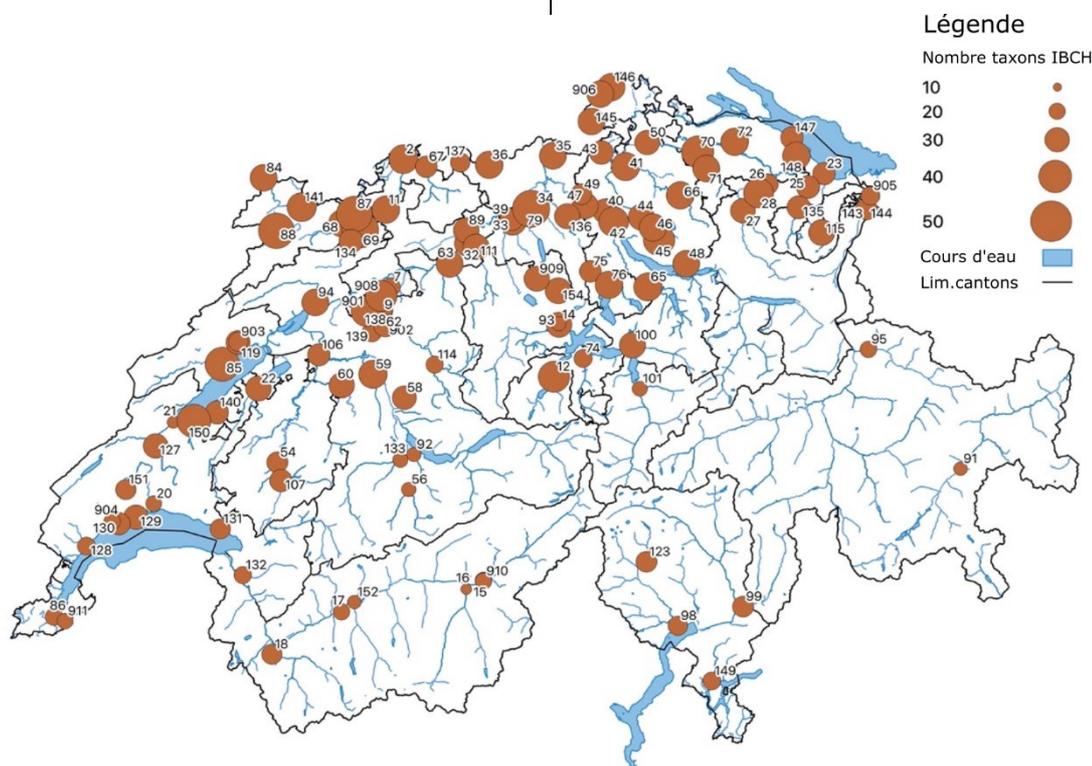


Fig. 15: Nombre de taxons MZB dans les stations du réseau NAWA en 2023. Les chiffres indiqués sur la carte correspondent aux numéros des stations.

La présence moyenne des taxons non EPT dans les régions biogéographiques diffère du nombre total de taxons sur deux points : 1. Il n'y a pratiquement aucune différence entre les trois régions alpines. Le nombre moyen de taxons non EPT est de 9 à 10, avec une très faible dispersion sur le versant sud des Alpes. 2. Les nombres moyens de taxons du Plateau et du Jura se distinguent nettement de ceux des régions alpines (Fig. 16).

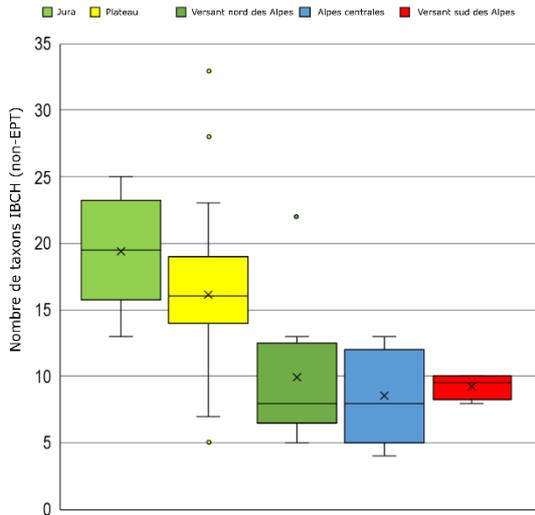


Fig. 16: Répartition du nombre de taxons MZB non-EPT selon les zones biogéographiques de la Suisse (n=113).

En 2023, les chiffres relatifs aux taxons présentaient une distribution statistique normale ($p=0,05$) dans l'ensemble du réseau NAWA. Seule la classe comprenant 36 à 40 taxons est légèrement sous-représentée. Près des deux tiers des stations comptaient entre 21 et 35 taxons (Fig. 17).

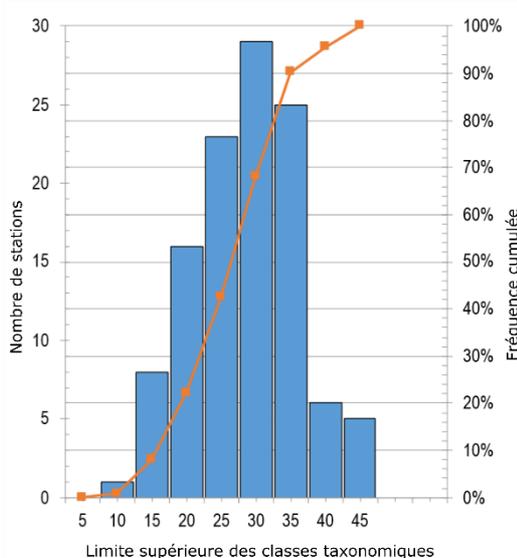


Fig. 17: Répartition des stations au sein du réseau NAWA selon différentes catégories de taxons (n=113).

Dans le tiers restant, les stations présentant un faible nombre de taxons sont plus nombreuses que celles

présentant un nombre élevé de taxons. Sur 8 (6) stations, 11 à 15 taxons ont été recensés. Seuls 5 (4) stations comptaient plus de 40 taxons. Outre les cours d'eau déjà mentionnés, cela concernait également la Scheulte dans le Jura.

6.2 Evolution entre 2012 et 2023

Entre 2012 et 2023, le nombre de taxons dans le réseau NAWA a augmenté de 6 taxons, soit 0,5 par an. Après une augmentation moyenne de 6 taxons par station entre 2015 et 2019 (Fig. 18), les stations comptaient en moyenne 2 taxons de moins en 2023 qu'en 2019. La forte augmentation observée en 2019 ne s'est donc pas poursuivie.



Fig. 18: Évolution du nombre de taxons IBCH entre 2012 et 2023 sur les stations du réseau NAWA (n=88). La différence entre 2015 et 2019 est significative ($p=0,001$).

Cela vaut pour les 88 stations qui ont été échantillonnées lors des quatre relevés. Le tableau reste toutefois inchangé si l'on prend en compte l'ensemble des 113 stations en 2023. La médiane et la moyenne ne varient que très peu. À titre de comparaison supplémentaire, la répartition taxonomique de la campagne de printemps NAWA-Spez 2018 est également présentée, dans laquelle 100 cours d'eau, principalement de petite taille, ont été échantillonnés. La moyenne et la médiane sont identiques à celles de la campagne NAWA-Trend 2015.

6.2.1 Différences dans le nombre de stations 2023-2019 pour les différents taxons

En 2023, 5 taxons ont été trouvés dans 6 à 9 stations de plus qu'en 2019, mais 19 taxons ont été trouvés dans 5 à 27 stations de moins qu'en 2019. Cela explique le recul moyen de 2 taxons observé entre 2019 et 2023. 17 taxons non EPT et 3 taxons EPT ont été trouvés moins fréquemment. Aucun schéma spécifique n'a été observé dans les différences de nombre de stations par groupes systématiques (Fig. 19). Par rapport à 2019, les ordres Diptera, Heteroptera, Gastropoda, Plecoptera, Arachnida,

Coleoptera, Isopoda, Trichoptera et Plathyhelminthes ont été trouvés dans moins de stations.

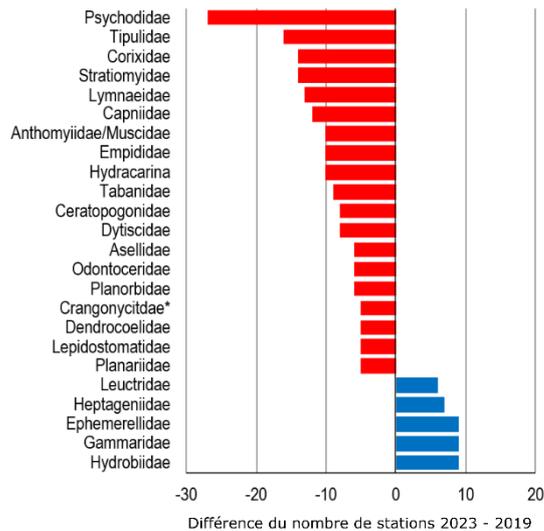


Fig. 19: Répartition des différences de nombre de stations ≥ 5 entre 2023 et 2019 pour les différents taxons IBCH.

6.2.2 Différences dans le nombre de stations et abondances spécifiques aux taxons

La figure 20 doit être interprétée comme suit : chaque point représente un taxon IBCH. L'axe x indique le nombre de stations où un taxon était plus fréquent (différences de station positives, points bleus) ou moins fréquent (différences de station négatives, points rouges) en 2023 qu'en 2019. L'axe y (échelle logarithmique) indique l'abondance moyenne du taxon dans les différentes stations. Si l'on compare les différences 2019-2023 dans les stations avec les abondances moyennes en 2023 pour chaque taxon, on constate que la plupart des taxons avec un faible nombre d'individus (1-10) présentent de grandes différences de stations négatives (Fig. 20).

L'analyse des données issues des programmes de surveillance à long terme du MZB dans les cantons de Vaud et d'Argovie et du MBD a montré de manière concordante en 2021 que, sur une période de 15 à 30 ans, le nombre de taxons a augmenté de 0,5 taxon par an [Haberthür et al. 2021]. Si cette tendance se poursuit, le nombre de taxons en 2023 serait assez proche de cette tendance ($8 \times 0,5 = 6 - 2$). 6 correspond à l'augmentation moyenne du nombre de taxons enregistré au sein du programme NAWA entre 2015 et 2019, - 2 à la diminution moyenne entre 2019 et 2023.

À l'inverse, les taxons qui apparaissent dans plus de stations en 2023 sont également plus abondants.

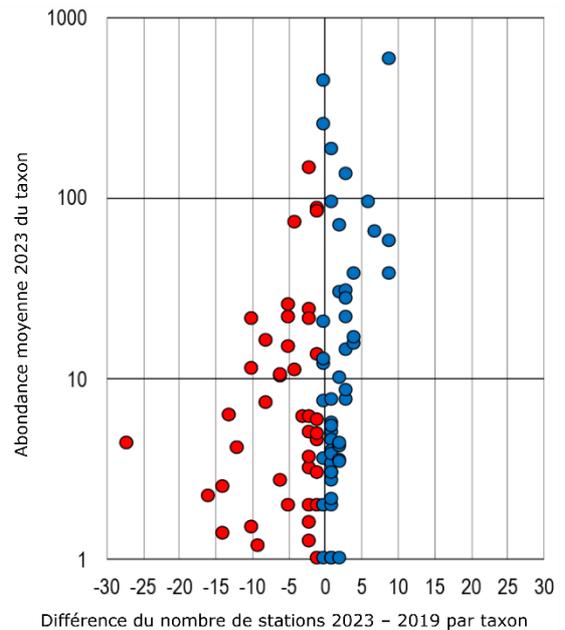


Fig. 20: Répartition des taxons IBCH selon la différence de stations entre 2019 et 2023 et l'abondance moyenne de toutes les stations où un taxon est présent en 2023 (n=93).

6.2.3 Évolution 2012-2023 des taxons non EPT

Les chiffres relatifs aux taxons non EPT sont similaires à ceux de l'ensemble des taxons pour les quatre campagnes menées entre 2012 et 2023. Entre 2015 et 2019, ils ont contribué en moyenne pour deux tiers, soit 4 taxons, à la forte augmentation. Le recul du nombre de taxons entre 2019 et 2023 est toutefois uniquement imputable aux taxons non EPT. La différence entre 2015 et 2023 n'est plus très importante (2 taxons, Fig. 21).

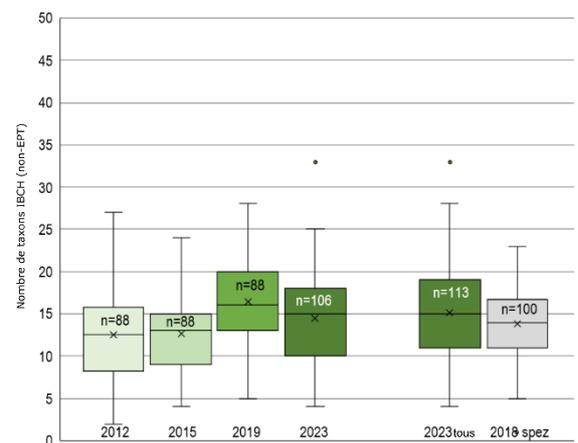


Fig. 21: Évolution du nombre de taxons non EPT entre 2012 et 2023 dans les stations du réseau NAWA (n=88). La différence entre 2015 et 2019 est significative (p=0,001).

6.2.4 Dispersion des nombres de taxons au fil du temps en fonction des stations

Si l'on compare les chiffres relatifs aux taxons des différentes stations entre les différentes campagnes, on constate des disparités considérables. Les chiffres de 2019 n'expliquent que 32 % des chiffres de 2023. Sur les 88 stations, les deux campagnes divergent de 0 à 10 taxons pour 74 d'entre elles et de 10 à 20 taxons pour 14 d'entre elles. Ceci pour des valeurs moyennes de 29 taxons en 2019 et 27 taxons en 2023 (Fig. 22). Seuls 29 stations se situent en dehors de l'intervalle de confiance de 95 % lié à la méthode.

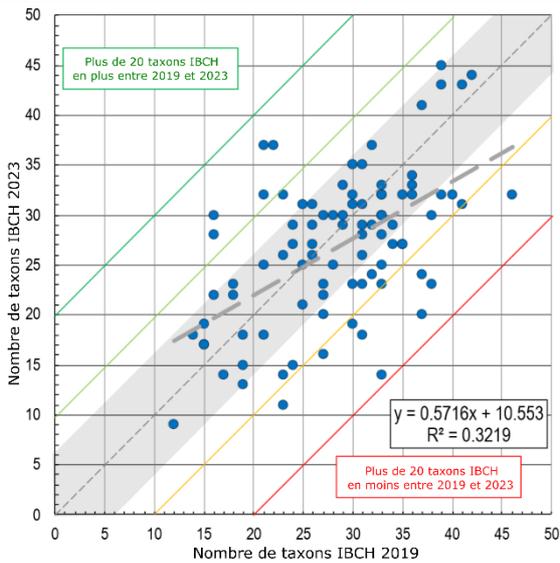


Fig. 22: Dispersion des nombres de taxons par station entre les relevés de 2019 et 2023. La zone grise indique l'intervalle de confiance à 95 % de la méthode de recensement (voir chapitre 13.1.1).

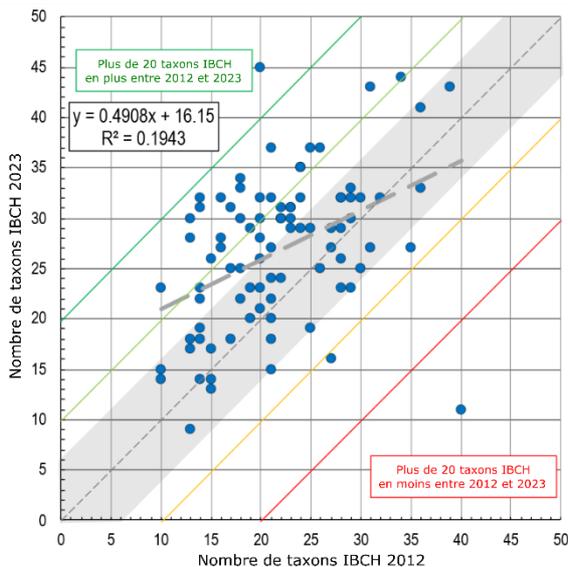


Fig. 23: Dispersion des nombres de taxons par station entre les relevés de 2012 et 2023. La zone grise indique l'intervalle de confiance à 95 % de la méthode de recensement (voir chap. 13.1.1).

Les nombres de taxons au début du projet NAWA en 2012 ne permettent d'expliquer que 19 % des chiffres actuels pour 2023. Dans 51 cas, les différences peuvent être exclues avec une probabilité de 95 % en raison de la dispersion liée à la méthode. L'augmentation générale du nombre de taxons se reflète également dans le fait que la majeure partie des points se situent à gauche de la diagonale médiane (Fig. 23).

6.3 Facteurs influençant les non-EPT

Ce chapitre examine l'influence de différentes caractéristiques et activités dans le bassin versant des stations NAWA sur les taxons non-EPT. Nous renonçons ici à une analyse correspondante des taxons EPT au niveau IBCH, car les EPT sont traités séparément et en détail au chapitre 9.

Attribut des EZG	NAWA-Proben 2012-2023
Niveau A	
Pente moyenne de l'ensemble du BV	-0.545
Part de terres arables [%]	0.482
Part de surface improductive [%]	-0.553
Surfaces agricoles [%]	0.420
Niveau B	
Terre agricole ouverte	0.451
Prairie artificielle	0.458
Zone d'estivage	-0.464
Rocher, éboulis	-0.519
Végétation improductive	-0.403
Niveau C	
Orge d'automne	0.460
Blé d'automne	0.423
Silo et maïs	0.461
Prairie ou pâturage extensif	0.461
Haies, bosquets et végétation riveraine	0.436
Rocher	-0.487
Éboulis, sable	-0.401
Caractéristiques agrégées	
Agriculture intensive	0.484
Improductif : rocher, éboulis	-0.520
Zone urbanisée + agriculture intensive + vignes + fruits + baies	0.466
Agriculture extensive + forêt + terres improductives	-0.471
% de la surface traitée avec un insecticide	0.491

Tab. 8: Corrélations (valeurs r) entre les taxons non EPT au niveau IBCH et différents facteurs d'influence dans les bassins versants des stations NAWA. Seules les valeurs r > 0,4 sont indiquées.

Les proportions de la couverture du sol et des différentes utilisations ont été recalculées en 2023 selon trois niveaux de détail (niveaux A, B et C) pour chaque bassin versant d'une station NAWA. Les corrélations entre les indicateurs des bassins versants et les nombres de taxons ont été déterminées à tous les niveaux à partir des données du module MZB 2012-2023.

Les non-EPT présentait la corrélation la plus forte (toujours négative) avec la pente moyenne dans le bassin versant, les surfaces improductives et avec les rochers et les éboulis. Les non-EPT présentait une corrélation positive avec la somme des surfaces d'urbanisation, d'agriculture intensive, d'arbres fruitiers, de vignes et de baies, et une corrélation négative avec la somme des surfaces d'agriculture extensive, de surfaces recouvertes par la végétation et de surfaces improductives. Cela vaut également pour certaines caractéristiques liées à une exploitation intensive ou extensive dont les proportions ne se complètent pas.

6.3.1 Influence d'une utilisation intensive

Les surfaces intensivement exploitées (urbanisation, agriculture intensive, cultures fruitières, viticoles et baies) dans le bassin versant favorisent la diversité des non-EPT dans les cours d'eau. C'est ce qui ressort tant des données de 2023 que des données antérieures prises en compte (Fig. 24).

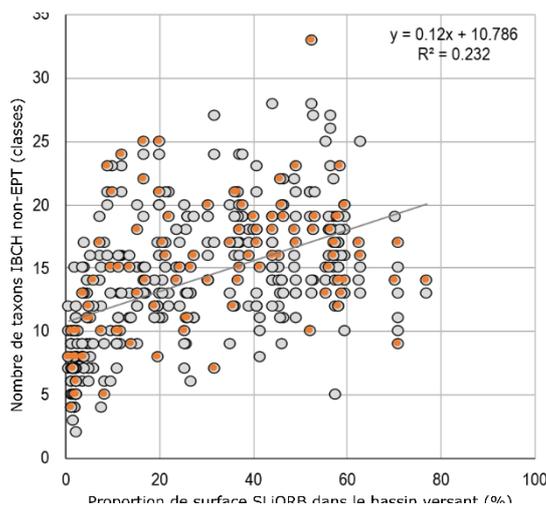


Fig. 24: Corrélation entre les surfaces exploitées intensivement (urbanisation, agriculture intensive, arboriculture fruitière, viticulture, culture de baies) et le nombre de taxons non EPT (niveau IBCH). Points gris = 2019 et 2023, points bruns = 2023.

Ce résultat s'explique en premier lieu par l'exploitation intensive des terres agricoles et, en second lieu, par l'urbanisation.

Dans les stations NAWA présentant de nombreuses surfaces improductives dans le bassin versant, on trouve relativement peu de non-EPT. Ces taxons supportent moins bien que les EPT la pauvreté en nutriments, la richesse en oxygène et les conditions plus rudes régnant dans les bassins versants (Fig. 25).

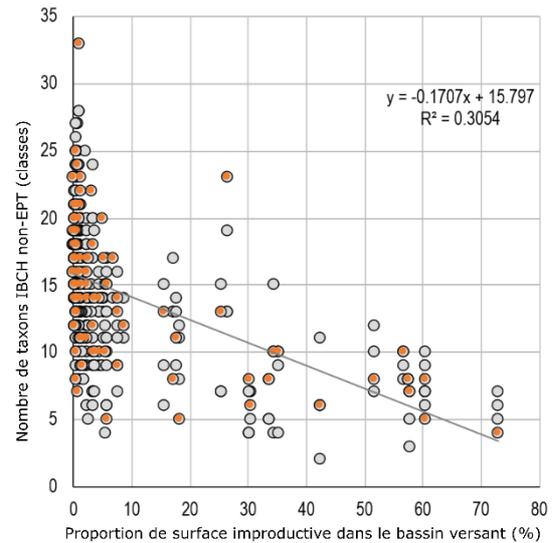


Fig. 25: Corrélation entre la surface improductive dans le BV et le nombre de taxons IBCH non EPT. Points gris = 2019 et 2023, points bruns = 2023.

La corrélation négative entre la pente moyenne du terrain et le nombre de taxons non-EPT est un effet secondaire des facteurs d'influence mentionnés ci-dessus (Fig. 26). Alors que l'agriculture intensive est principalement pratiquée dans les zones peu pentues, les surfaces improductives se trouvent généralement sur des terrains plus escarpés.

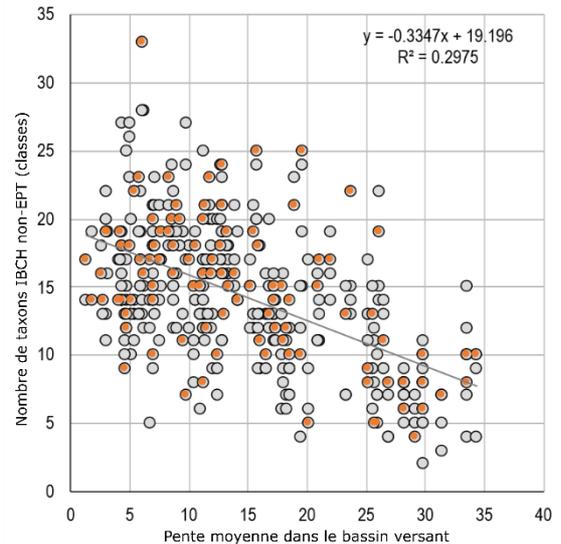


Fig. 26: Corrélation entre la pente moyenne du terrain dans le BV et le nombre de taxons IBCH non EPT. Points gris = 2019 et 2023, points bruns = 2023.

7 IBCH

Le calcul de l'IBCH est effectué selon les directives actuelles du module MZB du SMG et est identique à celui de 2019. Toutes les données antérieures ont été mises à jour selon la dernière méthode de calcul. Les chiffres entre parenthèses se réfèrent à l'inventaire de 2019.

7.1 IBCH 2023

Sur les 113 stations examinées dans l'inventaire actuel, l'IBCH attribuée à 28 (32) ou 24,8 % une note « très bonne », à 55 (48) ou 48,7 % une note « bonne », à 26 (21) ou 23 % une note « moyenne » et à 3 (5) ou 2,7 % une note « insatisfaisante » et 1 (0) ou 0,9 % un état « mauvais ». Selon l'IBCH, 83 (80) stations, soit 73 %, atteignent ainsi en 2023 les objectifs écologiques correspondants de l'ordonnance sur la protection des eaux (annexe 1, ch. 1, al. 1a, b et 3c ; Fig. 27). Les stations ne remplissant pas les objectifs se concentrent principalement dans le centre et l'ouest du Plateau et dans le Jura (Fig. 28). Les trois stations classées « insatisfaisantes » se trouvent dans les cantons de Saint-Gall (Aächeli), Genève (La Seymaz) et Valais (Canal d'Uvrier). La classe de qualité « mauvaise » concerne la Thielle dans le canton de Vaud.

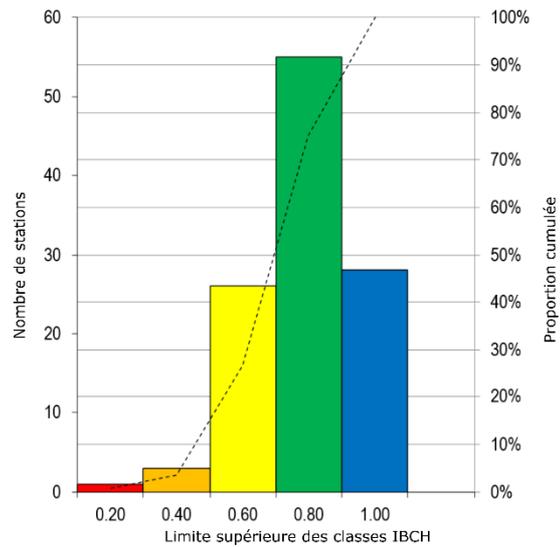


Fig. 27: Répartition stations NAWA-MZB examinées en 2023 selon les classes de qualité déterminées par l'IBCH.

Les résultats obtenus ne sont toutefois pas très solides. Si le taxon présentant la meilleure valeur indicative était supprimé dans toutes les stations, la médiane et la moyenne de l'IBCH diminueraient d'environ un quart, soit de 0,06 classe de qualité. Au total, 42 stations obtiendraient alors une classification inférieure.

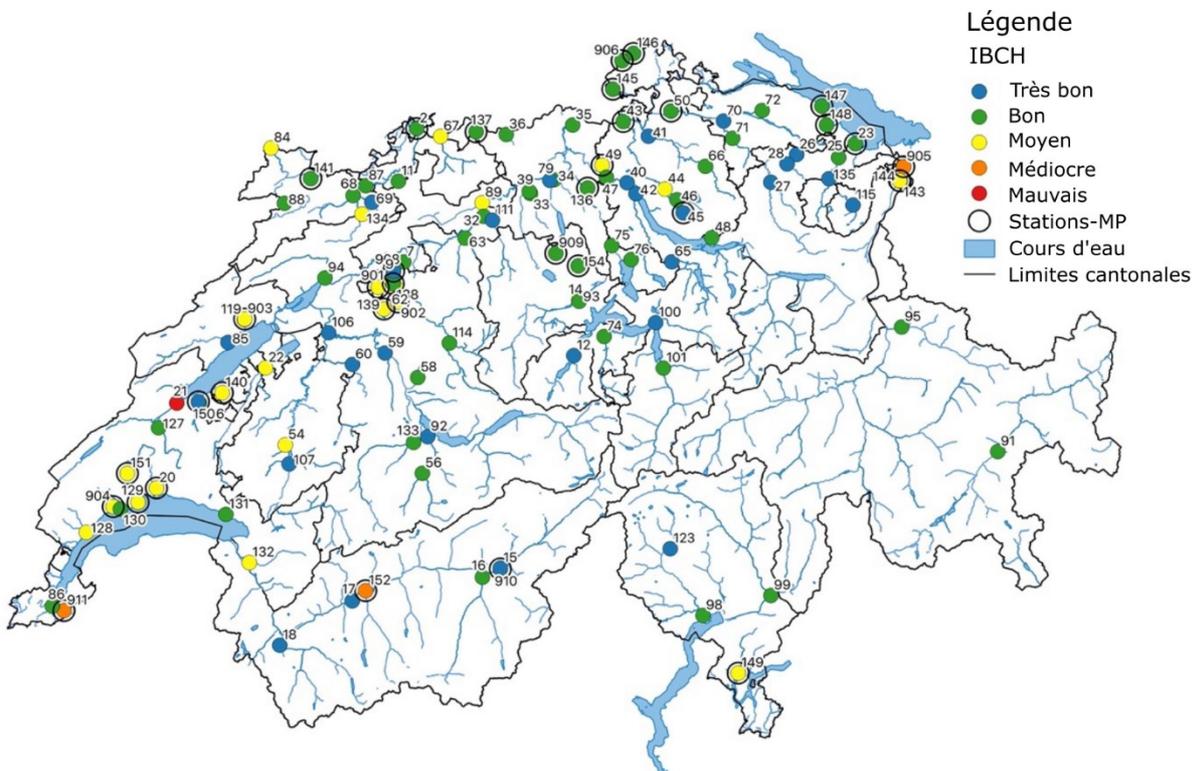


Fig. 28: Stations NAWA avec les classes de qualité attribuées par l'IBCH en 2023 (n=113).

7.2 Evolution entre 2012-2023

L'évolution de l'IBCH est principalement illustrée à l'aide des stations où des échantillons ont été prélevés lors des quatre relevés. Au total, 88 stations ont été recensées.

7.2.1 Evolution des stations dans le temps

Dans l'ensemble, la valeur IBCH a augmenté d'environ une demi-classe depuis 2012. La forte hausse enregistrée entre 2015 et 2019 ne s'est pas poursuivie en 2023 pour se consolider à peu près au niveau de 2019 (Fig. 29). Entre 2019 et 2023, la moyenne a baissé de 0,02, tandis que la médiane a augmenté de 0,03. Cela vaut pour les 88 stations où des échantillons ont été prélevés lors des quatre campagnes menées jusqu'à présent. Si l'on considère l'ensemble des stations échantillonnées en 2023, la moyenne et la médiane diminuent chacune de 0,03. Ces valeurs légèrement inférieures s'expliquent par l'augmentation du nombre de stations due à l'inclusion de petits cours d'eau.

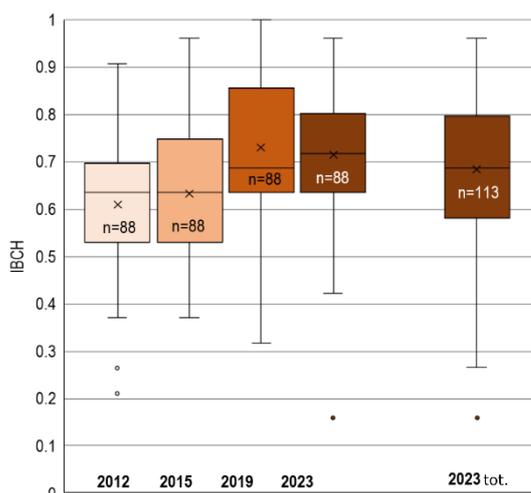


Fig. 29: Évolution de l'IBCH entre 2012 et 2023

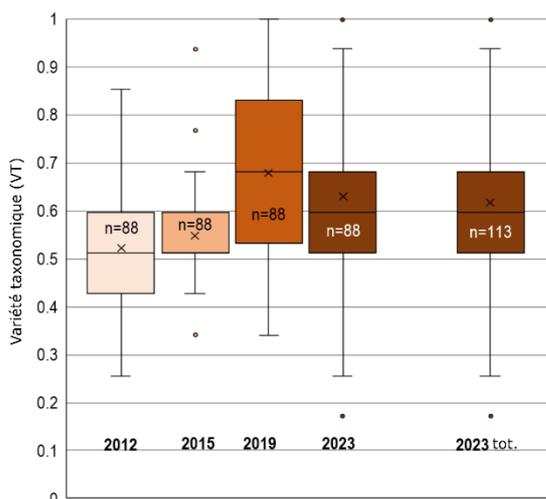


Fig. 30: Évolution de la classe de diversité entre 2012 et 2023

Ils drainent les zones plus fortement affectées par l'activité humaine en raison des parts d'utilisation dans le bassin versant.

La classe de diversité VT (Fig. 30) des stations a diminué entre 2019 et 2023 de 0,04 en moyenne et même de 0,08 en médiane. La moyenne, la médiane et la variance sont identiques en 2023, que l'on considère uniquement les 88 stations échantillonnées lors des quatre relevés ou l'ensemble des 113 stations. La perte de taxons entre 2019 et 2023 contribue à cette légère baisse de la classe de diversité.

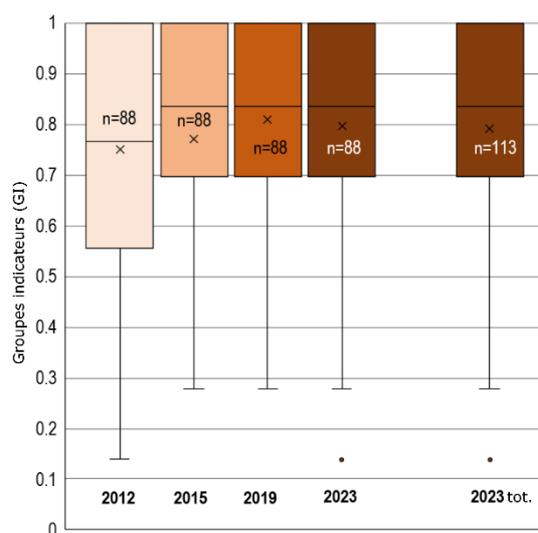


Fig. 31: Évolution des groupes d'indicateurs entre 2012 et 2023.

La dispersion du groupe d'indicateurs est restée identique depuis 2015, bien que le GI par station varie considérablement dans le temps. Cela est également illustré par les différentes valeurs moyennes entre 2015 et 2023 (Fig. 31). La répartition, qui est restée stable depuis trois campagnes, suggère que le modèle spatial des conditions environnementales pour les taxons sensibles n'a pas fondamentalement changé au fil du temps.

7.2.2 Évolution dans le temps des stations MP

Sur les 35 stations MP, seules 7 ont fait l'objet d'échantillonnages biologiques depuis 2012. Sur la base de ces échantillons, l'évolution temporelle de l'IBCH est nettement plus marquée. Les valeurs moyennes varient entre 0,38 (2012) et 0,67 (2023), les valeurs médianes entre 0,37 (2012) et 0,69 (2023). L'augmentation est constante dans tous les cas. Malgré le faible nombre de stations, les valeurs moyennes et médianes de 2019 et 2023 sont comparables aux valeurs analogues de toutes les stations MP enregistrées en 2019 (20 stations) et 2023 (35 stations). La série de mesures avec seulement 7 stations NAWA-MP semble assez représentative (Fig. 32).

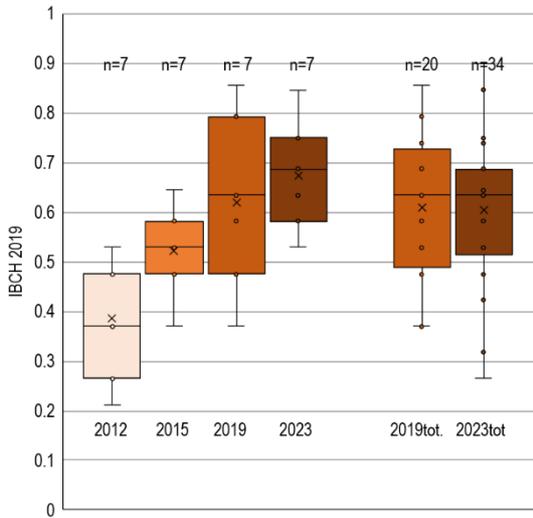


Fig. 32: Évolution de l'IBCH aux stations NAWA-MP entre 2012 et 2023. À gauche : évolution des 7 stations échantillonnées pendant toute la période. À droite : toutes les stations échantillonnées en 2019 et 2023.

7.2.3 Modification de l'IBCH spécifique à la station

Entre 2019 et 2023, l'IBCH a changé de classe de qualité à 45 endroits, de deux classes à trois endroits et de trois classes à un endroit. Les améliorations étaient parfois

minimes, mais suffisantes pour franchir une limite de classe. La station CH-45-ZH a gagné deux classes et la station CH-40-ZH Limmat, encore jugé « insatisfaisante » en 2019, a même gagné trois classes de qualité. La mauvaise évaluation de l'époque résultait d'un effondrement de la diversité EPT, qui est passée de 8 taxons en 2015 à 2 taxons en 2019. En 2023, on en comptait à nouveau 11. La cause de cette évolution reste inexplicée à ce jour.

Une dégradation de deux classes a été constatée dans deux stations. Des travaux hydrauliques ont été réalisés peu avant le relevé sur la station CH-21-VD (Thielle), tandis que les raisons de la détérioration de la station CH-093-LU sont inconnues. Les améliorations ont principalement été constatées dans l'est et l'ouest du Plateau et à trois endroits dans les Alpes. La classe de qualité est restée inchangée dans 46 stations (Fig. 33).

Sur l'ensemble de la période 2012-2023 (88 stations), 32 stations ont gagné une classe de qualité, 11 en ont gagné deux. 39 stations sont restées inchangées et 5 ont perdu une classe de qualité (Fig. 34). La station CH-21-VD déjà mentionnée a perdu trois classes.

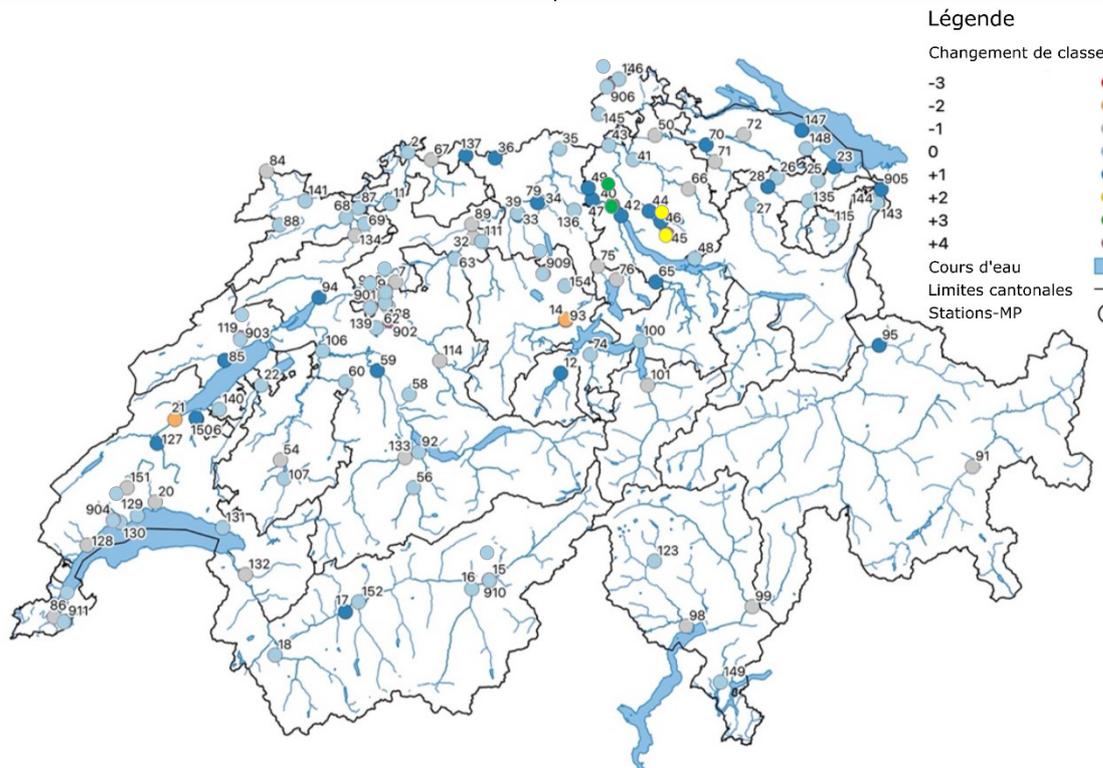


Fig. 33: Évolution des classes de qualité IBCH dans le réseau NAWA entre 2019 et 2023 pour un total de 113 stations.

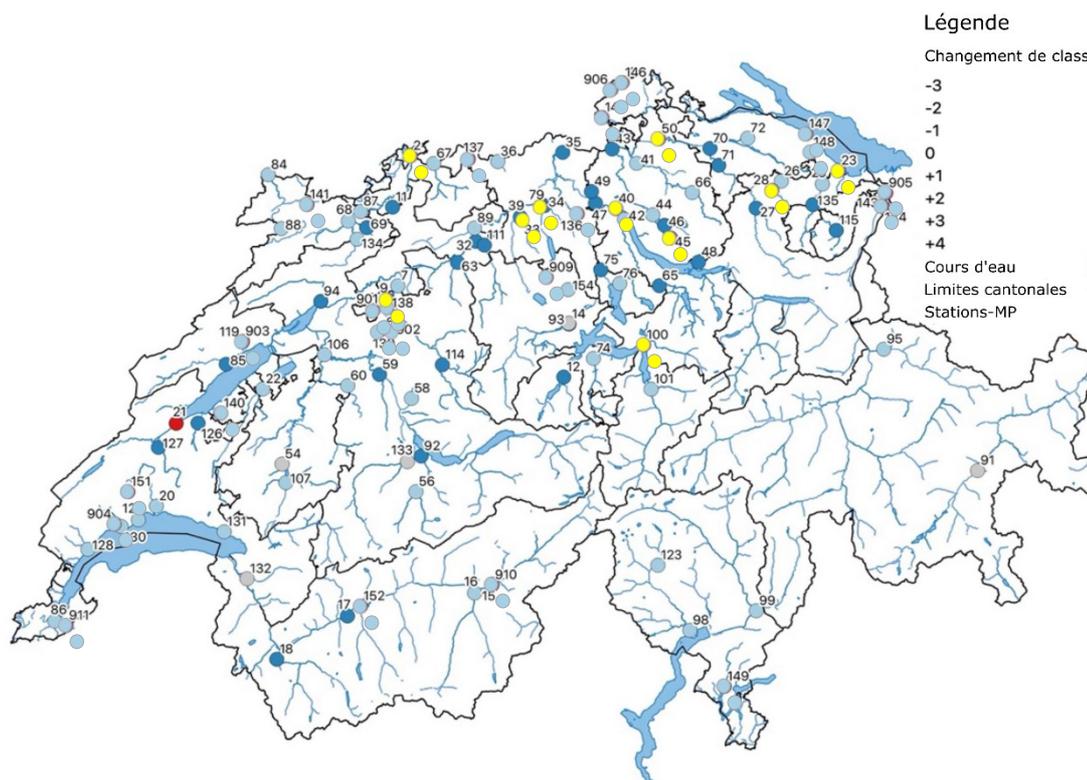


Fig. 34: Évolution des classes de qualité IBCH dans le réseau NAWA entre 2012 et 2023 pour un total de 88 stations

7.2.4 Dispersion temporelle de l'IBCH

La dispersion des nombres de taxons entre les années de relevé, spécifique à chaque station, se reflète également dans la valeur IBCH. Entre 2023 et 2019, les points sont dispersés de manière plus ou moins symétrique par rapport à la diagonale (Fig. 35), ce qui signifie que les valeurs seraient identiques pour les deux années. Les valeurs IBCH de 2023 ne peuvent être expliquées qu'à 23 % par les résultats de 2019.

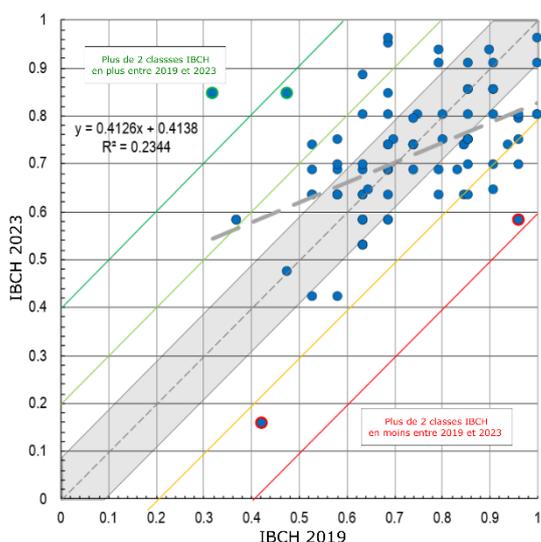


Fig. 35: Variation de la valeur IBCH par station en 2023 (axe y) par rapport à l'année de référence 2019 (axe x). La zone grise indique les intervalles de confiance à 95 % de la méthode de mesure (calculés à partir de 37 doubles échantillons).

Seule la moitié environ des changements se situent en dehors de l'intervalle de confiance de 95 % de la dispersion méthodologique. On remarque une nette amélioration dans la Limmat en aval de Zurich (point tout en haut à gauche) et dans l'Aabach à Mönchaltorf (au centre en haut). La situation s'est considérablement détériorée dans la Thielle (point au centre en bas) et la Petite Emme (tout en bas à droite).

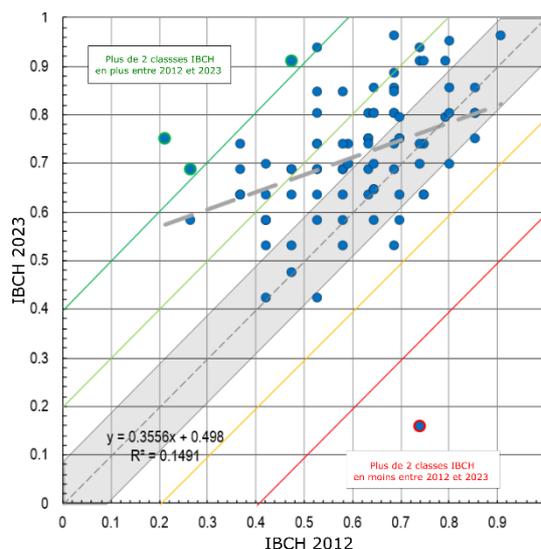


Fig. 36: Variation de la valeur IBCH par station en 2023 (axe y) par rapport à l'année de référence 2012 (axe x). La zone grise indique les intervalles de confiance à 95 % de la méthode de mesure (calculés à partir de 7 doubles échantillons).

La Fig. 36 montre clairement l'évolution de la valeur IBCH entre 2012 et 2023 vers une meilleure classe. La qualité des eaux s'est améliorée d'un intervalle de classe dans davantage de stations qu'elle ne s'est détériorée. Les données de 2012 ne permettent d'expliquer que 15 % des résultats de 2023. Au cours de cette période, l'IBCH s'est fortement détérioré dans la Thielle (CH-021-VD), mais s'est nettement amélioré dans la Thur (CH-050-ZH), la Muota (CH-100_SZ) et l'Aabach (CH-079-AG).

7.3 Facteurs influençant l'IBCH

Comme en 2019, l'IBCH, la VT et le GI 2023 ne présentent qu'une faible corrélation avec les différentes caractéristiques du bassin versant. La corrélation la plus forte est observée entre la somme de toutes les surfaces exploitées de manière extensive et le GI. Celle-ci est positive. La part des surfaces exploitées de manière extensive n'explique toutefois que 25 % du GI. La complémentarité des surfaces restantes exploitées de manière intensive entraîne une corrélation négative similaire pour l'IBCH, la VT et le GI. De faibles corrélations supérieures à $r=0,4$ apparaissent également entre le GI et l'altitude, l'ordre du cours d'eau et la pente moyenne, ainsi qu'entre l'IBCH et l'ordre du cours d'eau et la somme des surfaces exploitées de manière intensive et extensive (Tab. 9)

Facteur d'influence	IBCH	VT	GI
Part de la surface urbanisée [%]	-0.256	-0.090	-0.364
Part des espaces verts [%]	0.352	0.184	0.429
Part de la superficie forestière [%]	-0.093	-0.048	0.233
Part des terres arables [%]	-0.333	-0.179	-0.401
Part des cultures fruitières [%]	-0.153	-0.062	-0.210
Part du vignoble [%]	-0.331	-0.228	-0.338
Part de surface improductive [%]	0.296	0.249	0.244
Total des UGB	0.139	0.050	0.200
UGB par hectare de surface agricole utile [UGB/ha]	0.163	0.204	0.048
UGB par km ² de superficie de bassin versant	-0.072	0.034	-0.183
Nombre d'exploitations	0.175	0.087	0.218
Part des cultures fruitières dans le CH-BV [%]	-0.178	-0.104	-0.204
Part des vignes dans le CH-BV [%]	-0.331	-0.228	-0.338
Part des surfaces urbanisées dans le CH-BV [%]	-0.212	-0.073	-0.308
Nombre d'habitants dans le bassin versant	0.175	0.070	0.240
Longueur du réseau hydrographique en amont de la station	0.243	0.171	0.241
Altitude de la station	0.344	0.187	0.413
Débit moyen modélisé [m ³ / s]	0.286	0.259	0.211
Ordre des cours d'eau selon Strahler	0.448	0.286	0.455
Part des eaux usées dans le Q347 [%]	-0.267	-0.117	0.389
Quantité d'eaux usées 500 litres par habitant et par jour	0.144	0.099	0.143
Pente du cours d'eau à la station	0.049	0.068	0.008
Pente moyenne du BV	0.364	0.212	0.420
Classe écomorphologique	0.060	0.113	-0.052
Zone urbaine+agriculture intensive+culture fruitière+vignes	-0.430	-0.226	-0.526
Surfaces improductives+forêt+espaces verts	0.443	0.235	0.539

Tab. 9. Corrélations entre la VT, le GI de l'IBCH et les facteurs d'influence connus dans le bassin versant hydrologique des 113 stations NAWA.

7.3.1 Pente moyenne du terrain et IBCH

La pente moyenne du terrain, calculée à partir de cellules de 10x10 m dans le bassin versant d'une station NAWA, est une sorte de variable substitutive qui influence fortement la pollution des eaux (Fig. 37).

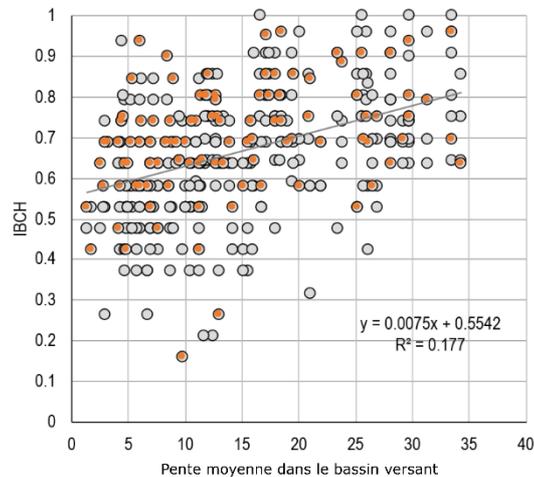


Fig. 37. Relation entre la pente moyenne du terrain [%] et l'IBCH. Les points orange (n=113) se réfèrent aux relevés de 2023, les points gris (n=384) à tous les relevés effectués entre 2012 et 2023.

Ainsi, les zones urbanisées et les terres agricoles se trouvent plutôt sur des terrains peu pentus, ce qui augmente l'intensité d'utilisation (urbanisation, agriculture intensive, total des UGB, etc.) et entraîne des rejets plus importants dans les eaux. La pente moyenne du terrain explique 17 % de l'IBCH dans le réseau NAWA.

Dans une plage de pente moyenne comprise entre 0 et 35 %, l'IBCH s'améliore en moyenne d'environ une classe de qualité, passant de 0,57 à 0,82.

7.3.2 IBCH et intensité de l'utilisation des surfaces

Il existe une faible corrélation négative entre l'IBCH et la part des surfaces intensivement exploitées (somme des zones urbanisées, de l'agriculture intensive, des vergers, des vignobles et des cultures de baies) dans le bassin versant des stations (Fig. 38), qui n'explique que 18 % de l'IBCH. Plus la part de surfaces intensivement exploitées dans le bassin versant des stations augmente, plus l'IBCH diminue en moyenne, passant de 0,75 à 0,51, et de la classe de qualité « bonne » à « moyenne ».

L'outlier négatif du relevé 2023 concerne la station CH-021-VD, La Thielle, où, comme déjà mentionné, il s'est avéré après le prélèvement que des travaux d'aménagement hydraulique avaient été effectués peu avant.

Les parts de surface exploitées de manière extensive sont complémentaires aux surfaces exploitées de manière

intensive et leur représentation évolue ainsi pratiquement en miroir.

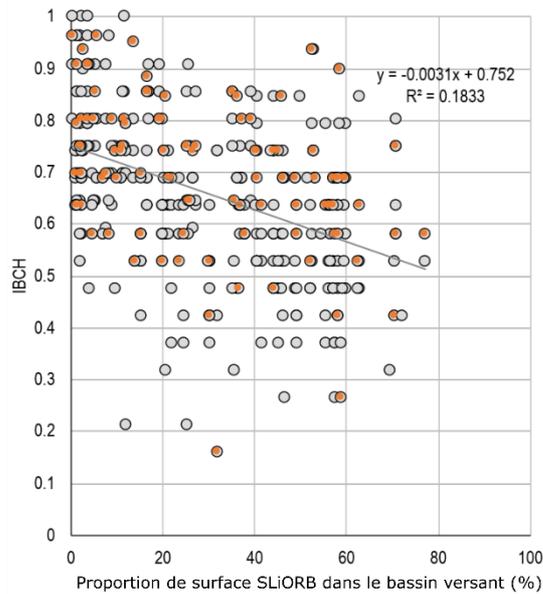


Fig. 38: Relation entre la part de surface intensivement exploitée dans le bassin versant [%] et les stations NAWA. Les points orange (n=113) se réfèrent aux relevés de 2023, les points gris (n=384) à tous les relevés effectués entre 2012 et 2023.

7.3.3 Ordre des cours d'eau et IBCH

Le paramètre « ordre du cours d'eau » présente une corrélation positive avec l'IBCH (Fig. 39). Cela s'explique par le fait que les petits cours d'eau à indice d'ordre bas offrent une diversité d'habitats moindre au MZB et sont parfois à sec pendant les années très sèches, comme en 2018. L'outlier négatif enregistré en 2023 est à nouveau lié à la station de La Thielle.

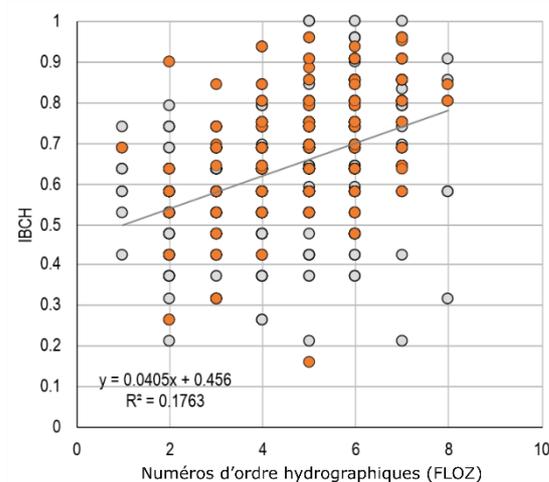


Fig. 39: Influence de la taille des cours d'eau selon leur indice d'ordre sur l'IBCH des stations NAWA. Les points orange (n=113) se réfèrent au relevé de 2023, les points gris (n=384) à tous les relevés effectués entre 2012 et 2023.

7.3.4 Part des eaux usées et IBCH

La proportion d'eaux usées dans les cours d'eau aux stations NAWA a une influence sur l'IBCH. Celle-ci peut être expliquée statistiquement à hauteur de 17 % par la part des eaux usées. La droite de régression correspondante baisse de 0,7 à 0,46, soit une classe de qualité. L'outlier négatif est à nouveau lié à la situation dans la Thielle et n'est pas dû aux eaux usées.

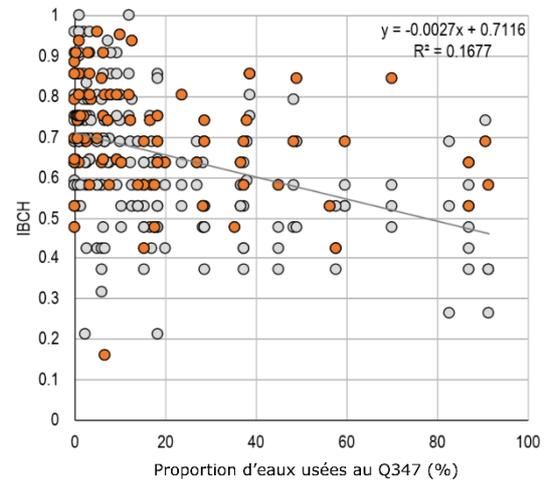


Fig. 40: Tendence linéaire entre la part calculée d'eaux usées et l'IBCH. Les points orange (n=113) se réfèrent aux relevés de 2023, les points gris (n=384) à tous les relevés effectués entre 2012 et 2023.

8 SPEAR-Index

L'indice SPEAR_{pesticides} a été calculé pour le NAWA 2023 selon la version 2018 du SPEAR. Les fiches de laboratoire antérieures ont été reportées dans la fiche de laboratoire de 2019 afin de déterminer rétroactivement l'indice selon cette version. Dans ce qui suit, les chiffres entre parenthèses se réfèrent aux résultats de 2019.

8.1 SPEAR-Index 2023

Dans le réseau de stations NAWA 2023, un indice SPEAR a été déterminé pour 42 stations, ce qui est encore considéré comme acceptable selon la pratique actuelle. 21 ou 18,6 % (11 ou 10 %) des stations ont obtenu une note « très bonne », 21 ou 18,6 % (28 ou 26 %) une note « bonne » et 56 ou 49,6 % (45 ou 42 %) une note « moyenne » et 12 ou 10,6 % (20 ou 19 %) une note « insatisfaisante » en ce qui concerne l'effet spécifique des micropolluants sur le MZB. La classe « mauvaise » concerne 3 ou 2,7 % (3 ou 2 %) des stations (Fig. 41). Les stations de qualité moyenne et faible se répartissent principalement sur le Plateau et dans le Jura. Dans les Alpes centrales et les régions préalpines, presque tous les stations se situent au moins dans la zone verte (fig. 42). Les trois stations

classées comme « mauvaises » se trouvent dans les cantons de Saint-Gall (Aächeli), Berne (Urtenen) et Valais (Canal d'Uvrier). Ce dernier coule dans la vallée du Rhône, à travers une région principalement consacrée à la culture fruitière et à la viticulture.

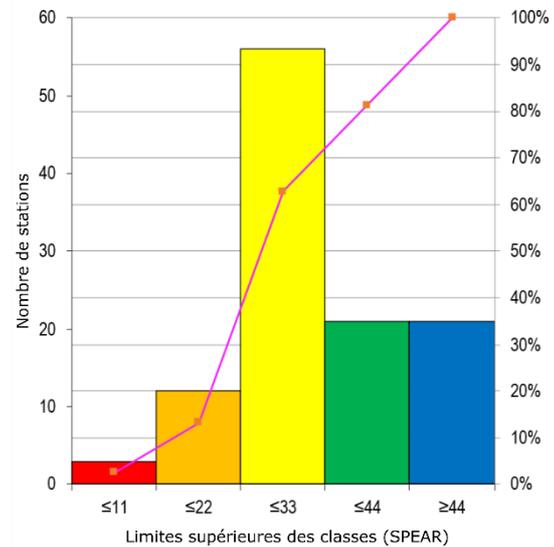


Fig. 41: Répartition des 2023 stations NAWA-MZB examinées selon les classes de qualité déterminées par l'indice SPEAR

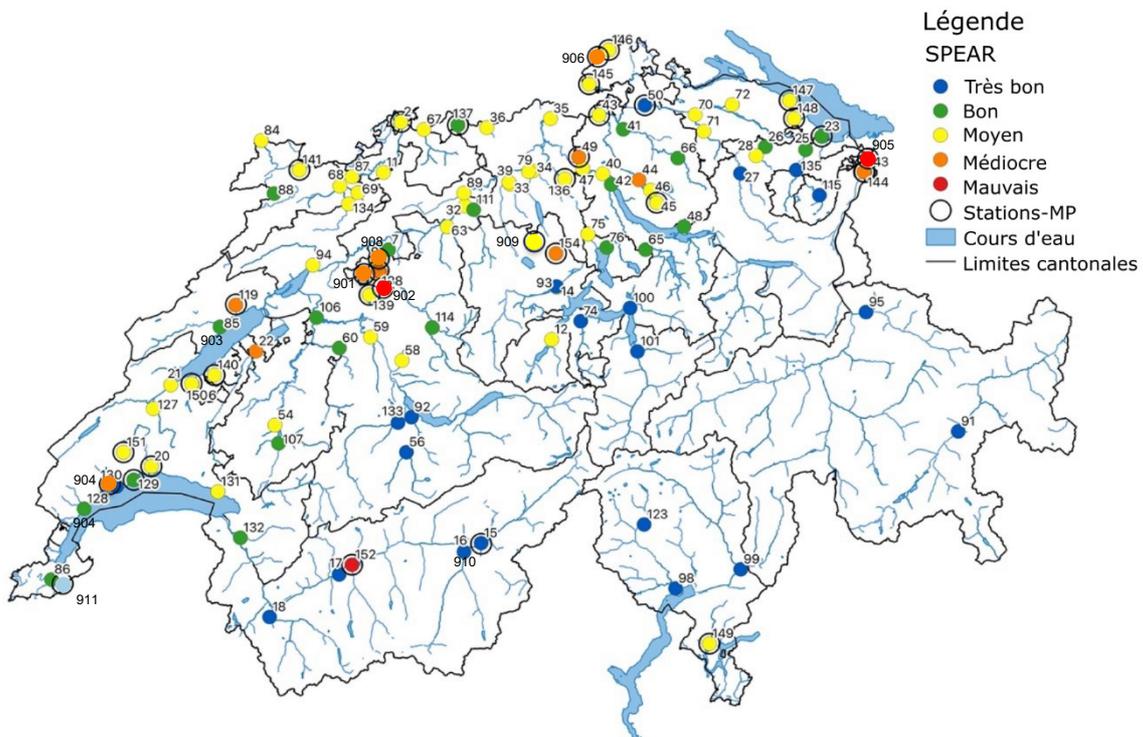


Fig. 42: Stations NAWA avec les classes de qualité attribuées par l'indice SPEAR pour 2023 (n=113).

8.2 Evolution entre 2012 et 2023

Pour l'indice SPEAR également, l'évolution dans le temps est déterminée sur la base des 88 stations évaluées sur l'ensemble de la période. Seules 7 des 35 stations MP ont été évaluées.

8.2.1 Evolution temporelle de l'ensemble des stations

Aux endroits où les quatre évaluations ont été réalisées, la moyenne et la médiane de l'indice SPEAR n'ont pas changé entre 2012 et 2023 (Fig. 43). L'abaissement léger de ces valeurs ainsi que la fourchette plus étroite lorsque l'on prend en compte tous les stations de 2019 et 2023 s'expliquent probablement par le choix de stations supplémentaires, plus petites et considérées comme polluées par les micropolluants. Dans l'ensemble, la variation des valeurs de l'indice a diminué depuis la première enquête. Cela signifierait que la situation en matière de pollution s'est harmonisée entre les stations.

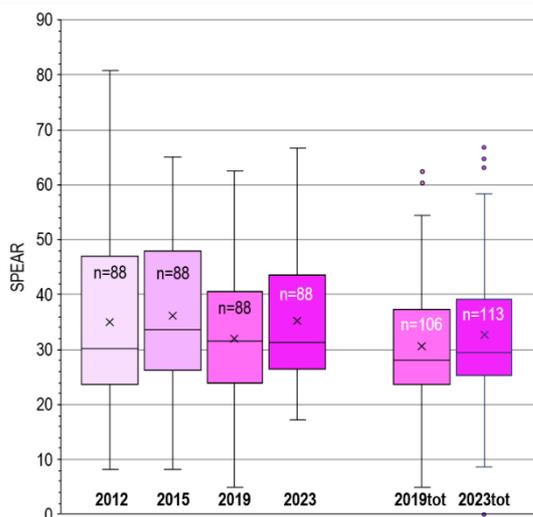


Fig. 43: Évolution de l'indice SPEAR dans toutes les stations entre 2012 et 2023 (n=88). La différence entre 2015 et 2019 est significative ($p=0,05$).

8.2.2 Evolution temporelle sur les stations MP

Depuis 2019, les micropolluants présents dans les eaux sont mesurés tout au long de l'année à l'aide d'échantillons collectés tous les 14 jours dans 14 stations de surveillance, et depuis 2022 dans 21 stations supplémentaires.

Les valeurs moyennes des stations MP varient entre des valeurs SPEAR de 20 et 30 unités (Fig. 44) et, pour l'ensemble du panel de stations NAWA, entre 30 et 40 (Fig. 43). Les stations MP se situent ainsi en moyenne dans une classe de qualité inférieure. Mesurées à l'aide de la

moyenne et de la médiane, les valeurs SPEAR des stations MP étaient nettement plus basses en 2012 que les années suivantes.

Comme supposé dans le chapitre précédent, l'ajout de 24 stations supplémentaires au réseau NAWA en 2019 et 2023, principalement sur des cours d'eau petits et vraisemblablement plus fortement pollués par les micropolluants, a légèrement fait baisser les valeurs moyennes et médianes (Fig. 44). À condition que l'indice SPEAR soit principalement sensible à la présence de micropolluants, la charge en micropolluants dans le réseau NAWA n'a pas changé de manière significative au fil du temps.

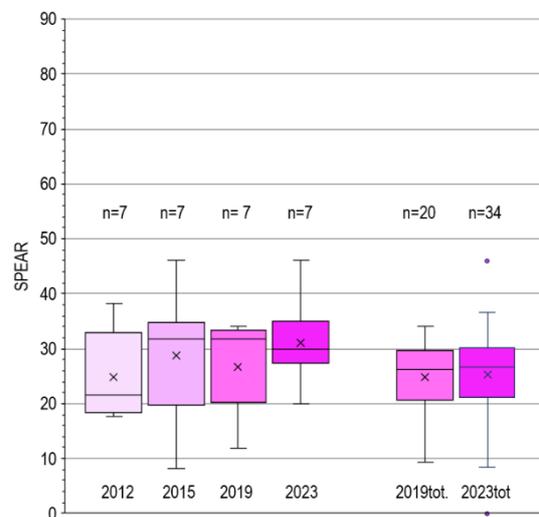


Fig. 44: Évolution de l'indice SPEAR dans les stations MP entre 2012 et 2023. Les différences ne sont pas significatives. À gauche: évolution des 7 stations échantillonnées sur l'ensemble de la période. À droite: toutes les stations échantillonnées en 2019 et 2023.

8.2.3 Modification de l'indice SPEAR spécifique à une station

De 2019 à 2023 (106 stations), SPEAR a changé de classe de qualité pour 43 stations. 32 stations ont gagné une classe, tandis que 11 ont perdu une classe. Seules deux stations ont connu des changements de deux classes, toutes deux dans le sens positif. 60 stations sont restées inchangées. Pour la station CH-152-VS, la formule SPEAR n'a fourni aucune valeur, car trop peu de taxons ont été trouvés. La station CH-40-ZH, encore classée « mauvaise » en 2019, et la station CH-50-ZH, encore jugée « insatisfaisante », ont chacune gagné deux classes de qualité. Aucune détérioration de plus de deux classes n'a été constatée (Fig. 45).

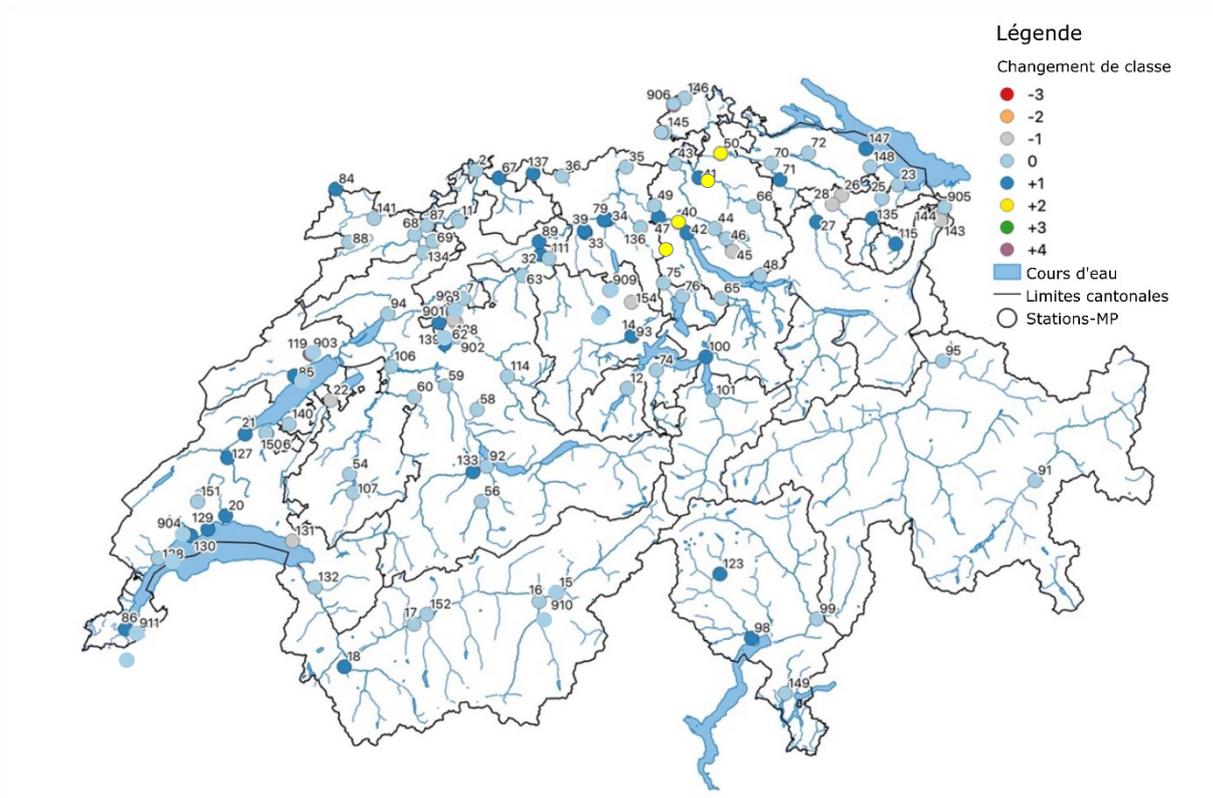


Fig. 45: Évolution des classes de qualité SPEAR en 2023 par rapport à 2019.

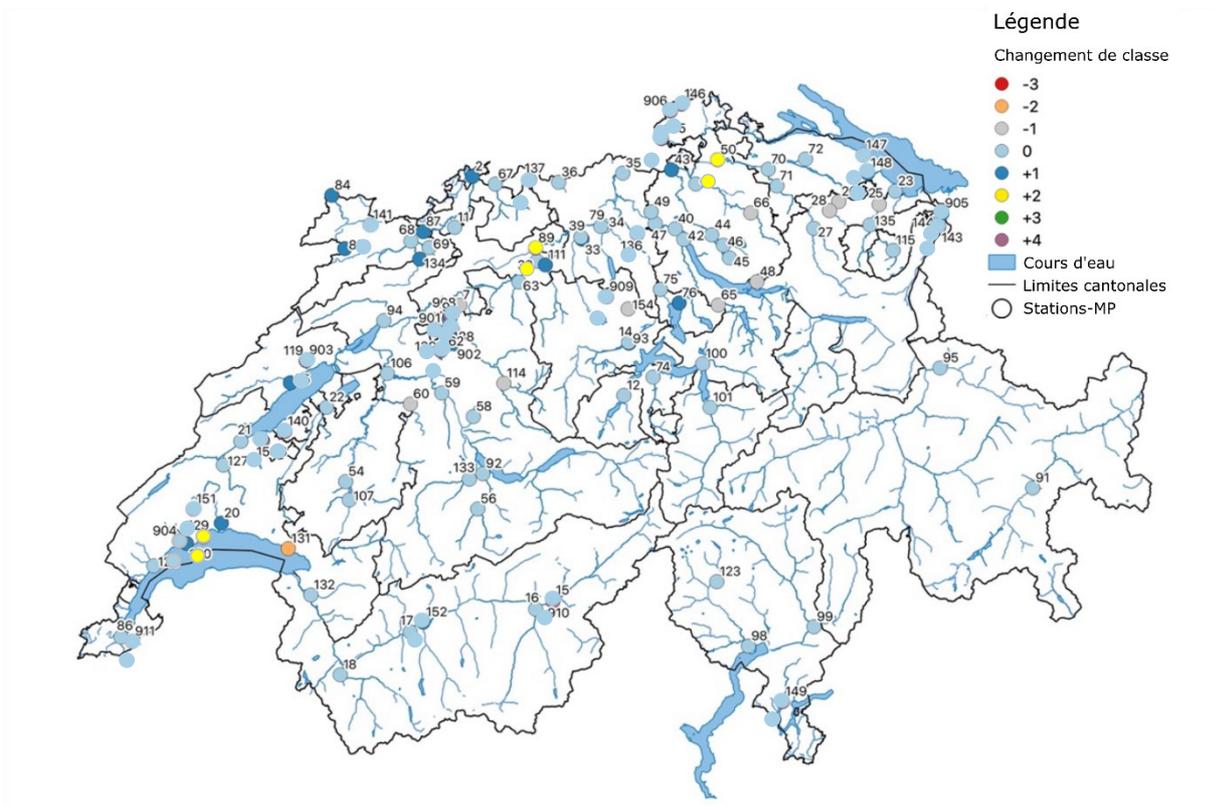


Fig. 46: Évolution des classes de qualité SPEAR en 2023 par rapport à 2012.

Sur la période 2012-2023 (88 stations), les variations ont été moins importantes en termes de nombre de stations (Fig. 46).

Pour tous les changements de classe indiqués, il faut être conscient qu'une modification minimale à la limite d'une classe peut entraîner un changement de classification.

8.2.4 Dispersion temporelle de l'indice SPEAR

L'indice SPEAR semble rester plus constant dans le temps que le nombre de taxons et l'IBCH. Les données de 2019 permettent d'expliquer 72 % des valeurs de 2023. La légère amélioration moyenne mise en évidence par les box-plots (chapitre 8.2.2) se traduit par un léger déplacement des points vers le haut à gauche (Fig. 47). Une grande partie des valeurs se situe toutefois encore dans l'intervalle de confiance à 95 % de la méthode de relevé (prélèvement et détermination en laboratoire jusqu'au niveau IBCH).

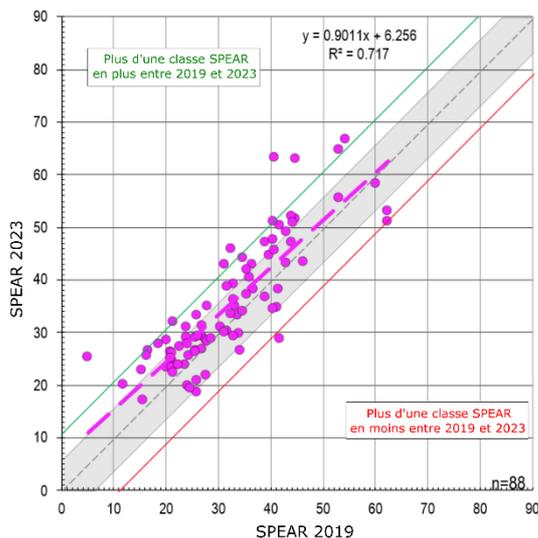


Fig. 47: Variation de la valeur SPEAR par station en 2023 (axe y) par rapport à l'année de référence 2019 (axe x). La zone grise indique l'intervalle de confiance à 95 % de la méthode de relevé (calculé à partir de 7 doubles échantillons).

La comparaison des valeurs entre 2023 et 2012 montre également que l'indice SPEAR reste relativement constant (Fig. 48). Les données de 2012 permettent même d'expliquer 77 % des valeurs SPEAR de 2023. Contrairement à 2019, la ligne de tendance s'écarte davantage de la diagonale « idéale ». Les valeurs SPEAR faibles s'améliorent en 2023, tandis que les valeurs élevées sont légèrement inférieures à celles de 2012.

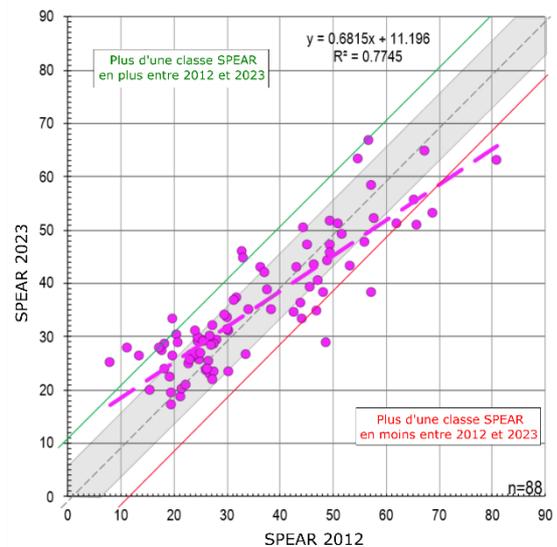


Fig. 48: Évolution de la valeur SPEAR par station en 2023 (axe y) par rapport à l'année de référence 2012 (axe x). La zone grise indique les limites de confiance à 95 % de la méthode de relevé (déterminées à partir de 7 doubles échantillons).

8.3 Influence des types d'utilisation sur l'indice SPEAR

Comme pour les nombres de taxons et l'IBCH, l'influence des caractéristiques naturelles ou d'utilisation du sol dans le bassin versant d'une station sur l'indice SPEAR a été étudiée à l'aide d'une analyse de corrélation. Les données utilisées proviennent des quatre inventaires NAWA-Trend. Toutes les caractéristiques de la station pour lesquelles un jeu de données complet était disponible ont été prises en compte. Les meilleures corrélations >0,6 ont été obtenues avec l'utilisation ou la couverture du sol, l'altitude et la pente moyenne du terrain, ces deux derniers facteurs présentant à eux seuls une corrélation encore meilleure de 0,84, ce qui s'explique facilement par la topographie de la Suisse.

D'autres facteurs, qui semblent toutefois moins dépendants de la topographie et de l'utilisation, mais qui peuvent également influencer le MZB, sont moins bien corrélés avec l'indice SPEAR (Tab. 10). Il convient également de noter la corrélation relativement bonne avec la somme des surfaces cultivées qui nécessitent très probablement l'utilisation d'insecticides. Le niveau de détail élevé des utilisations dans les bassins versants au « niveau 3 » et les informations sur l'utilisation spécifique des pesticides par type de culture ont permis de déterminer cette catégorie de surfaces.

Une analyse plus approfondie des facteurs d'influence à l'aide de méthodes multifactorielles pourrait s'avérer utile, mais n'a pas été possible dans le cadre de ce rapport en raison des ressources disponibles.

Caractéristiques du bassin versant (BV)	Pearson	Ref.
Part de surfaces improductives [%]	0.623	1
Surfaces improductives	0.635	4
Rochers et éboulis	0.638	4
Roche	0.616	4
Routes et chemins	-0.620	4
Pâturages d'estivage	0.605	4
Zu + Ai + CF + V	-0.686	12
Si+F+Ae	0.697	12
% de la surface concernée par une application de pesticides	-0.601	5
Pente moyenne du BV	0.755	2
Altitude moyenne du BV	0.769	3
Classe d'écomorphologie	-0.094	6
Ordre des cours d'eau selon Strahler	0.450	8
Part des eaux usées dans le Q347 [%] 4e étape d'extension non prise en compte (les stations d'épuration de niveau 4 ne rejettent plus d'eaux usées)	-0.445	7
Part des eaux usées dans le Q347 [%] 4e étape d'extension prise en compte (les stations d'épuration de niveau 4 ne rejettent plus d'eaux usées)	-0.409	7
Débit moyen modélisé [m ³ / s]	0.280	9
Nombre d'habitants dans le BV	0.010	10
Longueur du réseau hydrographique en amont de la station	0.127	11

Tab. 10: Coefficients de corrélation entre différentes caractéristiques territoriales et l'indice SPEAR.

- 1 Enquête sur les exploitations agricoles
- 2 Source: dtmAV_aggr10m (agrégé)
- 3 ASTER GDEM version 1
- 4 « Nouveau calcul » du BV sans lacs
- 5 Compilé à partir de différentes publications de l'Agroscope
- 6 OFEV Écomorphologie, première enquête
- 7 Source: ARA-DB BAFU, modélisations du Q347, non publié
- 8 Source: OFEV Indice d'ordre des cours d'eau
WSL: Communications : Débit modélisé, converti en classification BV GAB-
- 9 EZGG
- 10 Source: STATPOP2022 OFS
- 11 Source: VECTOR25 gwn, état 2007
- 12 Sommes des surfaces: Zu + Ai + CF + V (=Zone urbaine+agriculture intensive+culture fruitière+vignes; Si+F+Ae (=Surfaces improductives+forêt+agriculture extensive)

8.3.1 Pente du terrain et SPEAR

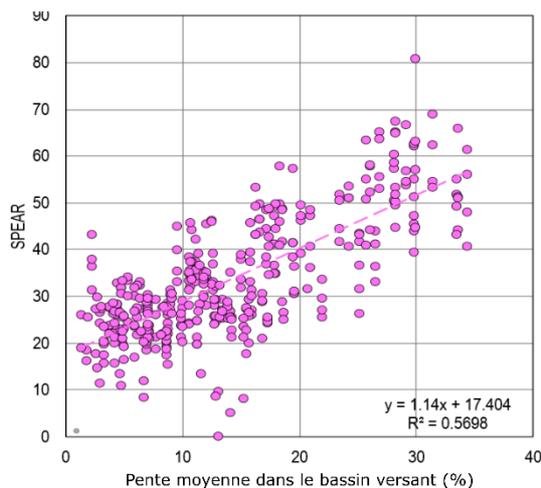


Fig. 49: Corrélation entre la pente moyenne du terrain [%] et l'indice SPEAR (n=394).

La pente moyenne du terrain, calculée à partir de la pente de tous les carrés de 10 x 10 m à l'intérieur d'un BV, semble être une sorte de caractéristique représentative d'autres facteurs influençant le SPEAR

La caractéristique « pente du terrain » explique 57 % des résultats SPEAR (Fig. 49). Plus le terrain est escarpé, moins il y a d'urbanisation, d'agriculture intensive, d'eaux usées, de cours d'eau aménagés, etc., et plus on trouve de surfaces improductives, de forêts, etc. On observe une corrélation presque identique avec l'altitude (Tab. 10). Pour une pente comprise entre 0 et 35 %, la droite de régression linéaire passe par les classes de qualité « *insatisfaisante* » à « *très bonne* ».

8.3.2 Utilisation intensive et SPEAR

Les données NAWA-Trend et NAWA-Spez ainsi que les données d'utilisation permettent d'établir un lien clair entre l'utilisation intensive et l'indice SPEAR. La moyenne mobile₅₀ montre une baisse constante du SPEAR parallèlement à l'augmentation de la part d'utilisation intensive. Une fonction logarithmique permet d'expliquer 96 % du SPEAR ainsi calculé.

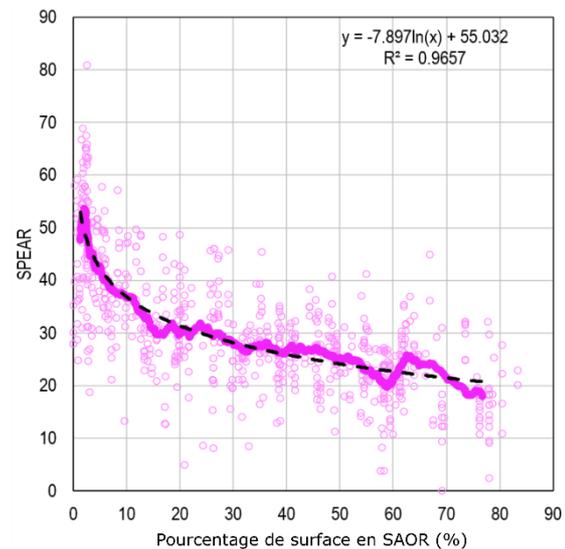


Fig. 50: Corrélation entre la somme des surfaces consacrées à l'agriculture, à l'arboriculture fruitière, à la viticulture et à la zone urbanisée [%] et l'indice SPEAR (n=684).

La baisse la plus marquée est observée entre 0 et 20 % de surface intensivement exploitée dans les classes de qualité « *très bonne* » et « *bonne* ». Ensuite, la courbe évolue de manière quasi linéaire jusqu'à 80 % de surface intensivement exploitée, où elle ne diminue plus que d'une classe de qualité (Fig. 50). Les données de surface utilisées proviennent du calcul d'utilisation antérieur, car les calculs plus récents n'étaient pas disponibles pour les stations NAWA-Spez. La différence entre les deux types de

calcul (SAOR¹ et SLiORB²) est toutefois minime en ce qui concerne la somme des surfaces.

8.3.3 Application d'insecticides et SPEAR

Grâce à la répartition détaillée des surfaces agricoles intensives par culture et à différentes études réalisées par Agroscope, ainsi qu'à des fiches techniques sur l'utilisation des insecticides, toutes les surfaces partielles sur lesquelles l'utilisation d'insecticides est probable ont été additionnées pour obtenir la surface totale traitée. Au total, 36 cultures différentes ont été prises en compte. Cela représente environ 16 % de la superficie totale ou 29 % de la superficie exploitée de manière intensive (SLiORB²). Les données correspondantes de toutes les stations NAWA pour la période 2012-2023 permettent d'expliquer le SPEAR à 36 % à partir de la part du bassin versant exploitée de manière intensive (Fig. 51).

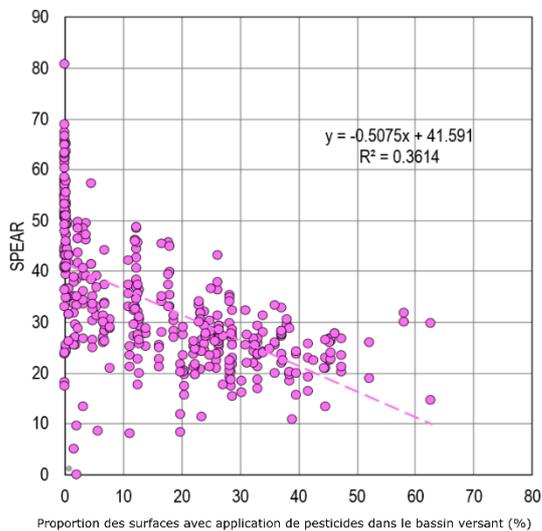


Fig. 51: Corrélation entre la somme des surfaces traitées avec des pesticides [%] et l'indice SPEAR (n=394).

8.3.4 Surfaces improductives et SPEAR

Bien que les 9% de surface improductive ne représentent qu'une petite partie de la surface totale exploitée de manière extensive (69%), elle explique à elle seule 39% de l'indice SPEAR. Cela vaut pour une part de surface supérieure à 5%. En dessous de ce seuil, le SPEAR se répartit également sur les cinq classes de qualité (Fig. 52).

8.3.5 Routes, chemins et SPEAR

Les routes et chemins représentent en moyenne 2,8 % de la superficie totale des bassins versants spécifiques à une station.

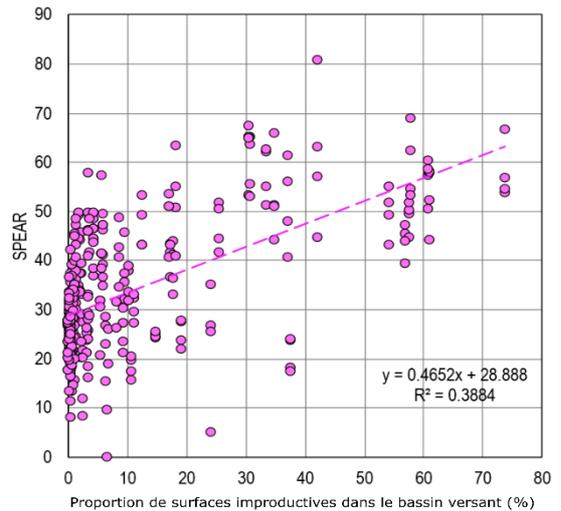


Fig. 52: Corrélation entre la surface improductive dans le bassin versant et l'indice SPEAR (n=394).

Cette proportion permet néanmoins d'expliquer 50 % du SPEAR (Fig. 53). La corrélation n'est pas linéaire. Le SPEAR diminue le plus fortement de deux classes pour les proportions de surface comprises entre 0 et 3 %. Ensuite, il suit une évolution similaire à celle de la surface totale intensivement exploitée et continue de diminuer d'une classe d'état supplémentaire. Étant donné que ces deux facteurs présentent un coefficient de corrélation de 0,79 et que la part des routes et chemins dans la surface totale intensivement exploitée s'élève à 64 %, il est difficile de déterminer dans quelle mesure le drainage routier contribue réellement au SPEAR et dans quelle proportion les surfaces de circulation peuvent être considérées comme représentatives de la surface intensivement exploitée.

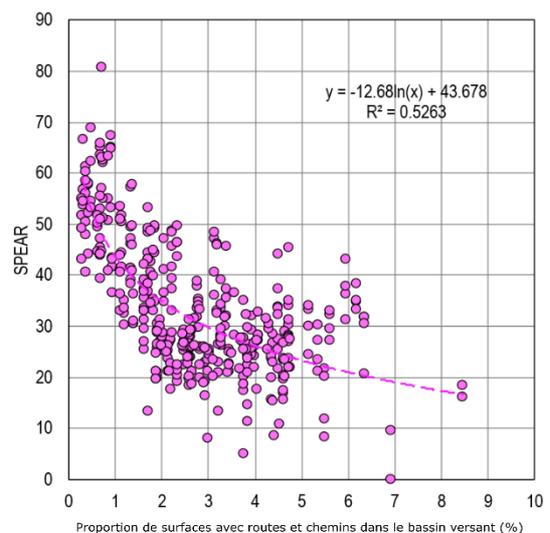


Fig. 53: Corrélation entre la part de la superficie occupée par les routes et les chemins et l'indice SPEAR (n=394).

¹ SAOR = somme des surfaces suivantes : grandes cultures, vergers, vignes et zones urbaines

² SLiORB = somme des surfaces suivantes : zones urbaines, zones agricoles intensives, vergers, vignes et petits fruits.

9 EPT

Les ordres Ephemeroptera, Plecoptera et Trichoptera (EPT) ont été déterminés selon la méthode du MBD jusqu'au niveau de l'espèce ou de complexes d'espèces définis, ce qui a permis de distinguer en 2023 certaines espèces au sein de complexes. La plupart des taxons MZB sensibles aux perturbations ou à la pollution se trouvent parmi les EPT (cf. sensibilité SPEAR, influence de l'exploitation).

En 2023, 66 504 individus EPT ont été recensés, ce qui a permis d'identifier 202 espèces/complexes et espèces supplémentaires. Les espèces supplémentaires comprennent les taxons qui, bien qu'ils ne soient pas déterminés au niveau de l'espèce, ont pu être exclus des espèces déterminées et appartiennent donc à une autre espèce non identifiée. Parmi les EPT trouvés, 65 espèces appartenaient à l'ordre des Ephemeroptera, 44 à celui des Plecoptera et 93 à celui des Trichoptera. Le nombre d'espèces a augmenté de 46 par rapport à 2019, mais il faut tenir compte ici de l'amélioration des bases de détermination pour certains complexes partiels et du nombre plus important de stations (Fig. 54).

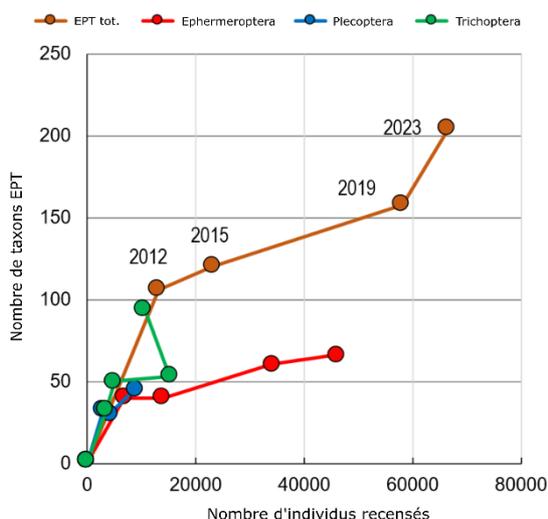


Fig. 54: Relation entre le nombre d'individus recensés et le nombre de taxons EPT enregistrés (espèces + espèces supplémentaires) dans le réseau NAWA existant. Les points indiquent les valeurs pour 2012, 2015, 2019 et 2023.

En chiffres absolus, cela signifie qu'en 2023, 329 individus EPT en moyenne ont été relevés par taxon. L'effort de tri par taxon a donc légèrement diminué par rapport à 2019. En moyenne, 708 individus par taxon ont été échantillonnés pour les éphéméroptères, 227 pour les plécoptères et 113 pour les trichoptères (Fig. 55). L'effort de tri a augmenté chaque année depuis 2012 pour les éphéméroptères et les plécoptères.

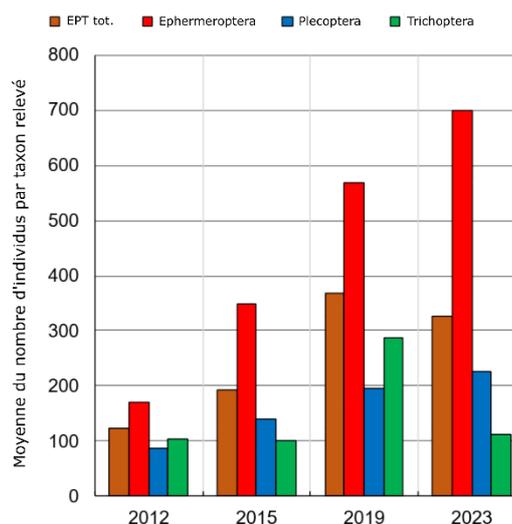


Fig. 55: Effort de tri moyen par taxon EPT enregistré dans le réseau NAWA (EPT-Alle) en 2012, 2015, 2019 et 2023, réparti entre les ordres des éphéméroptères, des plécoptères et des trichoptères.

9.1 Répartition spatiale de la diversité EPT en 2023

En moyenne, 19 espèces (et complexes) EPT ont été recensés par station en 2023, avec un maximum de 41 dans la Scheulte (CH-069-JU) et un minimum de 0 dans l'Aächeli (CH-905-SG) et le canal d'Uvrier (CH-152-VS). Ces deux cours d'eau sont considérés comme fortement pollués. D'autres cours d'eau, plutôt grands selon les critères NAWA, situés dans le Jura et dans les Préalpes septentrionales, sont riches en espèces. Les cours d'eau nouvellement intégrés au réseau NAWA en 2023 sont pauvres en EPT. De nombreuses stations présentant un nombre d'espèces inférieur à la moyenne se situent sur le Plateau et dans les vallées alpines centrales. La plupart des cours d'eau sélectionnés où se trouvent des stations NAWA-MP abritent également peu d'espèces EPT (Fig. 56).

9.1.1 Répartition de la diversité des éphéméroptères

Les éphéméroptères sont les plus riches en espèces dans les cours d'eau avec des bassins versants dans le Jura et sur le versant nord des Alpes (Fig. 57). Le Chemibach (CH-072-TG), la Muota (CH-100-SZ), la Sarine (CH-107_FR) et, au sud des Alpes, le Vedeggio (CH-149-TI) constituent des hotspots isolés. En moyenne, on trouve huit espèces d'éphéméroptères par station en 2023, avec un minimum de zéro dans les cours d'eau déjà mentionnés du Valais et de la vallée du Rhin saint-galloise. Le maximum d'espèces se trouve à nouveau dans la Scheulte, dans le Jura. De nombreux cours d'eau du Plateau sont remarquablement pauvres en espèces. Les cours d'eau alpins tels que l'Inn, la Landquart, la Vispa et le Rhône présentent également un faible nombre d'espèces. Les composants géochimiques, la pauvreté en nutriments et la dérive des

matières solides jouent ici un rôle important. La question de savoir si la dynamique de crue et d'étiage joue un rôle dans tous les cas reste ouverte jusqu'à ce que des données numériques liées aux éclusées soient disponibles.

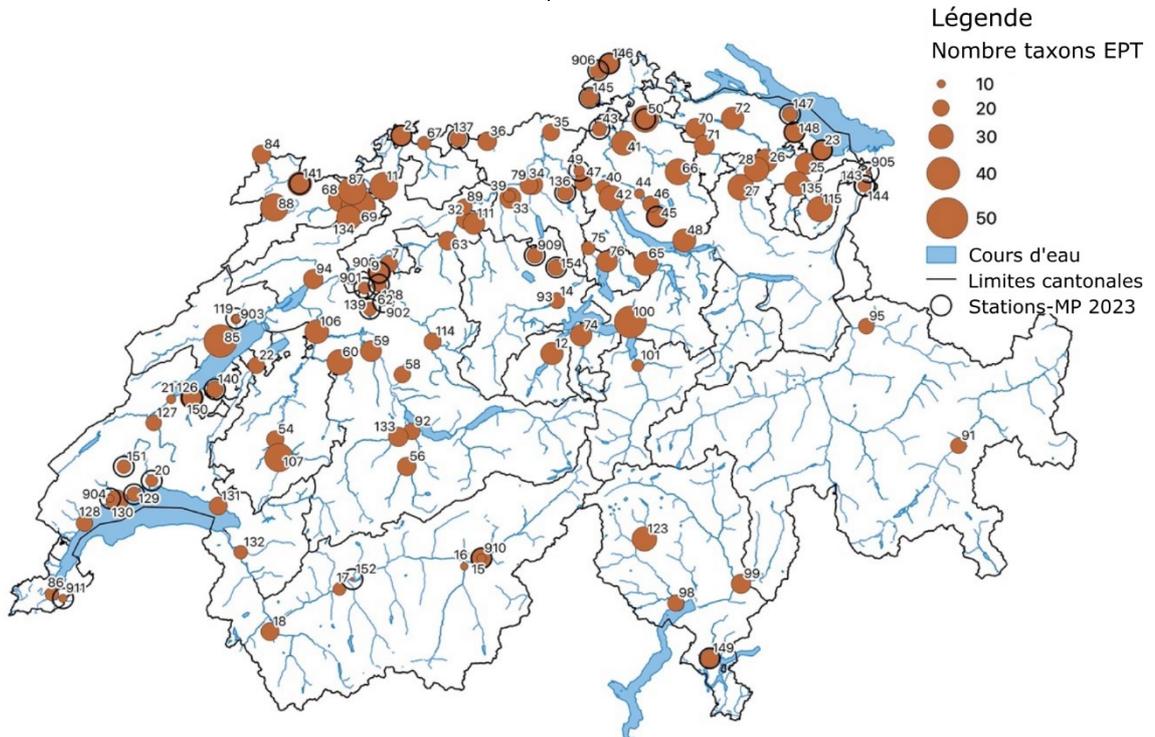


Fig. 56: Répartition de la diversité des espèces EPT dans les 113 stations NAWA en 2023. Les chiffres sur la carte indiquent les numéros des stations et les cercles les stations NAWA-MP.

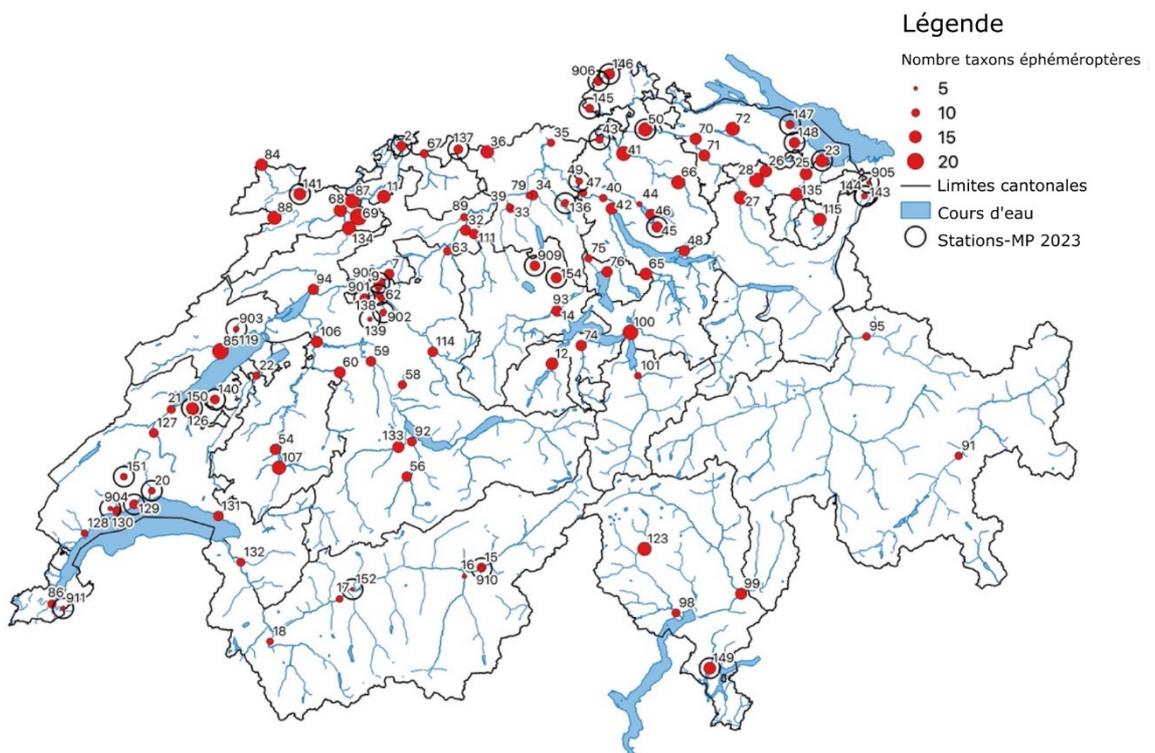


Fig. 57: Répartition de la diversité des espèces d'Ephemeroptera dans les 113 stations NAWA en 2023. Les chiffres sur la carte indiquent les numéros des stations et les cercles les stations NAWA-MP.

9.1.2 Répartition de la diversité des plécoptères

En 2023, les cours supérieurs de la Thur, de la Töss, de la Birse, de la Sarine, de la Singine, de la Muota et de la Maggia offraient les meilleures conditions de vie aux plécoptères. Comme on l'observe depuis longtemps, les cours d'eau du Plateau, entre le lac de Constance et le lac Léman, sont fortement appauvris, voire totalement

dépourvus de plécoptères. En moyenne, quatre espèces de plécoptères ont été recensées en 2023 sur les 113 stations étudiées. Aucune espèce n'a été trouvée sur 23 stations. La Muota présentait le plus grand nombre d'espèces (15), suivie de la Sarine (13 espèces), de la Sitter (11 espèces), de la Töss (10 espèces) et de 10 autres cours d'eau avec 9 espèces (Fig. 58).

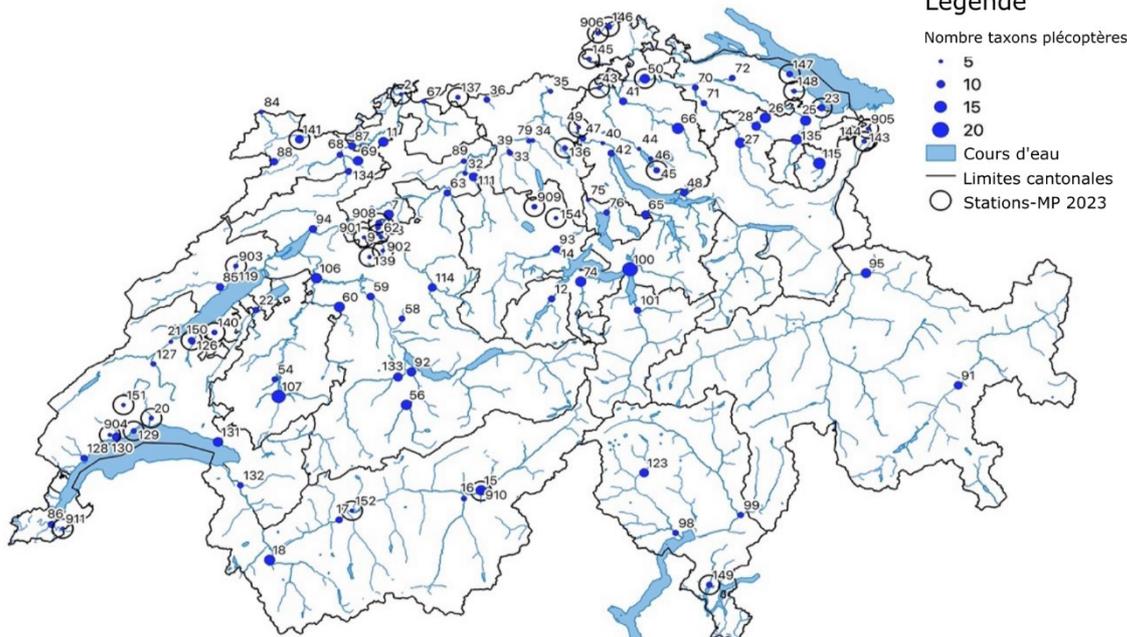


Fig. 58: Répartition de la diversité des espèces de Plecoptera dans les 113 stations NAWA en 2023. Les chiffres sur la carte indiquent les numéros des stations et les cercles les stations NAWA-MP.

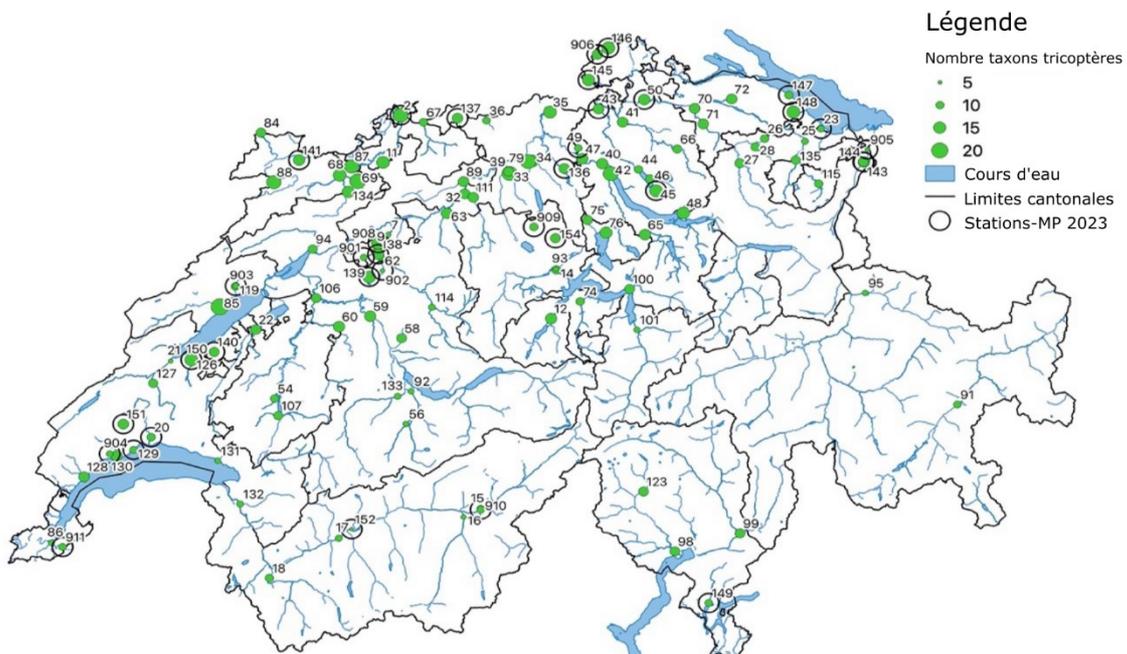


Fig. 59: Répartition de la diversité des espèces de Trichoptera dans les 113 stations NAWA en 2023. Les chiffres sur la carte indiquent les numéros des stations et les cercles les stations NAWA-MP.

9.1.3 Répartition de la diversité des trichoptères

Les trichoptères sont mieux adaptés aux zones fortement exploitées du Plateau, où l'on trouve des cours d'eau riches en espèces. En moyenne, huit espèces de trichoptères ont été recensées en 2023 sur les 113 stations NAWA. Le plus grand nombre d'espèces a été recensé dans l'Areuse (CH-085-NE) avec 18 espèces, suivie de la Scheulte (CH-069-JU) avec 16 espèces, de la Birse près de Bâle (CH-002-BS) et de trois autres cours d'eau avec 15 espèces. D'une manière générale, les stations abritant de nombreuses espèces de trichoptères sont répartis entre le Plateau et le Jura (Fig. 59). Moins de cinq espèces de trichoptères ont été recensées dans les cours d'eau alpins ainsi que dans certains petits cours d'eau fortement influencés par l'exploitation humaine sur le Plateau.

9.2 Richesse et abondance des espèces par région biogéographique

Afin d'obtenir des valeurs statistiquement plus fiables pour les régions biogéographiques, en particulier pour les stations situées dans les Alpes centrales et sur le versant sud des Alpes, les données de 2019 et 2023 ont été prises en compte (sans toutefois être regroupées). Cette approche est acceptable, car les éventuelles différences entre les deux années d'étude ne permettent pas, en raison du caractère aléatoire de l'échantillonnage, de tirer des conclusions sur les changements dans la distribution des espèces.

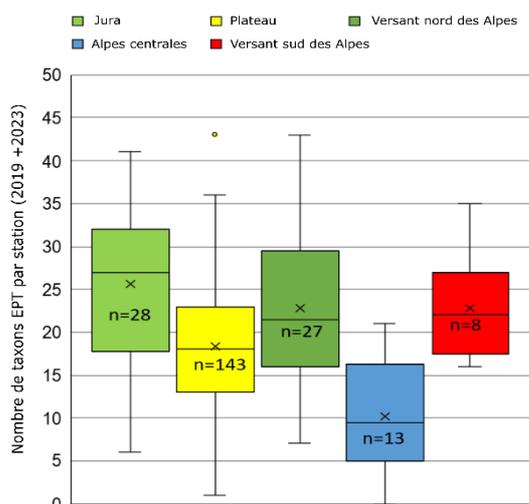


Fig. 60: Fréquence des taxons EPT (espèces) par échantillon dans les régions biogéographiques de Suisse.

Les eaux du Jura abritent le plus grand nombre d'espèces EPT (26 taxons), suivies, par ordre décroissant, par celles du versant nord et du versant sud des Alpes (23 taxons chacune), du Plateau (18 taxons) et des Alpes centrales (10 taxons).

Alors que sur le Plateau, le stress dû à une exploitation intensive dans les bassins versants est responsable de la réduction des espèces, dans les Alpes centrales, comme déjà mentionné, le nombre d'espèces d'EPT est réduit par les conditions naturellement difficiles, éventuellement aggravées par le régime d'éclusées (Fig. 60).

Les abondances des EPT sont similaires dans le Jura, sur le versant nord des Alpes et dans les Alpes centrales. En revanche, elles sont nettement plus faibles sur le Plateau et le versant sud des Alpes, même si, avec seulement quatre stations sur le versant sud, il est encore difficile de tirer des conclusions fiables (Fig. 61). La moyenne du Plateau est quelque peu faussée par les 7 valeurs aberrantes vers le haut. Compte tenu de la productivité normale des eaux du Plateau, on s'attendrait à y trouver des populations nettement plus importantes. Le faible nombre de stations sur le versant sud des Alpes ne permet pas d'établir un graphique représentatif, car les cours d'eau (Moesa et Maggia) y sont naturellement pauvres en nutriments, tandis que le Vedeggio semble nettement plus riche. La moyenne et la médiane se situent dans la fourchette du Plateau.

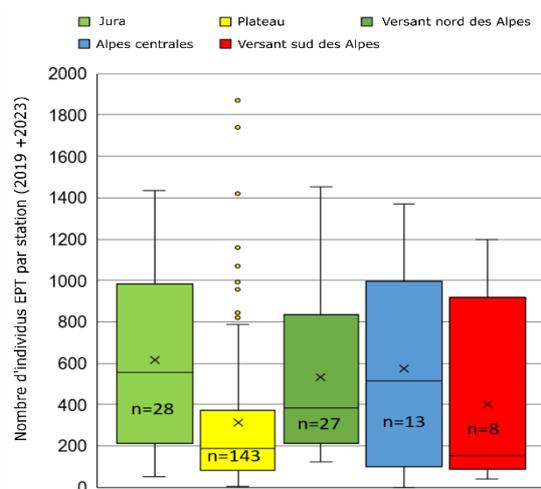


Fig. 61: Abondances des taxons EPT (espèces) par échantillon dans les régions biogéographiques de Suisse.

9.2.1 Richesse et abondance des éphéméroptères dans les régions biogéographiques

Le nombre d'espèces d'éphémères est similaire dans le Jura, au nord et au sud des Alpes (environ 9 à 10 espèces). On trouve en moyenne 7 espèces dans le Plateau et 3 espèces dans les Alpes centrales (Fig. 62).

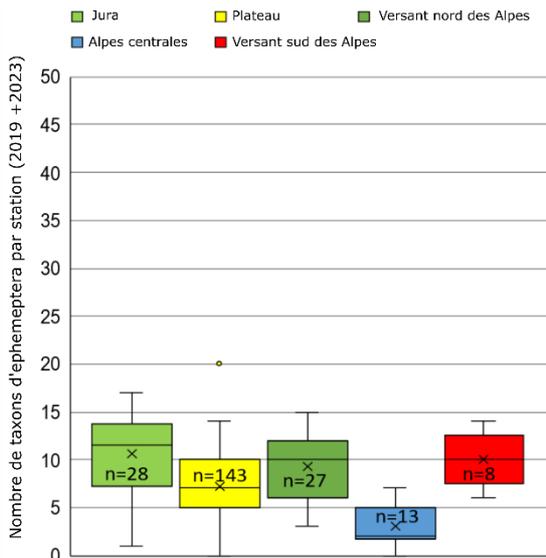


Fig. 62: Fréquence des taxons d'éphéméroptères (espèces) par échantillon dans les régions biogéographiques de Suisse.

C'est dans le Jura que les populations d'éphémères sont les plus importantes (Fig. 63). En moyenne, on y trouve 675 individus par échantillon, suivis par les échantillons prélevés sur le versant nord des Alpes, le Plateau et le versant sud des Alpes, avec des abondances similaires d'environ 330 individus. Dans les Alpes centrales, un peu moins de 200 individus ont été trouvés par échantillon. Dans le Plateau, la fréquence des valeurs d'abondance est très inégale. Cela se reflète également dans la médiane, nettement inférieure à la moyenne. 50 % des échantillons contiennent au maximum 180 individus, tandis que les 50 % restants en comptent entre 180 et 2000.

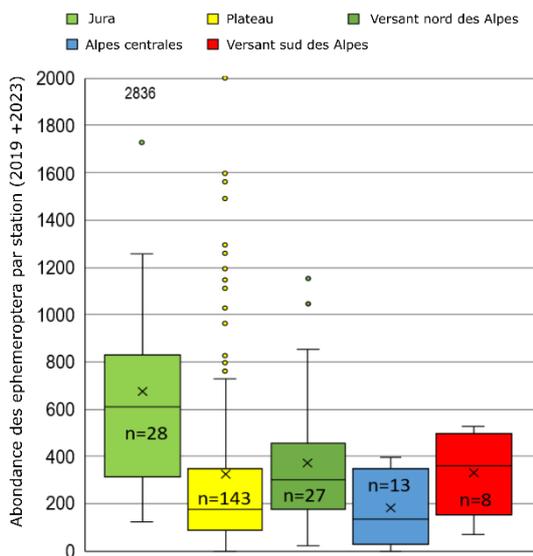


Fig. 63: Abondance des taxons d'éphéméroptères (espèces) par échantillon dans les régions biogéographiques de Suisse.

Le nombre le plus élevé d'individus a été recensé en 2023 dans la station CH-146-TG, Beggingerbach. En 2019, on n'en comptait que 219. Entre-temps, en 2021, une crue

dévastatrice a complètement détruit le lit encore colmaté et partiellement sédimenté en 2019 et l'a remplacé par de nouveaux sédiments. L'agrandissement de l'espace du lit a ainsi offert un habitat à une population plus importante. Cet exemple illustre clairement à quel point le facteur de colmatage du lit peut influencer la taille des populations dans le MZB.

9.2.2 Richesse et abondance des plécoptères dans les régions biogéographiques

Ce sont les eaux du versant nord des Alpes qui abritent la plus grande diversité de plécoptères (fig. 69). 2019 la Sitter, près d'Appenzell (CH-115-AI), se distingue des autres stations avec 20 espèces. Elle est suivie par la Muota (CH-100-SZ) avec 15 espèces, puis rapidement par trois autres cours d'eau dont la diversité diminue rapidement pour atteindre 10 espèces. Contrairement aux autres stations riches en espèces seules 11 espèces ont été recensées dans la Sitter en 2023. Le nombre moyen d'espèces par station varie dans les cinq régions entre 8 sur le flanc nord des Alpes et 3 sur le Plateau, où la médiane n'est que de 2 espèces (Fig. 64).

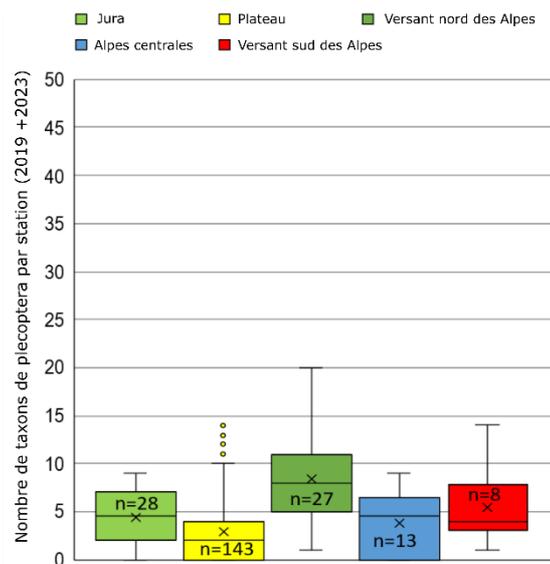


Fig. 64: Fréquence des taxons de Plecoptera (espèces) par échantillon dans les régions biogéographiques de Suisse.

En ce qui concerne l'abondance moyenne des plécoptères par station, le Jura et surtout le Plateau se distinguent nettement des autres régions (Fig. 65). 90 des 143 échantillons du Plateau ne contiennent que 10 individus ou moins, pour une moyenne de 29. La médiane, plus significative car elle exclut les valeurs extrêmes, est de 4 individus. Dans le Jura, on trouve en moyenne 47 individus, avec une médiane de 30. Les quelques échantillons prélevés sur le versant sud des Alpes présentent des abondances très variables, d'où la grande différence entre la moyenne (172 individus) et la médiane (32 individus). Les échantillons prélevés dans la Maggia, à Brontallo et dans

la Moesa comptent plusieurs centaines d'individus, tandis que les autres stations n'en comptent que 1 à 36 par échantillon.

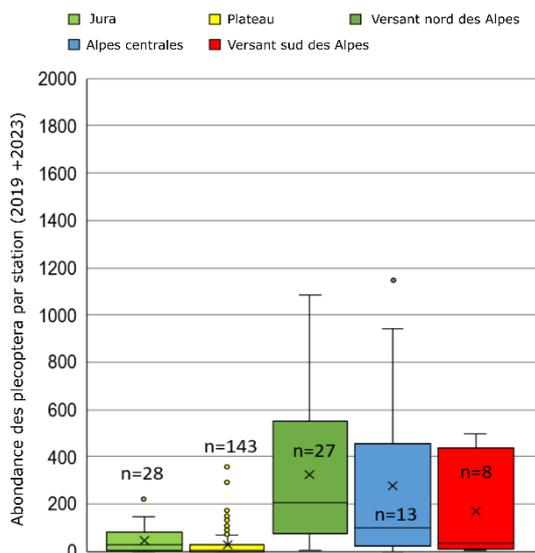


Fig. 65: Abondance des taxons de plécoptères (espèces) par échantillon dans les régions biogéographiques de Suisse.

9.2.3 Abondance des taxons de plécoptères (espèces) par échantillon dans les régions biogéographiques de Suisse.

Avec une moyenne de 10 espèces de trichoptères, les échantillons prélevés dans les eaux jurassiennes sont les plus riches en espèces (Fig. 66).

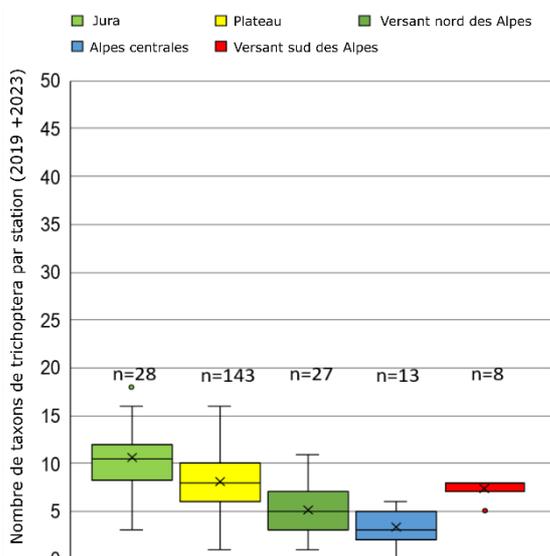


Fig. 66: Fréquence des taxons de trichoptères (espèces) par échantillon dans les régions biogéographiques de Suisse.

Viennent ensuite le Plateau et le versant sud des Alpes avec 8 espèces chacun, puis le versant nord des Alpes avec 5 espèces. Seules 3 espèces en moyenne ont été trouvées dans les échantillons prélevés dans les stations NAWA des Alpes centrales.

La répartition biogéographique de la fréquence des espèces permet également de conclure que les espèces de trichoptères sont plus tolérantes aux influences anthropiques dans le bassin versant des cours d'eau. De nombreux échantillons provenant des cours d'eau du Plateau contiennent un nombre d'espèces supérieur à la moyenne. C'est le cas par exemple de Bünz (CH-034-AG), Saane (CH-106-BE), Wigger (CH-111-AG), Pfaffnern (CH-032-AG), Langete (CH-063-BE), Dünnern (CH-089-SO), Wyna (CH-033-AG) et Surb (CH-035-AG). C'est dans les vallées alpines du Rhône, du Rhin, de l'Inn et dans les affluents du lac de Thoune que l'on trouve le moins d'espèces de trichoptères. Le phénomène de débit variable (éclusées) pourrait également jouer un rôle à cet endroit.

Les trichoptères du Jura présentent les effectifs les plus élevés par station, avec une moyenne de 300 individus par échantillon. Les cours d'eau du Jura leur offrent manifestement des conditions d'habitat optimales. Les quelques espèces de trichoptères trouvées dans les échantillons alpins comptent une abondance moyenne de 200 individus. Les échantillons provenant des autres régions (Plateau, flanc nord et flanc sud des Alpes) présentent des abondances faibles (Fig. 67).

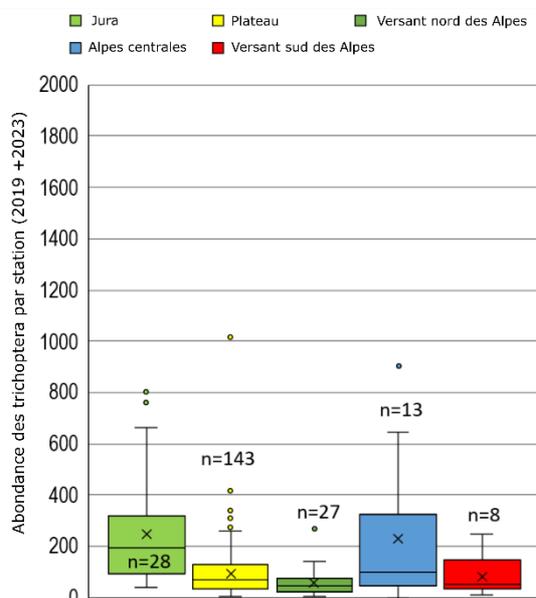


Fig. 67: Abondance des taxons de trichoptères (espèces) par échantillon dans les régions biogéographiques de Suisse.

9.3 Facteurs influençant les EPT

Les données caractéristiques des bassins versants ont été recalculées en 2023. Pour des raisons statistiques, les données MZB des deux années de relevé ont été regroupées et corrélées avec les nouvelles données caractéristiques des bassins versants.

9.3.1 Données caractéristiques des bassins versants et nombre de taxons EPT

L'analyse aboutit à des résultats très similaires à ceux du rapport 2019. Comme à l'époque, les pourcentages de surfaces affectées à différentes utilisations dans le bassin versant, individuellement et en combinaison, ainsi que la pente moyenne dans le bassin versant ont une influence déterminante sur la fréquence des espèces EPT. Les données caractéristiques telles que la part des eaux usées, les unités de gros bétail (UGB), l'écomorphologie, etc. ne présentent que peu ou pas de corrélation avec le nombre d'espèces EPT (Tab. 11).

Attribut	EPT-T	EPT-E	EPT-P	EPT-T
Part de la surface urbanisée [%]	-0.358	-0.314	-0.453	-0.027
Part des espaces verts [%]	0.522	0.506	0.552	0.101
Part des pâturages d'estivage [%]	0.163	0.129	0.509	-0.299
Part de la superficie forestière [%]	0.407	0.416	0.247	0.252
Part des terres arables [%]	-0.342	-0.337	-0.561	0.153
Part des cultures fruitières [%]	-0.174	-0.168	-0.251	0.039
Part du vignoble [%]	-0.253	-0.232	-0.153	-0.188
Part de surface improductive [%]	-0.088	-0.122	0.289	-0.388
Total des UGB	0.218	0.210	0.157	0.115
UGB par km2 de superficie de bassin versant	-0.021	-0.027	-0.278	0.285
Nombre d'exploitations	0.164	0.159	0.157	-0.043
Longueur du réseau hydrographique en amont de la station	0.082	0.067	0.085	0.032
Altitude de la station	0.028	-0.015	0.308	-0.246
Altitude moyenne du BV	0.076	0.043	0.484	-0.387
Débit moyen modélisé [m³ / s]	0.002	-0.010	0.142	-0.138
Ordre des cours d'eau selon Strahler	0.343	0.338	0.443	-0.027
Part des eaux usées dans le Q347 [%]	-0.246	-0.177	-0.390	0.025
Quantité d'eaux usées 500 litres par habitant et par jour	-0.009	0.020	-0.070	0.032
Pente du cours d'eau à la station	-0.032	-0.076	0.030	-0.025
Pente moyenne du BV	0.297	0.279	0.605	-0.248
Classe écomorphologique	-0.001	0.032	-0.084	0.051
Zone urbaine + agriculture intensive + culture fruitière + vignes	-0.449	-0.431	-0.651	0.099
Surface traitée avec des insecticides	-0.306	-0.305	-0.544	0.189
Agriculture extensive + forêt + surfaces improductives	0.464	0.438	0.669	-0.089
Forêt+espaces verts	0.565	0.559	0.510	0.193

Tab. 11: Pearson Korrelationskoeffizienten zwischen Arthaufigkeit 2023 der EPT-total, Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera und flächendeckend bekannten EZG-Eigenschaften. Die gelb schwache Korrelation und grün mittlere Korrelation.

9.3.2 Caractéristiques du bassin versant et abondances des EPT

Comme pour le nombre d'espèces, des corrélations ont été recherchées entre les données caractéristiques des bassins versants et l'abondance des différents ordres d'EPT.

Attribut	EPT	EPT-E	EPT-P	EPT T
Part de la surface urbanisée [%]	-0.200	-0.039	-0.351	-0.024
Part des espaces verts [%]	0.191	0.114	0.259	-0.024
Part de la superficie forestière [%]	0.129	0.093	-0.004	0.157
Part des terres arables [%]	-0.239	-0.042	-0.392	-0.057
Part des cultures fruitières [%]	-0.174	-0.065	-0.192	-0.090
Part du vignoble [%]	-0.129	-0.068	-0.075	-0.114
Part de surface improductive [%]	0.206	-0.057	0.464	0.067

Attribut	EPT	EPT-E	EPT-P	EPT T
Total des UGB	0.005	0.042	-0.069	0.017
UGB par km2 de superficie de bassin versant	-0.150	0.021	-0.284	-0.079
Nombre d'exploitations	0.011	0.019	-0.029	0.027
Longueur du réseau hydrographique en amont de la station	0.049	-0.013	0.091	0.038
Altitude de la station	0.181	-0.029	0.422	0.010
Altitude moyenne du BV	0.274	-0.024	0.527	0.101
Débit moyen modélisé [m³ / s]	0.124	-0.008	0.151	0.143
Ordre des cours d'eau selon Strahler	0.144	0.031	0.233	0.032
Part des eaux usées dans le Q347 [%]	-0.047	-0.068	-0.015	0.022
Quantité d'eaux usées 500 litres par habitant et par jour	-0.087	-0.026	-0.126	-0.022
Pente du cours d'eau à la station	0.053	0.025	0.097	-0.025
Pente moyenne du BV	0.320	0.047	0.517	0.099
Classe écomorphologique	-0.006	0.021	-0.052	0.013
Zone urbaine + agriculture intensive + culture fruitière + vignes	-0.349	-0.091	-0.472	-0.161
Surface traitée avec des insecticides	-0.242	-0.049	-0.391	-0.063
Agriculture extensive + forêt + surfaces improductives	0.264	0.056	0.469	0.019
Forêt + espaces verts	0.134	0.096	0.131	0.013

Tab. 12: Coefficients de corrélation de Pearson entre l'abondance en 2023 des EPT (EPT-E = éphéméroptères, EPT-P = plécoptères et EPT-T = trichoptères et les caractéristiques connues des bassins versants sur l'ensemble du territoire. La corrélation faible est indiquée en jaune.

En général, l'abondance des EPT ne présente pas ou peu de corrélation avec les indicateurs du bassin versant (Tab. 12). Les meilleures corrélations existent entre l'altitude moyenne du bassin versant, sa pente moyenne et l'abondance des plécoptères. Les paramètres relatifs à la charge polluante des eaux usées, l'écomorphologie à proximité de la station et le numéro d'ordre du cours d'eau ne jouent pas de rôle déterminant.

9.3.3 Influence de la couverture/utilisation du sol sur le nombre d'espèces d'EPT

Le facteur le plus pertinent qui a pu être déterminé à partir des indicateurs des bassins versants des stations est la couverture du sol et son utilisation. Ce n'est pas un type d'utilisation particulier qui est déterminant, mais la somme des proportions de surface soumises à une « utilisation intensive ». Parmi les trois ordres, ce sont les plécoptères qui réagissent le plus fortement aux influences liées à l'utilisation. Sont considérées comme surfaces intensivement exploitées les zones urbanisées (Zu), l'agriculture intensive (Ai), la viticulture (V), l'arboriculture fruitière (CF) et la culture de baies (CB). Ces catégories d'utilisation correspondent à la somme des surfaces consacrées à des types d'utilisation spécifiques. Une répartition détaillée figure à l'annexe F.

Le nombre d'espèces EPT diminue avec l'augmentation de la part de surfaces intensivement exploitées dans le bassin versant d'une station. On observe une « limite supérieure » du nombre d'espèces qui diminue linéairement avec l'augmentation de la part de surfaces intensivement exploitées (Fig. 68). En dessous de cette limite supérieure,

des facteurs de stress locaux supplémentaires réduisent visiblement le nombre d'espèces.

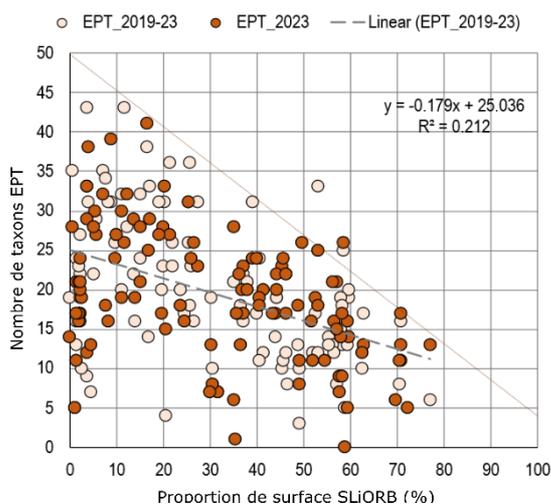


Fig. 68: Relation entre la proportion de surfaces intensivement exploitées [%] dans le BV de la station et le nombre d'espèces EPT trouvées ($n=113$; $n=219$). La ligne grise en pointillés marque visuellement une limite supérieure du nombre d'espèces pouvant être présentes en fonction de la superficie totale.

Si l'on tient compte des surfaces exploitées de manière extensive, on obtient une image presque symétrique. Pour des raisons statistiques, les données de 2019 et 2023 ont été regroupées. Si l'on trace une ligne imaginaire à la limite supérieure, on peut s'attendre à un maximum d'environ 50 espèces d'EPT pour les stations NAWA avec 0% d'utilisation intensive dans le BV. Cela pourrait servir de valeur de référence pour de très bonnes conditions.

9.3.4 Influence des utilisations sur le nombre d'espèces d'éphéméroptères

Comme pour le total des EPT, la proportion de surfaces intensivement exploitées dans le BV influence la présence d'espèces d'éphéméroptères. Plus cette proportion augmente, plus le nombre d'espèces diminue. Chez les éphéméroptères aussi, on observe une limite supérieure du nombre d'espèces en fonction de la surface (Fig. 69).

Le nombre maximal d'espèces oscille autour de 20 dans un BV présentant 0 % de surface intensivement exploitée. Il s'agit également du nombre maximal relevé dans le NAWA 2019. Il a été atteint à nouveau sur la Thur près de Niederbüren, suivi des stations CH-069-JU, Scheulte, CH-68-JU, Sorne (2023) avec 17 espèces chacun.

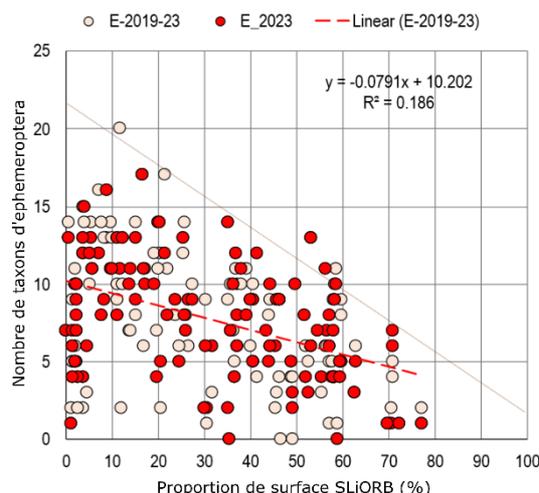


Fig. 69: Relation entre la proportion de surfaces intensivement exploitées [%] dans le bassin versant des stations et le nombre d'espèces d'éphéméroptères trouvées ($n=113$; $n=219$). La ligne rouge en pointillés marque visuellement une limite supérieure du nombre d'espèces possibles en fonction de la superficie totale.

9.3.5 Influence des utilisations sur le nombre d'espèces de plécoptères

La part d'exploitation intensive dans le bassin versant semble également être le facteur principal pour les espèces de plécoptères. Plus la part de surface exploitée de manière intensive augmente, moins on a de chances de trouver des espèces de plécoptères (Fig. 70).

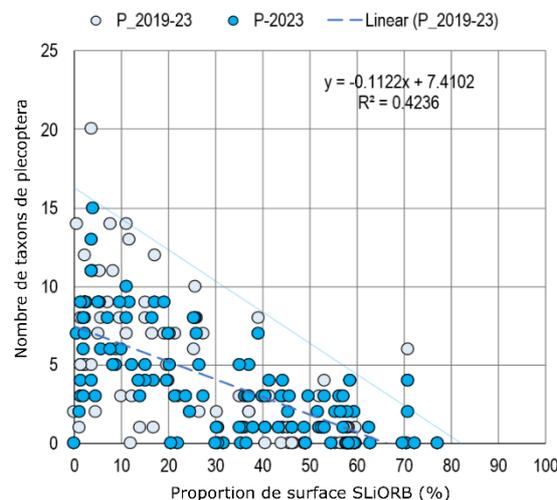


Fig. 70: Relation entre la proportion de surfaces intensivement exploitées [%] dans le bassin versant de la station et le nombre d'espèces de plécoptères recensées. La ligne bleue en pointillés marque visuellement une limite supérieure du nombre d'espèces possibles en fonction de la superficie totale ($n=113$; $n=219$).

On observe également une augmentation linéaire du nombre maximal, qui s'arrête à environ 16 espèces. Toutefois, lors du relevé NAWA 2019, 20 espèces ont été trouvées à la station CH-026-SG, Thur. La station suivante est la CH-115-AI, avec 15 espèces, qui a également enregistré le nombre d'espèces de plécoptères le plus élevé

lors du relevé 2023. Les espèces de plécoptères semblent plus sensibles aux influences anthropiques que les autres espèces d'EPT. Si l'on prend la limite supérieure théorique comme indicateur moyen, au moins 20 % de la surface du BV doit être exploitée de manière extensive pour que l'on trouve des plécoptères.

9.3.6 Influence des utilisations sur le nombre d'espèces de trichoptères

Les trichoptères sont moins sensibles aux influences anthropiques dans le bassin versant. Ni les combinaisons d'utilisations extensives ni celles intensives n'ont, du moins dans la fourchette comprise entre 10 et 60 % d'utilisation intensive, une influence déterminante sur le nombre d'espèces présentes par station (Fig. 71). D'une manière générale, les trichoptères sont plus fréquents dans les cours d'eau productifs, qui leur fournissent un apport constant de particules organiques et où les espèces prédatrices trouvent suffisamment de proies.

Les cours d'eau de la région alpine, dont les bassins versants présentent une forte proportion de surfaces improductives (pierres, rochers, neige, glace), constituent une exception. Dans ce cas, plus la proportion de surfaces improductives est élevée, plus le nombre d'espèces de trichoptères présentes est faible.

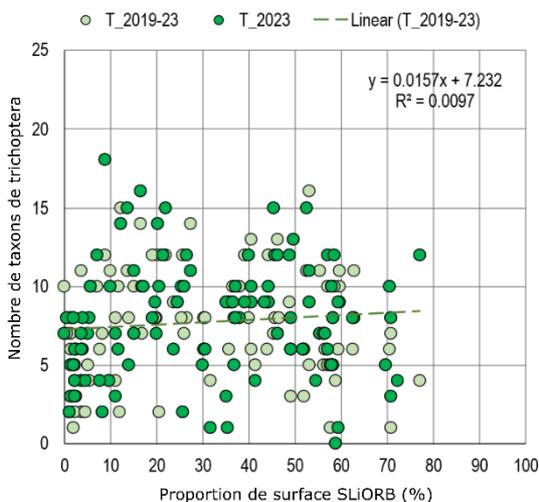


Fig. 71: Relation entre la proportion de surfaces intensivement exploitées [%] dans le bassin versant des stations et le nombre d'espèces de trichoptères trouvées. (n=113 ; n=219).

9.3.7 Autres facteurs d'influence

Lors de l'analyse d'autres facteurs d'influence, les paires de données présentant les gradients les plus importants ont été examinées de plus près. Elles se trouvent sur les trois côtés du « triangle de dispersion » dépendant de l'utilisation (Fig. 72).

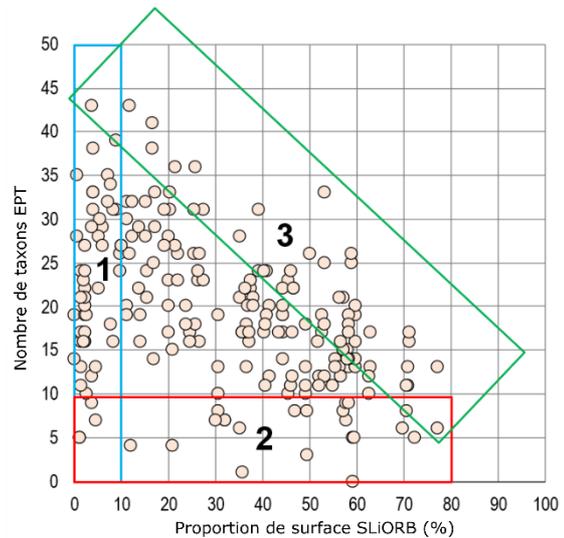


Fig. 72: Sélection des 3 ensembles de données pour l'analyse des corrélations entre les indicateurs du bassin versant et le nombre d'espèces EPT dans les stations NAWA correspondantes (n=219).

Ils décrivent (1) le gradient important du nombre d'espèces dans la fourchette de 0 à 10 % d'utilisation intensive dans le bassin versant, (2) le faible nombre d'espèces (0 à 10) dans une fourchette d'utilisation de 0 à 80 % dans le bassin versant, ainsi que (3) les indicateurs du bassin versant des stations qui marquent une limite maximale. Les corrélations avec les indicateurs et certaines caractéristiques au sein des trois pools de données ont été examinées. Toutes les données de 2019 à 2023 ont à nouveau été prises en compte.

Nombre d'espèces dans les BV présentant < 10 % d'exploitation intensive

Sur 27 stations ou 54 échantillons, la proportion de surfaces intensivement exploitées (zone urbaine + agriculture intensive + vignes + culture fruitière + baies) est inférieure à 10 %. Néanmoins, le nombre d'espèces EPT varie entre 5 et 43 espèces au cours des deux années d'étude. La meilleure corrélation a été trouvée avec l'indicateur « altitude moyenne du bassin versant » (Fig. 73). Il explique 45 % du nombre d'espèces EPT, 56 % du nombre d'espèces d'éphéméroptères, 31 % du nombre d'espèces de trichoptères, mais seulement 8 % du nombre d'espèces de plécoptères. L'altitude moyenne est également déterminante pour la température de l'eau.

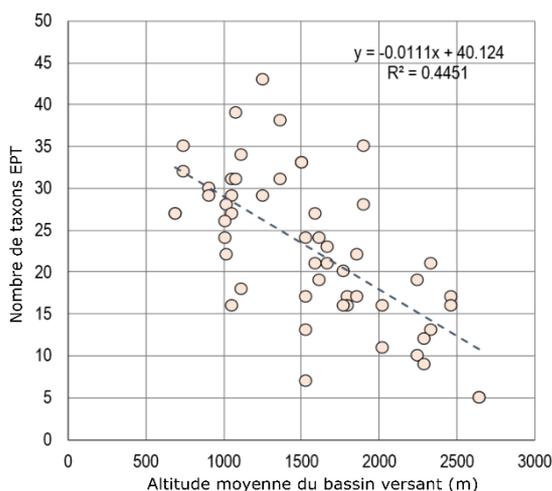


Fig. 73: Corrélation entre l'altitude moyenne du bassin versant BV et le nombre d'espèces dans les bassins versants avec moins de 10 % de surface intensivement exploitée ($n = 54$).

Nombre d'espèces <10

Ce pool de données comprend 22 stations (30 échantillons) qui présentaient tous ≤ 10 espèces EPT et dont la surface intensivement exploitée variait entre 1 et 77 % dans le BV. La question se pose de savoir quels facteurs expliquent que le nombre de taxons EPT soit faible dans les stations présentant une faible proportion d'exploitation intensive dans le BV.

Dans la fourchette comprise entre 1 et 5 % d'utilisation intensive, on trouve 5 échantillons qui sont tous attribués à des bassins versants dont l'altitude moyenne varie entre 1500 et 2600 mètres au-dessus du niveau de la mer, ce qui les classe parmi les plus élevés du réseau NAWA. Comme le montre déjà la [Fig. 73](#), cela explique en partie le faible nombre de taxons EPT. Une autre raison pourrait être l'influence du phénomène d'écluse, qui n'affecte que ces cours d'eau. Selon la planification stratégique, avec 1 à 2 éclusées par jour et un rapport entre débit d'écluse et débit plancher > 3 , ils doivent être assainis. De telles variations quotidiennes (estimées à 500 par an) entraînent une dérive progressive des espèces qui ne sont pas adaptées à ce régime hydraulique.

Le point correspondant à une utilisation intensive de 20 % ([Fig. 72](#)) concerne la Limmat en aval de Zurich, où seules quatre espèces EPT ont été recensées en 2019. En 2023, quinze espèces ont de nouveau été observées. La raison de la disparition antérieure des espèces à cet endroit n'est pas claire.

Les autres échantillons présentant une utilisation intensive supérieure à 30 % ne permettent pas d'identifier des caractéristiques supplémentaires renforçant celles du bassin versant. Un facteur d'influence important qui fait défaut est la pollution physico-chimique due aux macro- et micropolluants. Les 24 échantillons restants (≥ 30 %

d'utilisation intensive dans le bassin versant) proviennent tous de stations où la « chimie standard » est mesurée par des prélèvements mensuels aléatoires et de 16 stations où des mesures supplémentaires sont effectuées tout au long de l'année au moyen d'échantillons collectés tous les 14 jours.

Limites maximales par espèce en cas d'exploitation de plus en plus intensive

En fonction de la part de surface intensivement exploitée dans le bassin versant d'une station, les données des deux campagnes NAWA permettent de déterminer une limite supérieure pour le nombre d'espèces EPT attendues. Cette limite supérieure est linéairement dépendante de l'exploitation et explique 84 % du nombre d'espèces possible ($r = 0,92$). Les points d'intersection de la droite de régression se situent à 43 espèces pour une utilisation extensive à 100 % dans le bassin versant et à 0 pour une utilisation intensive à 100 % ([Fig. 74](#)). Comme le montrent les figures 74 et 75, il existe également des limites supérieures analogues du nombre d'espèces spécifiques à l'utilisation pour les éphéméroptères et les plécoptères. Chez les trichoptères, cela est moins évident. Outre la part d'utilisation intensive, le nombre d'espèces le long de cette limite supérieure est corrélé à la pente moyenne. Il explique 73 % de la diversité EPT ($r=0,85$). Comme déjà constaté en 2019, la pente moyenne peut être considérée comme un indicateur des surfaces agricoles intensivement exploitées, car l'agriculture intensive et les zones urbanisées sont principalement implantées sur des terrains plats.

La fonction linéaire entre l'utilisation intensive et le nombre d'espèces EPT pourrait servir de référence pour l'influence de l'utilisation par unité de surface. Il faudrait vérifier l'hypothèse selon laquelle le nombre d'espèces en dessous de cette limite est lié à des facteurs de stress locaux supplémentaires. Pour cela, il faudrait procéder à une analyse minutieuse tenant compte de toutes les stations NAWA disposant de données EPT, d'autres données caractéristiques du bassin versant (données quantifiables sur les éclusées, les débits résiduels, l'écomorphologie), des données sur le régime de température et d'écoulement et, en particulier, des données sur les nutriments et les micropolluants.

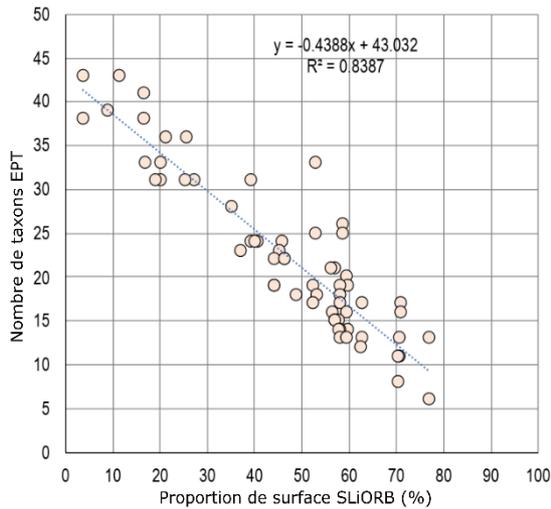


Fig. 74: Évolution de la limite supérieure du nombre d'espèces en fonction de la part de surfaces intensivement exploitées dans le bassin versant d'une station échantillonnée ($n=63$).

À l'exception de deux points situés sur le versant nord des Alpes, tous les points de données proviennent du Plateau et du Jura et présentent une forte corrélation négative avec la part de terres en culture ($r = -0,78$).

9.3.8 Présence des espèces EPT en fonction de l'utilisation spécifique

Comme cela a été constaté au niveau de l'ordre, la répartition des catégories de couverture du sol et leurs utilisations dans le bassin versant constituent le principal facteur déterminant pour le nombre d'espèces d'EPT. Ce chapitre analyse comment la composante «part de la surface en exploitation intensive» influence la présence des différentes espèces dans les stations NAWA.

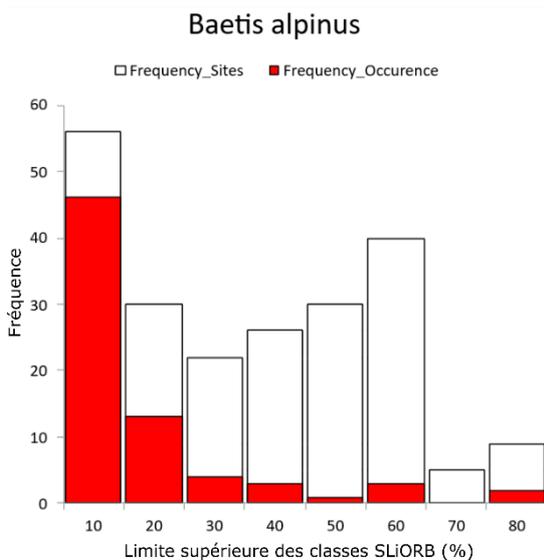


Fig. 75: Répartition du nombre de stations en 2019 et 2023 entre les huit classes de surface et nombre de stations où une espèce (p. ex. *Baetis alpinus*) est présente.

Les proportions de surfaces d'utilisation intensive dans le bassin versant de toutes les stations NAWA en 2019 et 2023 ont été classées en huit classes comprises entre 0 et

80 %. Le nombre de stations où une espèce a été trouvée a également été déterminé pour chaque classe (Fig. 75).

Afin de déterminer la présence d'une espèce en fonction des proportions d'utilisation, le nombre de stations où une espèce est présente a été normalisé par classe d'utilisation sur le nombre de stations NAWA par classe. Dans le cas de *Baetis alpinus*, cela signifie qu'il peut être présent dans toutes les classes d'utilisation, mais qu'il est fortement favorisé dans les bassins versants avec une faible proportion de surfaces intensivement exploitées (Fig. 76).

La présence de chaque espèce EPT en fonction de l'intensité d'utilisation a été déterminée à l'aide du coefficient de corrélation de Pearson entre la fréquence d'occurrence normalisée de l'espèce et les classes présentant une proportion croissante d'utilisation intensive. Ce coefficient varie entre -1 et +1. Les coefficients négatifs signifient que l'espèce a tendance à être présente dans les stations où la part d'utilisation extensive dans le bassin versant est importante, tandis que les coefficients positifs indiquent une présence plus fréquente dans les stations où la part d'utilisation intensive est élevée.

Baetis alpinus

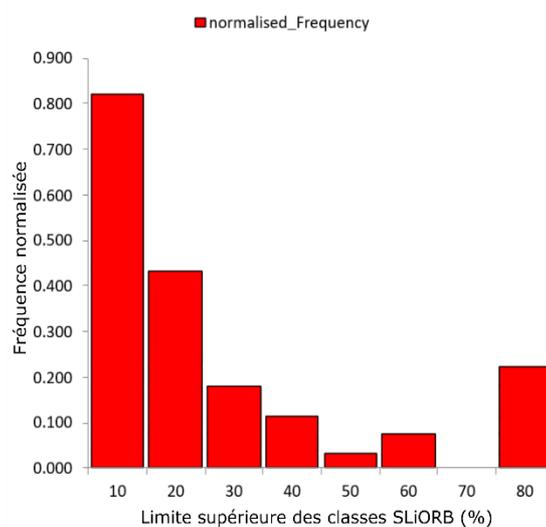


Fig. 76: Fréquence relative de *Baetis alpinus* dans les huit classes de proportion avec exploitation intensive dans le bassin versant.

Certaines espèces, comme *Baetis rhodani*, sont présentes dans toutes les zones d'utilisation intensive. Voici trois représentants typiques d'espèces qui réagissent différemment à l'exploitation du bassin versant.

Baetis rhodani est une espèce ubiquiste typique qui s'accommode pratiquement de toutes les intensités d'exploitation dans le bassin versant. Au total, elle a été trouvée dans 207 des 219 échantillons (Fig. 77).

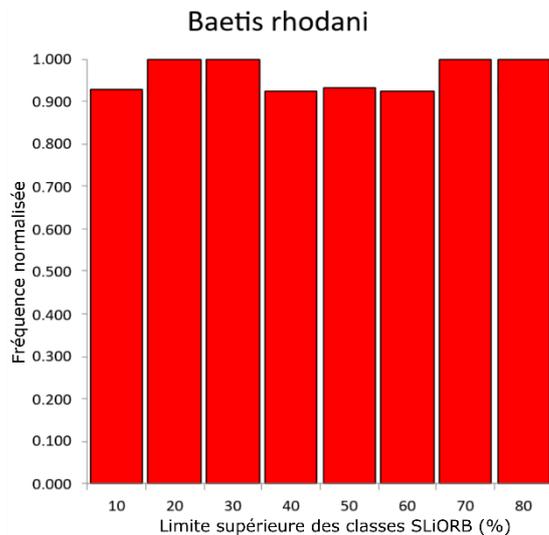


Fig. 77: Fréquence relative de *Baetis rhodani* dans les huit classes de proportion avec exploitation intensive dans le bassin versant.

Isoperla grammatica est représentative des espèces présentes dans les cours d'eau dont le bassin versant présente une faible exploitation. Elle est donc rare dans les stations NAWA. Elle n'a été trouvée que dans 56 des 219 échantillons (Fig. 78).

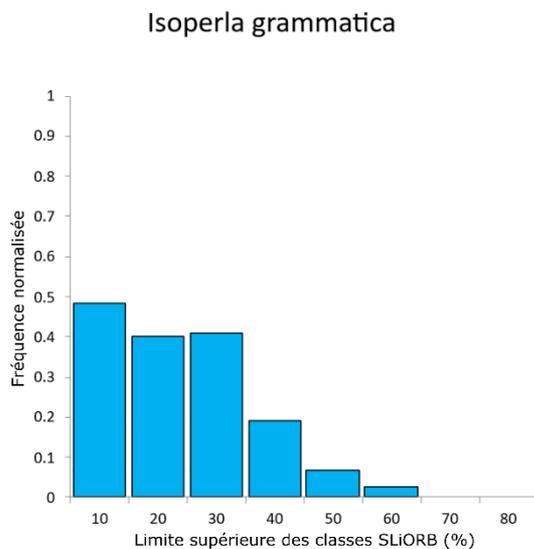


Fig. 78: Fréquence relative d'*Isoperla grammatica* dans les huit classes de proportion avec exploitation intensive dans le bassin versant.

Les espèces du complexe *Limnephilini* sont présentes dans le réseau NAWA principalement dans les cours d'eau dont le bassin versant est exploité de manière intensive à plus de 50 %. Elles ont été trouvées dans 80 des 219 échantillons (Fig. 79).

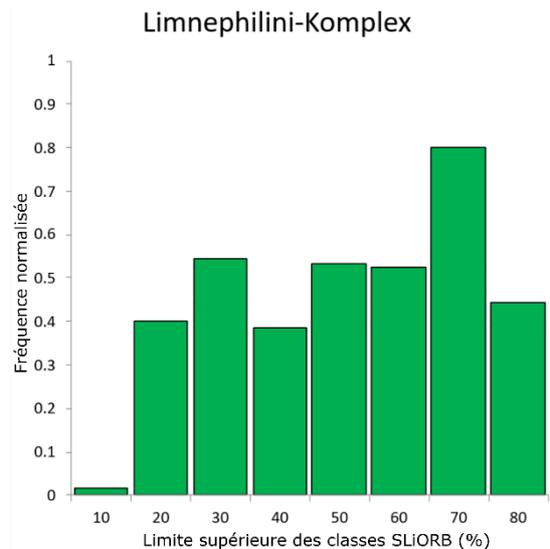


Fig. 79: Fréquence relative des espèces de trichoptères du complexe *Limnephilini* dans les huit classes de proportion avec utilisation intensive dans le bassin versant.

La présence des espèces EPT se limite, à des degrés divers, aux cours d'eau des bassins versants caractérisés par une part importante d'exploitation extensive. Néanmoins, parmi les trois ordres EPT, certaines espèces, notamment chez les trichoptères, sont fortement représentées dans les cours d'eau des bassins versants intensivement exploités (Fig. 80).

Il convient de noter que sur les 183 coefficients, seuls 67 sont suffisamment significatifs ($p=0,05$) et que les autres ne montrent que des tendances provisoires. Ce résultat s'améliorera si l'évaluation est étendue à d'autres stations NAWA (p. ex. NAWA-Spez, stations MP 2019-2021).

Il est également remarquable que sur les 33 espèces EPT qui n'ont été trouvées que dans un seul échantillon au cours des deux années d'enquête, c'est-à-dire qui sont très rares, 21 proviennent de stations dont le bassin versant est exploité à plus de 90 % de manière extensive. Cela pourrait indiquer qu'il s'agit majoritairement d'espèces sensibles.

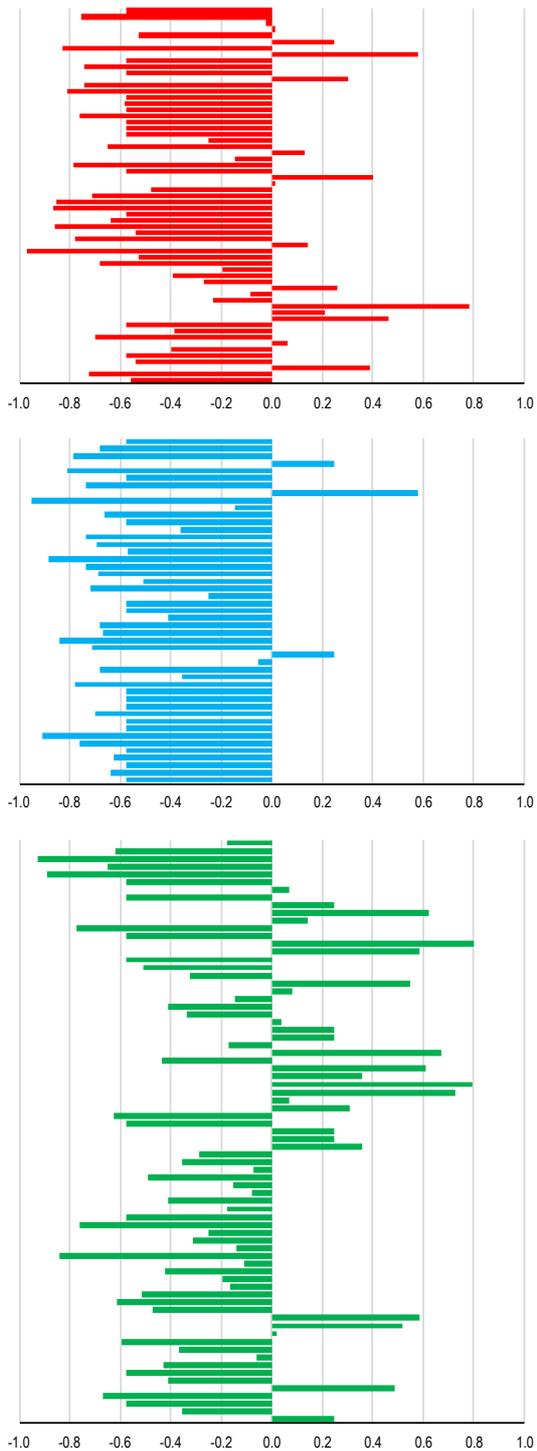


Fig. 80: Fréquence relative des espèces EPT dans des stations où les échantillons proviennent de cours d'eau situés majoritairement dans des bassins versants exploités de manière intensive (>0) ou extensive (<0) (rouge = éphéméroptères, bleu = plécoptères, vert = trichoptères). 219 échantillons provenant de 115 stations ont été pris en compte.

10 Néozoaires

Les néozoaires, ou espèces animales exotiques, exercent également une pression sur les espèces indigènes du macrozoobenthos. En 2019, par exemple, des gammaridés prédateurs allochtones (*Dikerogammarus villosus*, *Echinogammarus ischnus*) sont apparus en masse sur une station NAWA. Ils ont détruit une grande partie de la faune aquatique. Lors de la campagne de recensement 2023, les collaborateurs sur le terrain et en laboratoire ont dû concentrer leur attention sur sept néozoaires et les consigner dans la fiche de laboratoire IBCH. Il s'agit des espèces suivantes :

- *Dugesia tigrina*
- *Potamopyrgus antipodarum*
- *Haitia acuta*
- *Dikerogammarus villosus*.
- *Crangonyx pseudogracilis*
- *Craspedacusta sowerbyii*
- *Polychaeta*

10.1 Distribution 2023

Sur les sept espèces recensées, cinq ont été retrouvées en 2023 dans le réseau NAWA, comme en 2019. Les chiffres entre parenthèses se réfèrent à l'année 2019.

10.1.1 *Dugesia tigrina*

Dugesia tigrina était présent en 2023 dans 15 (12) stations NAWA. Les zones de prévalence ont en partie changé par rapport à 2019. L'espèce n'a plus été observée dans la Limmat ni dans les affluents de la rive nord du Léman. De nouvelles stations ont été découvertes sur la Birse, l'Allaine, la Bünz et tout à l'est sur l'Aächeli, une station MP nouvellement intégrée au programme NAWA-Trend en 2023. Les stations de la Lorze (désormais également à l'affluent du lac de Zoug), des affluents de l'Aar autour d'Olten, du Doubs, de l'embouchure de la Maggia et du Landgraben à Schaffhouse (Fig. 81) sont restés inchangés.

10.1.2 *Potamopyrgus antipodarum*

Potamopyrgus antipodarum est l'espèce la plus répandue dans le réseau NAWA. En 2023, elle n'a été trouvée qu'à 32 (44) endroits, soit une diminution d'un quart par rapport aux stations où elle était présente auparavant. Compte tenu du faible nombre d'échantillons prélevés par station, on peut toutefois douter qu'elle ait complètement disparu de ces endroits.

En 2023, les stations se concentrent dans les parties centrale et orientale du Plateau. Dans le Jura, de nouvelles stations ont été découvertes sur le Doubs et la Suze, mais *P. antipodarum* a disparu de l'embouchure de la Birse et de l'Allaine (Fig. 82). L'espèce n'a plus été trouvée dans l'ouest du Plateau, sur le flanc nord-ouest des Alpes, en Valais et au sud des Alpes.



Fig. 81: Répartition de *Dugesia tigrina* dans les stations du réseau NAWA en 2023.



Fig. 82: Répartition de *Potamopyrgus antipodarum* dans les stations du réseau NAWA en 2023.



Fig. 83: Répartition de *Haia acuta* dans les stations du réseau NAWA en 2023.



Fig. 84: Répartition de *Dikerogammarus sp.* dans les stations du réseau NAWA en 2023.



Fig. 85: Répartition de *Crangonycitidae* dans les stations du réseau NAWA en 2023.

10.1.3 *Haita acuta*

En 2023, le nombre de stations de *Haita acuta* a également nettement diminué. Au total, il a encore été trouvé à 10 (19) endroits. L'espèce est encore fréquente dans le Plateau, autour du Rhin, de l'Aar, de la Reuss et de la Limmat (Fig. 83).

10.1.4 *Dikerogammarus villosus*

Dikerogammarus villosus n'a été trouvé qu'à 4 (5) endroits en 2023, à savoir dans la Lorze, la Glatt et la Limmat (Fig. 84). L'abondance de l'espèce a fortement augmenté en 2023 dans la Limmat.

10.1.5 *Crangonyx pseudogracilis*

Crangonyx pseudogracilis n'a été retrouvé qu'à l'embouchure de la Glatt, à la sortie du lac de Greifensee (Fig. 85). Il n'a plus été observé dans l'Aa, à la sortie du lac de Pfäffikon.

Craspedacusta sowerbyi et *Polychaeta* n'ont pas été observés sur les stations NAWA en 2023.

10.2 Évolution 2012-2023

En 2023, avec 5 néozoaires trouvés, le nombre d'occurrences a diminué par rapport à 2019. La baisse est la plus marquée pour *Haita acuta* et *Potamopyrgos antipodarum*. *Dikerogammarus villosus* était absent d'une station. En revanche, *Dugesia tigrina* est apparu dans trois stations supplémentaires, dont deux ont été nouvellement intégrées dans le programme NAWA-Trend. Des populations plus importantes ont été observées à 6 (4) endroits (Tab. 13).

Espèce	Pourcentage des stations concernées (nombre total de stations en 2012 et 2015 : 88, en 2019 : 106, en 2023 : 113)				Nombre de stations avec >100 individus		Augmentation du nombre de stations concernées
	2012	2015	2019	2023	2019	2023	
<i>C. sowerbii</i>	–	–	–	–			–
<i>D. tigrina</i>	–	–	11%	13,3%			non
<i>Polychaeta</i>	–	–	–	–			–
<i>P. antipodarum</i>	24%	25%	42%	27,4%	3	4	non
<i>H. acuta</i>	2%	5%	18%	10,6%			non
<i>Crangonycitidae</i>	0%	2%	3%	0,8%	0	0	non
<i>Dikerogammarus sp.</i>	5%	5%	5%	3,5%	1	2	non

Tab. 13: Évolution de sept néozoaires sélectionnés du macrozoobenthos entre 2012 et 2023.

Sur l'ensemble de la période 2012-2023, les néozoaires ne se sont guère propagés dans le réseau NAWA. On peut toutefois supposer que leurs aires de répartition sont plus

étendues que ne le montrent les données de 2023, car les occurrences enregistrées antérieurement n'ont pas toujours pu être confirmées lors d'une campagne ultérieure en raison des méthodes utilisées.

11 Listes rouges

La détermination des EPT à l'espèce a également permis de vérifier si des espèces menacées étaient présentes. Ont été prises en compte les espèces classées au moins dans la catégorie VU (vulnérable). Les évaluations du degré de menace se basent sur la liste rouge publiée en 2012 par l'OFEV (Lubini et al. 2012). Les valeurs entre parenthèses se réfèrent au dernier recensement de 2019.

11.1 Ephéméroptères

En 2023, 10 (16) espèces d'éphéméroptères menacées en Suisse ont été recensées. Deux espèces sont en danger critique d'extinction (CR), deux sont en danger (EN) et six sont classées comme vulnérables (VU) (Tab. 14).

Genre	Espèce	Statut liste rouge	Σ Abondance	Stations	2019	2015	2012
Caenis	pusilla	CR	188	2	oui	oui	non
Rhithrogena	germanica	CR	32	6	oui	non	non
Caenis	rivulorum	EN	5	2	oui	oui	oui
Rhithrogena	landai	EN	23	1	oui	oui	oui
Baetis	bucuratus	VU	48	10	oui	oui	oui
Baetis	liebenauae	VU	36	3	oui	non	non
Baetis	nubecularis	VU	32	1	oui	oui	oui
Baetis	pentaplebedos	VU	13	2	oui	nein	nein
Torleya	major	VU	534	18	oui	oui	oui
Rhithrogena	allobrogica	VU	88	6	oui	oui	oui

Tab. 14: Liste des espèces d'éphéméroptères menacées trouvées en 2023 sur les stations NAWA.

11.2 Plécoptères

Sur les 4 (5) espèces de plécoptères menacées recensées en 2023 (Tab. 15), une est éteinte en Suisse (RE), deux sont en danger (EN) et une est classée comme vulnérable (VU). Un individu isolé de l'espèce *Taeniopteryx schoenemundi*, répertoriée comme éteinte en Suisse, a été trouvée dans l'Erveratte (CH_141_JU), un petit cours d'eau jurassien dans le bassin versant de l'Allaine. La liste rouge officielle n'est plus à jour pour cette espèce.

Genre	Espèce	Statut liste rouge	Σ Abondance	Stations	2019	2015	2012
Taeniopteryx	schoenemundi	RE	1	1	non	non	non
Besdolus	imhoffi	EN	1	1	oui	oui	oui
Isoperla	obscura	EN	9	1	non	oui	non
Protonemura	meyeri	VU	9	5	oui	oui	oui

Tab. 15: Liste des espèces de plécoptères menacées trouvées en 2023 sur les stations NAWA.

Taeniopteryx schoenemundi a été (re)découverte pour la première fois en 2017 dans la partie suisse du Doubs, puis en 2017 dans le Rhin près de Bâle, puis dans la Wutach (qui forme par endroits la frontière avec la Suisse) et dans la Thur dans le Toggenburg jusqu'à environ 700 m d'altitude. Elle y a ensuite été remplacée par *Taeniopteryx*

hubaulti (communication personnelle de V. Lubini, fig. 86). La liste rouge actuellement en cours de révision reviendra sur le statut de cette espèce.

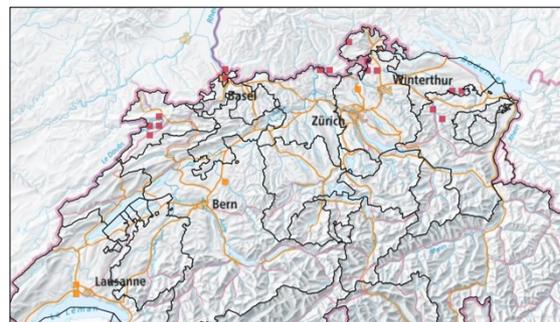


Fig. 86: Nouvelles stations où *Taeniopteryx schoenemundi* a été observé depuis 2017.

11.3 Trichoptères

Au total, 10 (7) espèces de trichoptères menacées (Tab. 16) ont été recensées en 2023. Une espèce est considérée comme éteinte en Suisse (RE), deux sont en danger critique d'extinction (CR), trois sont classées comme en danger (EN) et quatre comme vulnérables (VU). L'espèce *Brachycentrus subnubilus*, déclarée éteinte en Suisse dans la liste rouge actuelle, a été retrouvée dans la Glatt et la Limmat avec respectivement deux et trois spécimens. Au XXe siècle, l'espèce a été observée pour la dernière fois en 1961 et était depuis considérée comme disparue. Elle a été observée pour la première fois dans le Rhin en 2006 et est présente depuis 2021 dans les affluents moyens à grands du Rhin.

Genre	Espèce	Statut liste rouge	Σ Abondance	Stations	2019	2015	2012
Brachycentrus	subnubilus	RE	5	2	oui	non	non
Hydropsyche	bulbifera	CR	3	3	non	non	non
Chimarra	marginata	CR	40	1	non	non	non
Micrasema	setiferum	EN	187	4	oui	oui	oui
Hydropsyche	exocellata	EN	18	2	oui	oui	non
Psychomyia	fragilis	EN	1	1	non	non	non
Ernodes	articularis	VU	1	1	non	non	non
Silo	piceus	VU	2	1	oui	non	oui
Hydropsyche	saxonica	VU	1	1	non	non	non
Lepidostoma	basale	VU	2	2	oui	oui	non

Tab. 16: Liste des espèces de trichoptères menacées trouvées en 2023 sur les stations NAWA.

Ernodes articularis est une espèce terrestre sans branchies (ou une espèce crénale/hygropétrique) qui vit sous des feuilles humides, dans des endroits où il y a un peu d'eau.

12 Rétrospective

En rétrospective sur l'enquête NAWA-Trend 2023, nous relevons ci-après les expériences faites lors du prélèvement des échantillons et de l'évaluation des données qui peuvent être utiles pour le perfectionnement et la précision des indicateurs MZB. Certaines des recommandations de 2019 ont entre-temps été mises en œuvre. Ainsi, les soldes des échantillons sont désormais également archivés, ce qui permet d'effectuer *a posteriori* des contrôles de qualité du traitement des échantillons en laboratoire et d'autres analyses si de nouveaux aspects concernant le matériel d'échantillonnage apparaissent. Les données caractéristiques des bassins versants ont été adaptées et différenciées davantage. Les bassins versants des cours d'eau avec lacs ont été divisés, les zones étrangères des bassins versants ont été intégrées et les catégories d'utilisation ont été beaucoup plus différenciées.

12.1 Travail de terrain et de laboratoire

Toutes les prescriptions du cahier des charges ont été respectées.

- 113 échantillons MZB selon le concept modulaire, module macrozoobenthos, niveau F ;
- 113 échantillons de diatomées selon le concept modulaire, module diatomées, niveau F ;
- 560 échantillons d'ADN environnemental (4 par station) Les échantillons prélevés sur une station ont dû être rejetés car la chaîne du froid n'avait pas été respectée dans son intégralité ;
- 113 protocoles de terrain « INFO » (aspect général, écomorphologie) ;
- 113 protocoles de terrain « NOT » (remarques sur le lieu de prélèvement et le travail en laboratoire) ;
- 113 protocoles de terrain « TAB » (grille d'échantillonnage) ;
- 226 photos des stations (deux photos UP et DOWN par station)
- Sur 113 stations, les EPT ont été déterminées au niveau de l'espèce ou du complexe d'espèces et consignées en conséquence.
- Les échantillons des 113 stations sont archivés conformément aux directives du MZL.

12.1.1 Décalages temporels

Les stations suivantes ont dû être échantillonnées pendant les fenêtres temporelles tampons:

NAWA-ID	Cours d'eau	Echantillonnage
CH-012-OW	Sarner Aa	21.02.23
CH-014-LU	Reuss Luzern	22.02.23
CH-101-UR	Reuss Attingh.	24.02.23
CH-074-NW	Engerberger Aa	21.02.23
CH-123-TI	Maggia	29.03.23
CH-106-BE	Saane	02.04.23

Les raisons étaient les risques d'une fonte prématurée des neiges et d'inondations.

12.1.2 Décalages temporels

Des déplacements locaux concernent les endroits suivants :

NAWA-ID	Cours d'eau	Nouvelles coordonnées
CH-032-AG	Pfaffnern	634515/239649
CH-138 BE	Chrümmlisbach	605723/218782
CH-088-JU	Doubs	572188/244219
CH-908-SO	Mülibach	606241/222405

Des déplacements locaux ont été nécessaires en raison de stations inondées par des barrages de castors, d'une profondeur d'eau trop importante et d'un courant trop dangereux, ainsi que d'une distance trop grande entre le prélèvement des échantillons MZB et MP.

12.1.3 Raccourcissement des délais de développement du MZB grâce à des périodes de temps chaud

Selon MétéoSuisse, « l'année 2022 a été l'année la plus chaude et la plus ensoleillée depuis le début des mesures. L'année a été marquée par des températures supérieures à la moyenne, un manque de précipitations persistant et un ensoleillement important. L'été chaud a apporté trois vagues de chaleur et une sécheresse prononcée dans certaines régions. » [MétéoSuisse 2022].

Les mois de janvier et février 2023 ont également été extrêmement doux [MétéoSuisse 2023]. Les températures élevées associées à de faibles débits dus à la sécheresse ont entraîné une augmentation correspondante des températures de l'eau. Les équipes de terrain ont signalé à plusieurs reprises que le MZB avait dépassé le stade de développement habituel pour le mois de mars. La question se pose ici de savoir si les fenêtres d'échantillonnage fixes doivent être adaptées à l'historique des températures à l'avenir afin que la « qualité biologique » des eaux repose à chaque fois sur des stades de développement comparables du MZB.

12.1.4 Précision des estimations qualifiées

Avec le projet NAWA 2019, on est passé, pour l'indication d'un grand nombre d'individus chez les non-EPT (les EPT devaient être entièrement décomptés), du système des classifications par fréquence à celui des « estimations qualifiées ». Cette mesure est importante pour les évaluations quantitatives. Le cahier des charges du mandat ne fournit pas de directives plus précises à ce sujet. Les explications supplémentaires relatives au module SMG MZB ne contiennent pas non plus de prescriptions à ce sujet. Dans un souci d'uniformité, il conviendrait d'élaborer une telle directive. La manière la plus simple et la plus précise d'estimer le nombre d'individus consiste à secouer le bac pour obtenir une répartition homogène des taxons, à compter les individus par taxon à l'aide d'une loupe

binoculaire dans une bande visible et à extrapoler le nombre obtenu à la surface totale du bac. Si un échantillon est réparti sur plusieurs bacs, ce processus doit être répété pour chaque bac et les résultats obtenus pour chaque bac doivent être additionnés à la fin. Le temps nécessaire est faible par rapport au temps nécessaire au décomptage, car la plupart du temps, seuls quelques taxons dépassent le nombre obligatoire.

12.1.5 Clarifier les charges ponctuelles à proximité des stations NAWA

Ce thème a déjà été abordé dans le rapport 2021. Conformément au concept du programme de surveillance NAWA Trend, les points de prélèvement ont été choisis de manière à ce que l'état constaté soit représentatif de la pollution dans le sous-bassin versant d'une station. Cela implique qu'aucune source de pollution dominante au niveau local ne doit déboucher dans les zones de prélèvement. Les échantillonnages ont montré que cela n'était peut-être pas toujours le cas. Ainsi, dans les stations CH_014_LU, Reuss et CH_094_BE, La Suze, plusieurs déversoirs d'orage ou débordements de bassins de rétention se déversaient soit directement dans la zone d'échantillonnage, soit juste devant celle-ci. À ces deux endroits, il n'est pas possible de déplacer légèrement les points de prélèvement pour éviter ces sources de pollution potentielles.

12.2 Évaluation des données, analyse

Lors de l'évaluation des données MZB en vue d'identifier les facteurs susceptibles d'influencer les résultats, certaines données caractéristiques ne se prêtent toujours pas à une analyse statistique.

12.2.1 Relier les paramètres écomorphologiques au réseau hydrographique du bassin versant

Comme le montre le chapitre 4, la zone immédiate de la station de prélèvement n'est guère déterminante pour la présence d'une espèce écomorphologiquement sensible. La dérive et les différentes exigences au cours du cycle de vie nécessitent de prendre en compte des zones plus étendues. Le paramètre « écomorphologie » devrait couvrir une zone plus large du réseau hydrographique en amont d'une station de prélèvement à l'aide d'indicateurs appropriés. À cet effet, il convient de disposer non seulement des classes d'état agrégées 1 à 5, mais aussi des données numériques pertinentes sur lesquelles elles se fondent.

12.2.2 Quantification des données relatives aux éclusées

Les informations actuelles « oui » / « non » concernant les éclusées ne sont pas exploitables pour les comparaisons analytiques avec les données MZB. Une fois l'obligation d'assainissement clarifiée et la planification stratégique des cantons disponible, l'OFEV devrait disposer des données pertinentes sur les tronçons soumis à des effets d'éclusée. Les données pertinentes sont le rapport éclusée/débit de base, les taux de variation et de diminution du niveau d'eau et la fréquence des éclusées.

12.2.3 Quantification des informations relatives au débit résiduel

En ce qui concerne le débit résiduel, les informations actuelles « oui » / « non » ne sont pas exploitables pour les analyses avec les données MZB. Il est nécessaire de disposer de données sur la quantité d'eau résiduelle (p. ex. rapport avec le Q_{347} naturel ou le MQ) et la durée annuelle du débit résiduel.

13 Perspectives

13.1 Amélioration de la valeur indicative de l'IBCH

L'IBCH a pour objectif d'évaluer les facteurs de stress prédominants du macrozoobenthos à un endroit donné à l'aide d'un indice de qualité global. Les facteurs de stress comprennent des facteurs physico-chimiques, hydrauliques, écomorphologiques et biologiques. Comme le montrent les [fig. 35](#) et [fig. 36](#), les valeurs IBCH varient considérablement d'une campagne à l'autre. En comparant les campagnes entre elles, les valeurs IBCH d'une campagne ne peuvent être expliquées qu'à $\leq 23\%$ par celles d'une autre campagne. Le fait que l'IBCH soit utilisé comme « indice de qualité » et que la classe de qualité biologique varie ainsi d'une campagne à l'autre pose également problème. Face à cette « fluctuation » de 1 à 2 classes d'état, la question se pose tout d'abord de savoir dans quelle mesure elle est imputable à la méthode de relevé.

13.1.1 Erreur d'estimation de la méthode de relevé

Dans le cadre du NAWA et du BDM, 62 doubles échantillons ont été prélevés par différentes personnes à quelques jours d'intervalle et analysés au niveau IBCH. 37 de ces données ont été examinées afin de déterminer les différences de moyenne (premier et deuxième échantillonnage) et l'intervalle de confiance par rapport au nombre de taxons, à l'IBCH et au SPEAR. En moyenne, les premiers et seconds échantillons différaient de 3 taxons ($\pm 1,6$) pour l'IBCH, de 0,04 ($\pm 0,04$) pour le VT et de 0,1 ($\pm 0,1$) pour le GI. Les chiffres entre parenthèses indiquent l'intervalle de confiance à 95 % de la différence entre les moyennes. Si l'on compare cette « erreur de mesure » avec les différences moyennes entre les relevés 2019-2023, celles-ci sont imputables à la méthode à hauteur de 54 % pour le nombre de taxons, de 58 % pour l'IBCH et de 41 % pour le SPEAR. Pour décrire l'évolution actuelle de l'IBCH dans le temps, la sensibilité actuelle de la méthode est limitée, mais elle est suffisamment sensible pour saisir les différences spatiales dans le réseau NAWA. Cela devrait également s'appliquer au BDM.

Pour améliorer la sensibilité, il faudrait déterminer dans quelle mesure les prélèvements sur le terrain et le traitement en laboratoire entraînent des erreurs de mesure. Pour obtenir une amélioration sur le terrain, il serait difficile de ne pas augmenter le nombre d'échantillons (≤ 20), ce qui impliquerait un

surcroît de travail et n'est guère envisageable avec les ressources actuelles. La possibilité d'améliorer les résultats en laboratoire devrait être examinée dans le cadre d'un essai interlaboratoire contrôlé, réalisé par plusieurs personnes accréditées pour le NAWA et avec des échantillons dont la composition est entièrement connue.

13.1.2 Prise en compte des facteurs de stress dans le modèle IBCH

Comme mentionné en introduction, l'IBCH est un indice de qualité global. La mesure dans laquelle les différents facteurs de stress sont responsables des évaluations allant de « très bon » à « mauvais » est dissimulée dans une « boîte noire », ce qui limite considérablement l'utilité de l'indice. Grâce aux informations de plus en plus précises et différenciées sur le bassin versant des stations NAWA, aux longues séries chronologiques de données physico-chimiques, et depuis 2022 également aux micropolluants, des données de base différenciées sur l'écomorphologie, des informations iconographiques sur la couverture du sol et l'utilisation des terres en bordure des cours d'eau, les interventions anthropiques dans le régime naturel d'écoulement (débit résiduel, éclusées), des données complètes sur la température des cours d'eau, etc., il existe un potentiel considérable pour mieux comprendre l'interaction des facteurs de stress au sein de la « boîte noire » existante.

13.2 Amélioration de la valeur indicative du SPEAR

Le SPEAR est déjà un indice spécifique développé pour mesurer l'effet des micropolluants sur le MZB. Il est plus robuste dans le temps et corrèle mieux avec la part de surfaces intensivement exploitées dans le bassin versant que l'IBCH, la part de surface pouvant être considérée comme représentative des émissions de micropolluants dans les eaux. La surveillance chimique et analytique des micropolluants dans 34 stations NAWA depuis 2022 permet de constituer un ensemble de données avec lequel l'effet des micropolluants sur le MZB peut être suivi *in situ*. Les données physico-chimiques et les caractéristiques du bassin versant pourraient fournir des informations sur leur influence spécifique sur l'indice SPEAR. Il serait alors possible de déterminer la sensibilité, en particulier des EPT, pour chaque taxon et chaque substance dans des conditions *in situ*, afin de développer un indice SPEAR spécifique à la Suisse.

La subdivision des types d'exploitation agricole, pratiquement selon les différentes cultures au niveau 3, et les substances actives mesurées et utilisées spécifiquement pour chaque culture permettraient

d'établir un lien entre la part des cultures et l'utilisation effective de ces substances.

13.3 Développement d'un indicateur de qualité EPT

Les conclusions tirées lors du développement de l'indice SPEAR et les expériences faites jusqu'à présent dans le cadre du NAWA montrent que les espèces EPT sont plus sensibles aux facteurs de stress anthropiques que les taxons IBCH. Les données précises disponibles sur la dynamique des débits et des températures, les données de base écomorphologiques à l'échelle du bassin versant, la différenciation des utilisations dans le bassin versant de la station, les données caractéristiques quantifiables relatives aux éclusées et aux débits résiduels ainsi que, en particulier, les données physico-chimiques (nutriments, MP, etc.) devraient être utilisées pour analyser l'influence de ces facteurs de stress sur les EPT dans le réseau NAWA. La possibilité d'élaborer à partir de là un indicateur de qualité EPT permettant de tirer des conclusions spécifiques sur les différents facteurs de stress est tout à fait envisageable. Un tel indicateur pourrait également être intégré dans le module MZB dans le cadre du système d'indicateurs IBCH (IBCH, VT, GI, EPT). La condition préalable serait que l'indicateur puisse être appliqué a posteriori à des ensembles de données MZB antérieurs comprenant des spectres d'espèces EPT.

13.4 Étendre la différenciation taxonomique à d'autres groupes

L'évaluation des données EPT au niveau des espèces ou des complexes d'espèces montre que cette étape permet d'avoir une vision plus précise de l'effet des facteurs de stress sur les indicateurs. Par exemple, le lien entre l'utilisation dans le bassin versant et le nombre de taxons EPT est plus évident lorsque l'on passe du niveau de la famille à celui de l'espèce. Cette détermination plus différenciée doit être appliquée aux groupes taxonomiques présents partout, comme l'ordre des oligochaeta et les familles des chironomidae et des simuliidae. Il convient toutefois de déterminer quelle méthode est la plus économe en ressources : les analyses ADN ou les méthodes de détermination classiques.

13.5 Validation des indices biologiques à l'aide de données physico-chimiques

Depuis le début des relevés, les données physico-chimiques des paramètres des nutriments ont été collectées chaque mois aux stations NAWA et, depuis 2019, des

échantillons ciblant les micropolluants ont été prélevés toutes les deux semaines dans certaines stations. Les séries de données physico-chimiques désormais très complètes devraient être utilisées pour valider les indices biologiques en complément d'autres facteurs de stress, comme cela a été fait pour le DI-CH. Une telle validation fait généralement défaut, en particulier pour l'IBCH. Le SPEAR a été validé sur la base de données chimiques. Celles-ci ne couvraient toutefois qu'une partie du spectre de substances relevé par le NAWA. Les paramètres EPT et éventuellement d'autres groupes taxonomiques ont également été validés sur le plan chimique.

14 Recommendations

Pour toutes les stations NAWA du macrozoobenthos, il convient de vérifier si des rejets provenant du drainage urbain aboutissent dans la zone d'échantillonnage ou immédiatement au-dessus (chapitre 12.1).

- 1) Afin de garantir une estimation qualifiée des abondances en laboratoire, il convient à l'avenir de prescrire un comptage par bandes (chapitre 12.1).
- 2) Les précisions et corrections suivantes doivent être apportées à la liste des caractéristiques du bassin versant (chapitre 12.2) :
 - Compléter les indications écomorphologiques. Calculer les proportions de classes pour l'ensemble du bassin versant. Mettre également à disposition les données de base existantes.
 - Préciser les indications relatives aux éclusées à l'aide du rapport éclusée/débit, des fréquences d'éclusées, des vitesses de montée et de baisse des eaux.
 - Préciser les indications relatives aux débits résiduels en indiquant les rapports avec le MQ, le Q_{347} et la durée de l'écoulement résiduel.
- 3) Compléter régulièrement l'IBCH avec des systèmes d'indicateurs spécifiques nouvellement développés (p. ex. EPT) dans la mesure où ils peuvent être appliqués rétroactivement aux données NAWA (chapitre 13).
- 4) Étendre la différenciation taxonomique à d'autres groupes (oligochaeta, chironomidae, simuliidae), notamment à l'aide de méthodes de génétique moléculaire (chapitres 13.3-4).
- 5) Validation supplémentaire des paramètres biologiques IBCH, indice SPEAR, indices EPT, etc. à l'aide des données physico-chimiques disponibles (chapitre 13.5)

15 Littérature

OFEV 2013: NAWA – Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität. Konzept Fliessgewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1327: 72 S.

OFEV (ed.) 2019: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Makrozoobenthos Stufe F. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1026: 63 S.

Baumann P., Kirchhofer A., Schälchli U. 2012: Schwall/Sunk – Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1203: 26 S.

Binderheim E., Göggel W. 2007: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Äusserer Aspekt. Umwelt-Vollzug Nr. 0701. Bundesamt für Umwelt, Bern. 43 S.

BLW 2017: Agrarbericht 2016, Bundesamt für Landwirtschaft, 3003 Bern. 460 S.

Eichenberger E., Schlatter F., Weilenmann H.-U., Wuhrmann K. 1979: Die Wirkung der essentiellen Metalle Kupfer, Kobalt und Zink in Fliessgewässern; EAWAG Jahresbericht 1979.

Freshwaterecology.info: Taxa and Autecology Database for Freshwater Organisms. University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna Department Water - Atmosphere - Environment Institute of Hydrobiology & Aquatic Ecosystem Management.

Haberthür M.: 2021, Ergebnisse der 3. Erhebung NAWA-Trend Los 2, Makrozoobenthos, 50 S.

Haberthür M., Martinez N. Küry D. 2021: Analyse möglicher Einflussfaktoren auf die kurz- und langzeitlichen Trends beim Makrozoobenthos in NAWA-Trend. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, 39 S.

Hesselschwerdt J., Mürle U. 2020: Biologische Untersuchungen der Limmat 2020 zwischen Zürichsee und Aare, Fachbericht Makroinvertebraten. Hydra AG, DEPARTMENT BAU, VERKEHR UND UMWELT, Abteilung für Umwelt, Kanton Zürich, Baudirektion/Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Gewässerschutz, 38 S.

Kunz M., Schindler Wildhaber Y., Dietzel A., Wittmer I., Leib V. 2016: Zustand der Schweizer Fliessgewässer. Ergebnisse der Nationalen Beobachtung

Oberflächengewässerqualität (NAWA) 2011–2014. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1620: 87 S.

Lubini V., Knispel S., Sartori M., Vicentini H., Wagner A. 2012: Rote Listen Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 1212: 111 S.

MeteoSchweiz 2022: Klimabulletin 2022, Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, Zürich, 10. Januar 2023, 11 S.

MeteoSchweiz 2023: Klimabulletin 2022, Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, 15. Januar 2023, 16 S.

Pfaundler M. et al. 2011: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Hydrologie – Abflussregime Stufe F. Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Vollzug Nr. 1107: 113 S.

Schuwirth N., Caradima B., Schindler-Wildhaber Y., Sarbach-Remund N. 2019: Analyse schweizweiter Makrozoobenthosdaten; Erkenntnisse über anthropogene Einflüsse und Monitoring-Design. Aqua&Gas, 12 (2019), S. 55-61.

Statzner B. 1981: The relation between «hydraulic stress» and microdistribution of benthic macroinvertebrates in a lowland running water system the Schierenseebrooks (North Germany). Arch. Hydrobiol. 91 (2), p 192-213.

Stucki P., Knispel S. 2017: NAWA-TREND Biologie, Fachbericht Makrozoobenthos und Äusserer Aspekt, 2. Kampagne 2015, 51 S.

Tonolla D., Chaix O., Meile T., Zurwerra A., Büsser P., Oppliger S., Essyad K. 2017. Schwall-Sunk – Massnahmen. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1701: 133 S.

Waringer J., Graf W. 1997: Atlas der österreichischen Köcherfliegenlarven: unter Einschluss der angrenzenden Gebiete. Facultas-Univ.-Verl., 1997, 286 S.

Annexe A: Données relatives aux stations d'échantillonnage

Station	Cours d'eau	Coordonnée X	Coordonnée Y	Altitude	Date	Déplacement		Mandat
						spatial	temporel	
CH_002_BS	Birs	613496	267409	250	06.03.23	-	-	OFEV
CH_007_BE	Emme	609445	225330	444	01.03.23	-	-	OFEV
CH_009_SO	Limpach	605997	220876	464	01.03.23	-	-	OFEV
CH_011_SO	Lüssel	607744	250786	390	06.03.23	-	-	OFEV
CH_012_OW	Sarner Aa	662647	195819	461	21.02.23	-	avant	OW
CH_014_LU	Reuss	664315	212930	430	22.02.23	-	avant	OFEV
CH_015_VS	Rhône	639626	128790	659	18.04.23	-	-	VS
CH_016_VS	Vispa	634030	125900	650	18.04.23	-	-	VS
CH_017_VS	Rhône	593300	118455	489	17.03.23	-	-	VS
CH_018_VS	Drance	570614	104466	495	16.03.23	-	-	VS
CH_020_VD	Venoge	532024	154048	381	08.03.23	-	-	OFEV
CH_021_VD	Thielle	538389	180827	432	31.03.23	-	-	OFEV
CH_022_VD	Broye	566183	191947	440	07.03.23	-	-	OFEV
CH_023_SG	Steinach	750755	262628	409	07.03.23	-	-	OFEV
CH_025_SG	Sitter	745537	258250	535	07.03.23	-	-	OFEV
CH_026_SG	Thur	732383	259206	475	03.03.23	-	-	OFEV
CH_027_SG	Necker	724298	250473	560	03.03.23	-	-	OFEV
CH_028_SG	Glatt	729400	256250	495	03.03.23	-	-	OFEV
CH_032_AG	Pfaffnern	634429	239712	405	06.03.23	total	-	AG
CH_033_AG	Wyna	649071	246917	400	08.03.23	-	-	AG
CH_034_AG	Bünz	656434	251249	380	23.03.23	-	-	AG
CH_035_AG	Surb	662285	268508	335	23.03.23	-	-	AG
CH_036_AG	Sissle	641500	265545	310	07.03.23	-	-	AG
CH_039_AG	Suhre	648700	247570	380	08.03.23	-	-	AG
CH_040_ZH	Limmat	679330	250317	397	07.03.23	-	-	ZH
CH_041_ZH	Töss	685998	264982	358	24.03.23	-	-	ZH
CH_042_ZH	Sihl	682105	246843	410	21.03.23	-	-	ZH
CH_043_ZH	Glatt	678123	269619	339	20.03.23	-	-	ZH
CH_044_ZH	Glatt	691163	248330	436	20.03.23	-	-	ZH
CH_045_ZH	Aabach	696928	240805	440	20.03.23	-	-	ZH
CH_046_ZH	Aa	694950	244939	441	21.03.23	-	-	ZH
CH_047_ZH	Reppisch	672809	252051	385	07.03.23	-	-	ZH
CH_048_ZH	Jona	705817	232990	428	29.03.23	-	-	ZH
CH_049_ZH	Furtbach	671505	255848	420	13.03.23	-	-	ZH
CH_050_ZH	Thur	693065	272893	359	24.03.23	-	-	ZH
CH_054_FR	Sionge	572353	167639	684	05.04.23	-	-	OFEV
CH_056_BE	Engstige	615246	158704	810	06.04.23	-	-	OFEV
CH_058_BE	Chise	613807	188906	616	14.04.23	-	-	OFEV
CH_059_BE	Gürbe	603555	196625	511	07.03.23	-	-	OFEV
CH_060_BE	Sense	593370	193000	549	07.03.23	-	-	OFEV
CH_062_BE	Urtenen	606960	217380	486	01.03.23	-	-	OFEV
CH_063_BE	Langete	628600	232897	449	21.03.23	-	-	OFEV
CH_065_ZH	Sihl	693293	225364	687	05.04.23	-	-	ZH
CH_066_ZH	Töss	703828	255510	530	24.03.23	-	-	ZH
CH_067_BL	Ergolz	620950	264930	261	06.03.23	-	-	OFEV
CH_068_JU	Sorne	593577	246286	410	07.03.23	-	-	OFEV
CH_069_JU	Scheulte	599461	244150	465	07.03.23	-	-	OFEV
CH_070_TG	Murg	709510	269793	391	02.03.23	-	-	OFEV
CH_071_TG	Lauche	712330	264343	445	02.03.23	-	-	OFEV
CH_072_TG	Chemibach	721604	273121	419	20.03.23	-	-	OFEV
CH_074_NW	Engelberger Aa	674516	230487	390	02.03.23	-	avant	NW
CH_075_ZG	Lorze	680595	226069	421	02.03.23	-	-	OFEV
CH_076_ZG	Lorze	655159	251068	365	09.03.23	-	-	OFEV
CH_079_AG	Aabach	567887	261272	365	08.03.23	-	-	AG
CH_084_JU	Allaine	554430	199950	445	24.03.23	-	-	OFEV
CH_085_NE	Areuse	499460	116790	375	02.03.23	-	-	NE
CH_086_GE	Arve	613496	267409	250	06.03.23	-	-	GE

Station	Cours d'eau	Coordonnée X	Coordonnée Y	Altitude	Date	Déplacement		Station
CH_087_JU	Birs	597523	249370	386	07.03.23	-	-	OFEV
CH_088_JU	Doubs	572066	243841	417	06.03.23	total	-	OFEV
CH_089_SO	Dünnern	634000	244025	404	21.03.23	-	-	OFEV
CH_091_GR	Inn	795320	165548	1650	22.05.23	-	-	OFEV
CH_092_BE	Kander	616905	170230	620	06.04.23	-	-	OFEV
CH_093_LU	Kleine Emme	664207	213237	431	29.03.23	-	-	OFEV
CH_094_BE	La Suze	584763	220291	430	22.03.23	-	-	OFEV
CH_095_GR	Landquart	765245	204813	560	06.03.23	-	-	OFEV
CH_098_TI	Maggia	703084	113851	200	16.03.23	-	-	OFEV
CH_099_TI	Moesa	724346	120161	235	30.03.23	-	-	OFEV
CH_100_SZ	Muota	688257	206189	436	01.03.23	-	-	SZ
CH_101_UR	Reuss	690654	191880	444	24.02.23	-	avant	UR
CH_106_BE	Saane	585905	203017	463	02.04.23	-	après	OFEV
CH_107_FR	Sarine	573540	161640	685	08.04.23	-	-	OFEV
CH_111_AG	Wigger	637194	238503	420	06.03.23	-	-	AG
CH_114_BE	Emme	623712	199785	640	14.04.23	-	-	OFEV
CH_115_AI	Sitter	750019	243282	790	06.04.23	-	-	OFEV
CH_119_NE	Seyon	559534	207117	635	14.04.23	-	-	NE
CH_123_TI	Maggia	692818	134910	622	29.03.23	-	avant	OFEV
CH_126_VD	Mentue	545390	180900	448	06.03.23	-	-	OFEV
CH_127_VD	Talent	532670	173050	439	31.03.23	-	-	OFEV
CH_128_VD	Promenthouse	510084	140075	394	15.03.23	-	-	OFEV
CH_129_VD	Boiron de Morges	526273	149580	372	22.03.23	-	-	VD
CH_130_VD	Aubonne	520715	147440	395	21.03.23	-	-	OFEV
CH_131_VD	Veveyse	553755	145728	376	18.03.23	-	-	OFEV
CH_132_VD	Grande Eau	561082	130535	386	18.03.23	-	-	OFEV
CH_133_BE	Simme	612505	168441	640	06.04.23	-	-	OFEV
CH_134_BE	La Birse	596389	240411	475	07.03.23	-	-	OFEV
CH_135_AR	Urnäsch	742503	251590	593	06.03.23	-	-	OFEV
CH_136_AG	Küntenerbach	666969	248640	388	09.03.23	-	-	AG
CH_137_AG	Möhlinbach	632055	266359	330	06.03.23	-	-	AG
CH_138_BE	Chrümmlisbach	605391	219158	470	22.03.23	total	-	OFEV
CH_139_BE	Ballmoosbach	603217	210481	547	22.03.23	-	-	OFEV
CH_140_FR	Bainoz	552620	184072	566	06.03.23	-	-	OFEV
CH_141_JU	Erveratte	580325	251633	491	08.03.23	-	-	OFEV
CH_143_SG	Zapfenbach	764793	250889	400	13.03.23	-	-	OFEV
CH_144_SG	Mittlerer Seegraben	764600	251002	400	13.03.23	-	-	OFEV
CH_145_SH	Landgrabe	674870	279824	404	20.03.23	-	-	OFEV
CH_146_SH	Beggingerbach	681330	291094	526	02.03.23	-	-	OFEV
CH_147_TG	Eschelisbach	740300	274478	400	07.03.23	-	-	OFEV
CH_148_TG	Salmsacher Aach	741763	268543	418	29.03.23	-	-	OFEV
CH_149_TI	Vedeggio	714110	95680	273	26.03.23	-	-	OFEV
CH_150_VD	Ruisseau Gi	545151	181272	452	06.03.23	-	-	OFEV
CH_151_VD	Le Combagnou	522923	158664	620	06.04.23	-	-	OFEV
CH_152_VS	Canal D'Uvrier	597501	121662	492	16.03.23	-	-	VS
CH_154_LU	Ron	664050	224110	468	23.03.23	-	-	OFEV
CH-901-SO	Limpach	601442	217355	466	22.03.23	-	-	OFEV
CH-902-BE	Urtenen	607586	212703	501	22.03.23	-	-	OFEV
CH-903-NE	Sorge	559630	207341	644	14.04.23	-	-	NE
CH-904-VD	Eau Noire de Perroy	518490	148185	437	21.03.23	-	-	OFEV
CH-905-SG	Aächeli	765893	255377	400	13.03.23	-	-	OFEV
CH-906-SH	Zwärenbach	677768	288829	464	02.03.23	-	-	OFEV
CH-908-SO	Mülbach	606413	222516	471	22.03.23	total	-	OFEV
CH-909-LU	Wyna	657021	228067	641	01.04.23	-	-	OFEV
CH-910-VS	Canal de Brig	639634	128536	659	18.04.23	-	-	VS
CH-911-GE	La Seymaz	503069	115384	393	15.03.23	-	-	OFEV

Déplacement temporel

avant = avant la fenêtre temporelle

après = après la fenêtre temporelle

Déplacement spatial

léger = recoupe le tronçon de relevé

total= ne recoupe pas le tronçon de relevé

Annexe B: Données relatives aux macroinvertébrés

Station	Cours d'eau	Altitude	Date	Taxon	IBCH	VT	GImax	SPEAR
CH_002_BS	Birs	250	06.03.23	34	0.688	0.597	0.835	27.43
CH_007_BE	Emme	444	01.03.23	20	0.644	0.426	1.000	39.31
CH_009_SO	Limpach	464	01.03.23	23	0.635	0.512	0.835	26.51
CH_011_SO	Lüssel	390	06.03.23	32	0.688	0.597	0.835	29.40
CH_012_OW	Sarner Aa	461	21.02.23	37	0.885	1.000	0.696	25.55
CH_014_LU	Reuss	430	22.02.23	29	0.687	0.767	0.557	23.84
CH_015_VS	Rhône	659	18.04.23	17	0.909	0.853	1.000	58.44
CH_016_VS	Vispa	650	18.04.23	9	0.697	0.512	1.000	66.70
CH_017_VS	Rhône	489	17.03.23	17	0.909	0.853	1.000	51.61
CH_018_VS	Drance	495	16.03.23	22	0.937	1.000	0.835	47.08
CH_020_VD	Venoge	381	08.03.23	16	0.529	0.341	0.835	28.71
CH_021_VD	Thielle	432	31.03.23	11	0.159	0.171	0.139	26.26
CH_022_VD	Broye	440	07.03.23	29	0.476	0.512	0.418	18.74
CH_023_SG	Steinach	409	07.03.23	25	0.635	0.512	0.835	35.00
CH_025_SG	Sitter	535	07.03.23	26	0.740	0.682	0.835	34.76
CH_026_SG	Thur	475	03.03.23	23	0.803	0.682	1.000	43.54
CH_027_SG	Necker	560	03.03.23	28	0.856	0.767	1.000	44.31
CH_028_SG	Glatt	495	03.03.23	35	0.803	0.682	1.000	26.74
CH_032_AG	Pfaffnern	405	06.03.23	30	0.740	0.682	0.835	23.70
CH_033_AG	Wyna	400	08.03.23	32	0.740	0.682	0.835	27.78
CH_034_AG	Bünz	380	23.03.23	29	0.688	0.682	0.696	26.62
CH_035_AG	Surb	335	23.03.23	31	0.688	0.682	0.696	26.74
CH_036_AG	Sissle	310	07.03.23	32	0.635	0.597	0.696	29.11
CH_039_AG	Suhre	380	08.03.23	25	0.635	0.597	0.696	22.88
CH_040_ZH	Limmat	397	07.03.23	28	0.846	0.767	0.975	25.49
CH_041_ZH	Töss	358	24.03.23	33	0.856	0.767	1.000	35.05
CH_042_ZH	Sihl	410	21.03.23	35	0.952	0.938	0.975	38.87
CH_043_ZH	Glatt	339	20.03.23	27	0.688	0.597	0.835	30.36
CH_044_ZH	Glatt	436	20.03.23	30	0.582	0.682	0.418	17.26
CH_045_ZH	Aabach	440	20.03.23	37	0.846	0.853	0.835	29.92
CH_046_ZH	Aa	441	21.03.23	32	0.688	0.682	0.696	29.47
CH_047_ZH	Reppisch	385	07.03.23	30	0.688	0.682	0.696	23.42
CH_048_ZH	Jona	428	29.03.23	31	0.740	0.682	0.835	33.39
CH_049_ZH	Furbach	420	13.03.23	23	0.582	0.512	0.696	20.07
CH_050_ZH	Thur	359	24.03.23	28	0.750	0.597	1.000	46.01
CH_054_FR	Sionge	684	05.04.23	23	0.529	0.426	0.696	29.35
CH_056_BE	Engstlige	810	06.04.23	14	0.635	0.512	0.835	64.75
CH_058_BE	Chise	616	14.04.23	27	0.635	0.512	0.835	26.79
CH_059_BE	Gürbe	511	07.03.23	33	0.803	0.682	1.000	29.13
CH_060_BE	Sense	549	07.03.23	29	0.856	0.767	1.000	38.28
CH_062_BE	Urtenen	486	01.03.23	20	0.582	0.426	0.835	19.98
CH_063_BE	Langete	449	21.03.23	31	0.740	0.682	0.835	31.14
CH_065_ZH	Sihl	687	05.04.23	33	0.962	0.938	1.000	43.16
CH_066_ZH	Töss	530	24.03.23	32	0.750	0.597	1.000	40.54
CH_067_BL	Ergolz	261	06.03.23	24	0.529	0.426	0.696	25.02
CH_068_JU	Sorne	410	07.03.23	32	0.688	0.597	0.835	28.68
CH_069_JU	Scheulte	465	07.03.23	44	0.856	0.767	1.000	31.02
CH_070_TG	Murg	391	02.03.23	37	0.846	0.853	0.835	31.28
CH_071_TG	Lauche	445	02.03.23	31	0.740	0.682	0.835	32.17
CH_072_TG	Chemibach	419	20.03.23	32	0.740	0.682	0.835	28.33
CH_074_NW	Engelberger Aa	454	21.02.23	19	0.750	0.597	1.000	51.26
CH_075_ZG	Lorze	390	02.03.23	24	0.635	0.512	0.835	22.02
CH_076_ZG	Lorze	421	02.03.23	32	0.750	0.597	1.000	37.26
CH_079_AG	Aabach	365	09.03.23	45	0.937	1.000	0.835	23.39
CH_084_JU	Allaine	365	08.03.23	32	0.582	0.512	0.696	22.31
CH_085_NE	Areuse	445	24.03.23	41	0.803	0.682	1.000	33.64
CH_086_GE	Arve	375	02.03.23	18	0.750	0.597	1.000	43.11
CH_087_JU	Birs	386	07.03.23	43	0.740	0.682	0.835	26.37
CH_088_JU	Doubs	417	06.03.23	43	0.793	0.682	0.975	36.90
CH_089_SO	Dünern	404	21.03.23	29	0.582	0.512	0.696	25.21
CH_091_GR	Inn	###	22.05.23	13	0.750	0.597	1.000	52.26
CH_092_BE	Kander	620	06.04.23	14	0.803	0.682	1.000	63.15
CH_093_LU	Kleine Emme	431	29.03.23	14	0.582	0.426	0.835	47.14
CH_094_BE	La Suze	430	22.03.23	31	0.697	0.512	1.000	29.98
CH_095_GR	Landquart	560	06.03.23	18	0.750	0.597	1.000	55.56
CH_098_TI	Maggia	200	16.03.23	21	0.635	0.682	0.557	47.80

Station	Cours d'eau	Altitude	Date	Taxon	IBCH	VT	GImax	SPEAR
CH_099_TI	Moesa	235	30.03.23	23	0.697	0.512	1.000	50.98
CH_100_SZ	Muota	436	01.03.23	30	0.909	0.853	1.000	50.36
CH_101_UR	Reuss	444	24.02.23	15	0.793	0.767	0.835	53.12
CH_106_BE	Saane	463	02.04.23	26	0.803	0.682	1.000	34.46
CH_107_FR	Sarine	685	08.04.23	25	0.803	0.682	1.000	43.10
CH_111_AG	Wigger	420	06.03.23	30	0.803	0.682	1.000	34.04
CH_114_BE	Emme	640	14.04.23	18	0.697	0.512	1.000	38.39
CH_115_AI	Sitter	790	06.04.23	30	0.909	0.853	1.000	51.06
CH_119_NE	Seyon	635	14.04.23	27	0.423	0.426	0.418	19.53
CH_123_TI	Maggia	622	29.03.23	23	0.962	0.938	1.000	49.06
CH_126_VD	Mentue	448	06.03.23	29	0.635	0.512	0.835	23.96
CH_127_VD	Talent	439	31.03.23	27	0.635	0.512	0.835	25.66
CH_128_VD	Promenthouse	394	15.03.23	19	0.529	0.341	0.835	42.03
CH_129_VD	Boiron de Morges	372	22.03.23	22	0.476	0.426	0.557	33.25
CH_130_VD	Aubonne	395	21.03.23	25	0.644	0.426	1.000	44.81
CH_131_VD	Veveyse	376	18.03.23	22	0.740	0.597	0.975	28.80
CH_132_VD	Grande Eau	386	18.03.23	18	0.582	0.512	0.696	36.39
CH_133_BE	Simme	640	06.04.23	15	0.697	0.512	1.000	63.29
CH_134_BE	La Birse	475	07.03.23	27	0.582	0.426	0.835	28.90
CH_135_AR	Urnäsch	593	06.03.23	26	0.803	0.682	1.000	45.81
CH_136_AG	Küntenerbach	388	09.03.23	29	0.688	0.682	0.696	30.41
CH_137_AG	Möhlinbach	330	06.03.23	21	0.644	0.426	1.000	36.59
CH_138_BE	Chrümlisbach	470	22.03.23	27	0.688	0.682	0.696	20.23
CH_139_BE	Ballmoosbach	547	22.03.23	21	0.582	0.512	0.696	29.73
CH_140_FR	Le Bainoz	566	06.03.23	25	0.582	0.597	0.557	31.81
CH_141_JU	Erveratte	491	08.03.23	34	0.793	0.770	0.835	24.98
CH_143_SG	Zapfenbach	400	13.03.23	21	0.423	0.512	0.278	15.97
CH_144_SG	Mittlerer Seegraben	400	13.03.23	24	0.529	0.512	0.557	18.88
CH_145_SH	Landgrabe	404	20.03.23	31	0.688	0.682	0.696	27.54
CH_146_SH	Beggingerbach	526	02.03.23	32	0.793	0.767	0.835	32.29
CH_147_TG	Eschelisbach	400	07.03.23	25	0.635	0.597	0.696	27.16
CH_148_TG	Salmsacher Aach	418	29.03.23	32	0.688	0.682	0.696	27.82
CH_149_TI	Vedeggio	273	26.03.23	19	0.529	0.426	0.696	26.24
CH_150_VD	Ruisseau de Gi	452	06.03.23	39	0.899	0.938	0.835	27.78
CH_151_VD	Le Combagnou	620	06.04.23	22	0.476	0.512	0.418	28.42
CH_152_VS	Canal d'Uvrier	492	16.03.23	13	0.264	0.341	0.139	0.00
CH_154_LU	Ron	468	23.03.23	30	0.688	0.682	0.696	21.04
CH_901_SO	Limpach	466	22.03.23	36	0.582	0.767	0.278	20.94
CH_902_BE	Urtenen	501	22.03.23	26	0.476	0.597	0.278	10.76
CH_903_NE	Sorge	644	14.04.23	21	0.476	0.341	0.696	26.19
CH_904_VD	Eau Noire de Perroy	437	21.03.23	17	0.423	0.426	0.418	21.70
CH_905_SG	Aächeli	400	13.03.23	20	0.317	0.426	0.139	8.53
CH_906_SH	Zwärenbach	464	02.03.23	31	0.793	0.767	0.835	24.70
CH_908_SO	Mülibach	471	22.03.23	37	0.846	0.853	0.835	22.35
CH_909_LU	Wyna	641	01.04.23	28	0.688	0.597	0.835	22.45
CH_910_VS	Canal de Brig	659	18.04.23	17	0.529	0.512	0.557	31.46
CH_911_GE	La Seymaz	393	15.03.23	16	0.370	0.341	0.418	25.36

Annexe C: Liste d'espèces des Ephemeroptera

Famille	Genre	Espèce	Nombre de stations	Abondance totale	Abondance/station
Baetidae	Alainites	muticus	51	2528	49.6
Baetidae	Baetis	fuscatus-Komplex	8	16	2.0
Baetidae	Baetis	alpinus	43	4577	106.4
Baetidae	Baetis	bucuratus	10	48	4.8
Baetidae	Baetis	liebenauae	3	36	12.0
Baetidae	Baetis	lutheri	65	2633	40.5
Baetidae	Baetis	nubecularis	1	32	32.0
Baetidae	Baetis	pentapleobodes	2	13	6.5
Baetidae	Baetis	rhodani	107	20069	187.6
Baetidae	Baetis	vardarensis	28	840	30.0
Baetidae	Baetis	vernus	3	12	4.0
Baetidae	Centroptilum	luteolum	33	1447	43.8
Baetidae	Cloeon	dipterum	1	1	1.0
Baetidae	Labiobaetis	atrebatinus	3	5	1.7
Baetidae	Baetis	fuscatus (fuscatus-K.)	1	15	15.0
Baetidae	Baetis	scambus (fuscatus-K.)	1	2	2.0
Caenidae	Caenis	horaria	1	1	1.0
Caenidae	Caenis	luctuosa	9	327	36.3
Caenidae	Caenis	macrura	32	4512	141.0
Caenidae	Caenis	pusilla	2	188	94.0
Caenidae	Caenis	rivulorum	2	5	2.5
Ephemerellidae	Ephemerella	mucronata	5	6	1.2
Ephemerellidae	Serratella	ignita	30	1279	42.6
Ephemerellidae	Torleya	major	18	534	29.7
Ephemeridae	Ephemerella	danica	43	560	13.0
Heptageniidae	Ecdyonurus	helveticus-Komplex	13	82	6.3
Heptageniidae	Ecdyonurus	venosus-Komplex	51	551	10.8
Heptageniidae	Electrogena	lateralis	2	3	1.5
Heptageniidae	Electrogena	ujhelyii	3	27	9.0
Heptageniidae	Epeorus	alpicola	1	1	1.0
Heptageniidae	Epeorus	assimilis	24	238	9.9
Heptageniidae	Heptagenia	sulphurea	7	65	9.3
Heptageniidae	Rhithrogena	diaphana-Komplex	2	2	1.0
Heptageniidae	Rhithrogena	hybrida-Komplex	12	176	14.7
Heptageniidae	Rhithrogena	semicolorata-Komplex	55	2292	41.7
Heptageniidae	Rhithrogena	allobrogica	6	88	14.7
Heptageniidae	Rhithrogena	alpestris	6	40	6.7
Heptageniidae	Rhithrogena	landai-Komplex	1	25	25.0
Heptageniidae	Ecdyonurus	helveticus (helveticus-K.)	2	13	6.5
Heptageniidae	Ecdyonurus	picteti (helveticus-K.)	1	2	2.0
Heptageniidae	Ecdyonurus	torrentis (venosus-K.)	10	31	3.1
Heptageniidae	Ecdyonurus	venosus (venosus-K.)	24	154	6.4
Heptageniidae	Rhithrogena	degrangei(hybrida-K.)	1	1	1.0
Heptageniidae	Rhithrogena	dorieri (semicolorata-K.)	2	3	1.5
Heptageniidae	Rhithrogena	germanica (semicolorata-K.)	6	32	5.3
Heptageniidae	Rhithrogena	gratianopolitana(hybrida-K.)	11	73	6.6
Heptageniidae	Rhithrogena	landai (landai-K.)	1	23	23.0
Heptageniidae	Rhithrogena	picteti (semicolorata-K.)	4	63	15.8
Heptageniidae	Rhithrogena	putzhi (hybrida-K.)	1	54	54.0
Heptageniidae	Rhithrogena	savoienensis (diaphana-K.)	1	2	2.0
Heptageniidae	Rhithrogena	semicolorata (semicolorata-K.)	2	78	39.0
Leptophlebiidae	Habroleptoides	confusa	38	1228	32.3
Leptophlebiidae	Habroplebia	lauta	24	572	23.8
Leptophlebiidae	Paraleptophlebia	submarginata	24	327	13.6
Potamanthidae	Potamanthus	luteus	8	35	4.4
Siphonuridae	Siphonurus	lacustris	6	17	2.8
Siphonuridae	Siphonurus	sp.	1	1	1.0

Annexe D: Liste d'espèces des Plecoptera

Famille	Genre	Espèce	Nombre de stations	Abondance totale	Abondance/station
Capniidae	Capnia	nigra	1	2	2.0
Capniidae	Capnioneura	nemuroides	4	22	5.5
Chloroperlidae	Chloroperla	susemicheli	1	1	1.0
Chloroperlidae	Chloroperla	tripunctata	8	30	3.8
Chloroperlidae	Siphonoperla	torrentium (torrentium-K.)	5	27	5.4
Leuctridae	Leuctra	geniculata	6	23	3.8
Leuctridae	Leuctra	hippopus (Leuctra-K.)	6	10	1.7
Leuctridae	Leuctra	inermis (Leuctra-K.)	7	63	9.0
Leuctridae	Leuctra	-Komplex	67	6042	90.2
Nemouridae	Amphinemura	sulcicollis	1	3	3.0
Nemouridae	Amphinemura	sulcicollis-Komplex	32	592	18.5
Nemouridae	Nemoura	flexuosa (Nemoura-K.)	22	150	6.8
Nemouridae	Nemoura	marginata (Nemoura-K.)	3	7	2.3
Nemouridae	Nemoura	minima	5	13	2.6
Nemouridae	Nemoura	mortoni	4	13	3.3
Nemouridae	Nemoura	-Komplex	12	18	1.5
Nemouridae	Nemurella	pictetii	1	1	1.0
Nemouridae	Protonemura	brevistyla	1	4	4.0
Nemouridae	Protonemura	intricata	5	178	35.6
Nemouridae	Protonemura	lateralis	3	6	2.0
Nemouridae	Protonemura	meyeri	5	9	1.8
Nemouridae	Protonemura	nimborum	1	1	1.0
Nemouridae	Protonemura	nitida	18	230	12.8
Perlidae	Dinocras	cephalotes	10	30	3.0
Perlidae	Perla	grandis	12	24	2.0
Perlidae	Perla	marginata	5	13	2.6
Perlodidae	Besdolus	imhoffi	1	1	1.0
Perlodidae	Dictyogenus	alpinus (Dictyogenus-K.)	1	9	9.0
Perlodidae	Isoperla	carbonaria	1	1	1.0
Perlodidae	Isoperla	grammatica (Isoperla-K.)	33	494	15.0
Perlodidae	Isoperla	obscura (Isoperla-K.)	1	9	9.0
Perlodidae	Isoperla	rivolum (Isoperla-K.)	6	15	2.5
Perlodidae	Isoperla	-Komplex	8	197	24.6
Perlodidae	Perlodes	microcephalus	9	13	1.4
Taeniopterygidae	Brachyptera	risi	47	641	13.6
Taeniopterygidae	Rhabdiopteryx	neglecta (Rhabdiopteryx-K.)	10	82	8.2
Taeniopterygidae	Rhabdiopteryx	-Komplex	9	450	50.0
Taeniopterygidae	Taeniopteryx	schoenemundi	1	1	1.0

Annexe E: Liste d'espèces des Trichoptera

Famille	Genre	Espèce	Nombre de stations	Abondance totale	Abondance/station
Beraeidae	Ernodes	articularis	1	1	1.0
Brachycentridae	Brachycentrus	subnubilus	2	5	2.5
Brachycentridae	Micrasema	morosum	1	1	1.0
Brachycentridae	Micrasema	setiferum	4	187	46.8
Glossosomatidae	Agapetus	fuscipes	1	2	2.0
Glossosomatidae	Agapetus	laniger			#DIV/0!
Glossosomatidae	Agapetus	ochripes	7	25	3.6
Glossosomatidae	Glossosoma	boltoni (Glossosoma-K)	3	4	1.3
Glossosomatidae	Glossosoma	conformis (Glossosoma-K.)	3	22	7.3
Glossosomatidae	Glossosoma	-Komplex	2	16	8.0
Goeridae	Goera	pilosa	2	5	2.5
Goeridae	Silo	nigricornis	8	22	2.8
Goeridae	Silo	pallipes	8	35	4.4
Goeridae	Silo	piceus	1	2	2.0
Hydropsychidae	Cheumatopsyche	lepida	8	384	48.0
Hydropsychidae	Hydropsyche	angustipennis	6	131	21.8
Hydropsychidae	Hydropsyche	bulbifera	3	3	1.0
Hydropsychidae	Hydropsyche	contubernalis	2	3	1.5
Hydropsychidae	Hydropsyche	dinarica	7	15	2.1
Hydropsychidae	Hydropsyche	exocellata	2	18	9.0
Hydropsychidae	Hydropsyche	incognita	23	273	11.9
Hydropsychidae	Hydropsyche	instabilis	30	284	9.5
Hydropsychidae	Hydropsyche	pellucidula	5	33	6.6
Hydropsychidae	Hydropsyche	saxonica	1	1	1.0
Hydropsychidae	Hydropsyche	siltalai	60	1909	31.8
Hydropsychidae	Hydropsyche	tenuis	3	3	1.0
Hydroptilidae	Agraylea	multipunctata	1	2	2.0
Hydroptilidae	Hydroptila	-Komplex	48	341	7.1
Hydroptilidae	Ithytrichia	-Komplex	1	2	2.0
Lepidostomatidae	Lepidostoma	basale	2	2	1.0
Lepidostomatidae	Lepidostoma	hirtum	22	344	15.6
Leptoceridae	Athripsodes	albifrons	1	7	7.0
Leptoceridae	Athripsodes	cinereus	2	10	5.0
Leptoceridae	Ceraclea	dissimilis	2	2	1.0
Leptoceridae	Mystacides	azurea	22	98	4.5
Leptoceridae	Oecetis	notata	2	9	4.5
Leptoceridae	Oecetis	ochracea	1	11	11.0
Leptoceridae	Setodes	punctatus	1	1	1.0
Limnephilidae	Allogamus	auricollis	24	1653	68.9
Limnephilidae	Chaetopt. & Stenoph.	-Komplex Gruppe Auricollis	34	263	7.7
Limnephilidae	Chaetopt. & Stenoph.	-Komplex Gruppe Cingulatus	35	160	4.6
Limnephilidae	Chaetopt. & Stenoph.	-Komplex Gruppe Digitatus	40	309	7.7
Limnephilidae	Chaetopt. & Stenoph.	-Komplex Gruppe Permistus	8	9	1.1
Limnephilidae	Drusus	annulatus	6	27	4.5
Limnephilidae	Glyphotaelius	pellucidus	3	5	1.7
Limnephilidae	Halesus	radiatus	9	37	4.1
Limnephilidae	Limnephilini	-Komplex	42	473	11.3
Limnephilidae	Melampophylax	mucoreus	2	8	4.0
Limnephilidae	Micropterna	testacea (3	4	1.3
Limnephilidae	Potamophylax	cingulatus	3	5	1.7
Odontoceridae	Odontocerum	albicorne	24	226	9.4
Philopotamidae	Chimarra	marginata	1	40	40.0
Philopotamidae	Philopotamus	ludificatus	1	1	1.0
Polycentropodidae	Neureclipsis	bimaculata	1	8	8.0
Polycentropodidae	Plectrocnemia	-Komplex	8	58	7.3
Polycentropodidae	Polycentropus	excisus (Polycentropus-K.)	1	1	1.0
Polycentropodidae	Polycentropus	flavomaculatus (Polycentropus-K.)	21	182	8.7
Polycentropodidae	Polycentropus	-Komplex	12	77	6.4
Psychomyiidae	Lype	phaeopa	3	8	2.7
Psychomyiidae	Lype	reducta	14	23	1.6
Psychomyiidae	Psychomyia	fragilis	1	1	1.0
Psychomyiidae	Psychomyia	pusilla	26	141	5.4
Psychomyiidae	Tinodes	waeneri	4	9	2.3
Psychomyiidae	Tinodes	-Komplex	28	455	16.3

Famille	Genre	Espèce	Nombre de stations	Abondance totale	Abondance/station
Psychomyiidae	Tinodes	unicolor (Tinodes-K.)	1	1	1.0
Rhyacophilidae	Rhyacophila	dorsalis	1	1	1.0
Rhyacophilidae	Rhyacophila	pubescens	6	29	4.8
Rhyacophilidae	Rhyacophila	torrentium-K.	10	72	7.2
Rhyacophilidae	Rhyacophila	tristis	12	117	9.8
Rhyacophilidae	Rhyacophila	sensu str.-Komplex	85	932	11.0
Rhyacophilidae	Rhyacophila	Rhyacophila torrentium	1	26	26.0
Rhyacophilidae	Rhyacophila	Rhyacophila-Hyporhyacophila-K.	1	3	3.0
Sericostomatidae	Sericostoma	Sericostoma-Komplex	36	395	11.0

Annexe F: Répartition par catégories d'utilisation

Zone urbaine (z)

Bâtiments
 Bassin
 Bâtiments avec production agricole
 Chemin de fer
 Routes et chemins
 Trottoirs
 Îlot de circulation
 Aéroports et aérodromes
 Autres surfaces imperméabilisées
 Jardins
 Zones d'extraction
 Autres surfaces couvertes d'humus
 Chemins non consolidés
 Jardins familiaux (issus de la SAU)

Agriculture intensive (Ai)

Orge de printemps
 Orge d'hiver
 Avoine
 Triticale
 Mélange de céréales fourragères
 Blé fourrager selon la liste des variétés swiss granum
 Maïs grain
 Riz
 Épeautre, engrain
 Blé de printemps (à l'exclusion du blé fourrager figurant dans la liste des variétés swiss granum)
 Blé d'hiver (à l'exclusion du blé fourrager figurant dans la liste des variétés swiss granum)
 Seigle
 Mélange de céréales panifiables
 Epeautre
 Maïs semence (culture contractuelle)
 Maïs en silo et maïs vert
 Betteraves sucrières
 Betteraves fourragères
 Pommes de terre
 Pommes de terre de semence (culture contractuelle)
 Colza d'été pour la production d'huile alimentaire
 Colza d'hiver pour la production d'huile alimentaire
 Soja
 Tournesols pour la production d'huile alimentaire
 Lin
 Chanvre
 Fèves fourragères
 Pois protéagineux fourragers
 Lupin fourrager
 Courges oléagineuses
 Tabac
 Millet
 Céréales ensilées
 Caméline
 Légumes annuels cultivés en plein champ, sans légumes en conserve
 Légumes en conserve cultivés en plein champ
 Racines de chicorée
 Sarrasin
 Sorgho
 Autres surfaces en culture
 Baies annuelles (p. ex. fraises)
 Engrais vert annuel (kénaf, etc.)
 Plantes aromatiques et médicinales annuelles
 Cultures horticoles annuelles de plein champ (fleurs, gazon en rouleaux, etc.)
 Bandes de jachère
 Jachère florale
 Jachère toumante
 Ourlets sur terres assolées
 Pavot
 Carthame
 Lentilles
 Mélanges de fèves, pois protéagineux et lupins fourragers
 Bandes fleuries pour pollinisateurs et autres insectes utiles
 Moutarde
 Quinoa
 Colza d'été en engrais vert
 Colza d'hiver en engrais vert

Tournesol en engrais vert

Terres arables ouvertes, éligibles à des contributions (surface de promotion de la biodiversité spécifique à la région)

Autres terres ouvertes, non éligibles à des contributions (surfaces de promotion de la biodiversité spécifique à la région)

Autres terres arables ouvertes, éligibles à des contributions

Autres terres arables ouvertes, non éligibles à des contributions

Prairies artificielles (sans pâturages)

Autres prairies artificielles, donnant droit à une contribution (p. ex. pâturages pour porcs, pâturages pour volaille)

Légumineuses fourragères pour la production de semences (culture contractuelle)

Graminées fourragères pour la production de semences (culture contractuelle)

Vigne (V)

Vignes

Pépinières de vignes

Vignes (surface de promotion de la biodiversité spécifique à la région)

Autres vignes (selon mensuration officielle)

Culture fruitière (Cf)

Vergers (poires)

Vergers (fruit à noyau)

Permaculture

Vergers agrégés

Autres cultures fruitières (kiwis, sureau, etc.)

Baies (B)

Baies vivaces

Annexe G : Classes IBCH et SPEAR 2012-2023

Station	Cours d'eau	IBCH				SPEAR			
		2012	2015	2019	2023	2012	2015	2019	2023
CH_002_BS	Birs	0.37	0.48	0.63	0.69	17.70	27.32	22.69	27.43
CH_007_BE	Emme	0.64	0.58	0.91	0.64	45.59	37.32	33.04	39.31
CH_009_SO	Limpach	0.37	0.42	0.79	0.63	13.42	22.96	20.91	26.51
CH_011_SO	Lüssel	0.58	0.58	0.69	0.69	25.34	33.60	26.86	29.40
CH_012_OW	Sarner Aa	0.69	0.74	0.63	0.88	24.83	24.08	24.52	25.55
CH_014_LU	Reuss	0.58	0.42	0.83	0.69	18.21	17.40	23.65	23.84
CH_015_VS	Rhône	0.74	0.96	0.86	0.91	57.37	50.56	60.27	58.44
CH_016_VS	Vispa	0.74	0.69	0.63	0.70	56.65	53.71	54.47	66.70
CH_017_VS	Rhône	0.79	0.79	0.79	0.91	49.36	50.26	44.76	51.61
CH_018_VS	Drance	0.74	0.74	0.90	0.94	45.32	39.25	43.94	47.08
CH_020_VD	Venoge	0.48	0.48	0.63	0.53	18.35	19.64	20.13	28.71
CH_021_VD	Thielle	0.74	0.74	0.42	0.16	23.60	25.21	21.16	26.26
CH_022_VD	Broye	0.48	0.58	0.48	0.48	21.25	29.13	25.90	18.74
CH_023_SG	Steinach	0.37	0.53	0.58	0.63	38.33	34.87	33.28	35.00
CH_025_SG	Sitter	0.75	0.48	0.74	0.74	47.08	36.62	41.22	34.76
CH_026_SG	Thur	0.86	0.75	1.00	0.80	46.42	49.63	46.35	43.54
CH_027_SG	Necker	0.64	0.75	0.91	0.86	49.07	49.62	34.79	44.31
CH_028_SG	Glatt	0.53	0.58	0.63	0.80	33.52	38.99	34.19	26.74
CH_032_AG	Pfaffnern	0.53	0.79	0.85	0.74	26.13	22.33	20.79	23.70
CH_033_AG	Wyna	0.37	0.48	0.53	0.74	17.30	20.01	18.59	27.78
CH_034_AG	Bünz	0.53	0.48	0.69	0.69	23.42	23.68	16.78	26.62
CH_035_AG	Surb	0.48	0.53	0.69	0.69	24.12	21.84	25.84	26.74
CH_036_AG	Sissle	0.63	0.69	0.58	0.63	24.51	31.90	25.74	29.11
CH_039_AG	Suhre	0.42	0.58	0.63	0.63	26.73	28.36	15.32	22.88
CH_040_ZH	Limmat	0.58	0.58	0.32	0.85	26.71	34.97	5.00	25.49
CH_041_ZH	Töss	0.80	0.75	0.86	0.86	34.07	45.40	27.90	35.05
CH_042_ZH	Sihl	0.80	0.74	0.69	0.95	37.70	33.60	31.65	38.87
CH_043_ZH	Glatt	0.48	0.58	0.79	0.69	20.58	31.68	31.69	30.36
CH_044_ZH	Glatt	0.42	0.48	0.37	0.58	19.68	20.26	15.65	17.26
CH_045_ZH	Aabach	0.53	0.58	0.48	0.85	24.46	33.39	33.97	29.92
CH_046_ZH	Aa	0.53	0.42	0.58	0.69	27.27	32.13	32.91	29.47
CH_047_ZH	Reppisch	0.58	0.53	0.53	0.69	27.55	29.08	20.20	23.42
CH_048_ZH	Jona	0.59	0.69	0.69	0.74	44.09	37.37	33.76	33.39
CH_049_ZH	Furtbach	0.26	0.37	0.37	0.58	21.64	8.21	11.89	20.07
CH_050_ZH	Thur	0.21	0.64	0.86	0.75	32.89	46.03	32.63	46.01
CH_054_FR	Sionge	0.69	0.58	0.63	0.53	28.16	28.29	26.22	29.35
CH_056_BE	Engstlige	0.70	0.69	0.69	0.63	67.44	65.15	53.11	64.75
CH_058_BE	Chise	0.75	0.63	0.63	0.63	25.11	29.34	27.05	26.79

Station	Cours d'eau	IBCH				SPEAR			
		2012	2015	2019	2023	2012	2015	2019	2023
CH_059_BE	Gürbe	0.69	0.69	0.69	0.80	25.70	28.02	23.98	29.13
CH_060_BE	Sense	0.86	0.80	0.91	0.86	48.32	44.32	36.86	38.28
CH_062_BE	Urtenen	0.42	0.63	0.69	0.58	15.66	23.61	24.19	19.98
CH_063_BE	Langete	0.53	0.63	0.74	0.74	24.14	27.90	23.87	31.14
CH_065_ZH	Sihl	0.69	0.80	0.69	0.96	53.18	49.16	43.00	43.16
CH_066_ZH	Töss	0.70	0.70	0.86	0.75	47.11	48.39	35.99	40.54
CH_067_BL	Ergolz	0.42	0.48	0.63	0.53	22.78	25.50	21.12	25.02
CH_068_JU	Sorne	0.63	0.58	0.74	0.69	27.72	25.16	27.65	28.68
CH_069_JU	Scheulte	0.69	0.63	0.86	0.86	30.44	36.29	30.45	31.02
CH_070_TG	Murg	0.69	0.48	0.69	0.85	30.21	28.16	26.86	31.28
CH_071_TG	Lauche	0.58	0.58	0.85	0.74	27.43	25.42	21.53	32.17
CH_072_TG	Chemibach	0.74	0.74	0.94	0.74	27.09	32.76	28.09	28.33
CH_073_TG	Salmsacher Aach	0.26	0.53	0.69		11.25	26.50	24.12	
CH_074_NW	Engelberger Aa	0.63	0.75	0.70	0.75	61.97	55.09	62.54	51.26
CH_075_ZG	Lorze	0.53	0.48	0.85	0.63	27.42	23.56	27.78	22.02
CH_076_ZG	Lorze	0.63	0.64	0.86	0.75	31.90	45.73	35.59	37.26
CH_079_AG	Aabach	0.53	0.58	0.79	0.94	30.31	27.08	21.18	23.39
CH_084_JU	Allaine	0.58	0.58	0.63	0.58	19.21	20.33	21.45	22.31
CH_085_NE	Areuse	0.63	0.70	0.75	0.80	30.24	35.05	32.58	33.64
CH_086_GE	Arve	0.63	0.75	0.80	0.75	36.34	37.69	31.31	43.11
CH_087_JU	Birs	0.63	0.69	0.74	0.74	19.78	29.33	25.60	26.37
CH_088_JU	Doubs	0.79	0.70	0.74	0.79	31.28	32.95	39.07	36.90
CH_089_SO	Dünneren	0.42	0.37	0.63	0.58	8.08	23.40	21.02	25.21
CH_091_GR	Inn	0.86	0.79	0.96	0.75	57.76	57.93	44.09	52.26
CH_092_BE	Kander	0.69	0.74	1.00	0.80	80.84	57.06	44.74	63.15
CH_093_LU	Kleine Emme	0.64	0.70	0.96	0.58	49.55	46.12	39.14	47.14
CH_094_BE	La Suze	0.42	0.58	0.58	0.70	26.94	25.97	31.17	29.98
CH_095_GR	Landquart	0.70	0.53	0.58	0.75	65.19	63.49	52.99	55.56
CH_098_TI	Maggia	0.75	0.64	0.86	0.63	56.05	61.35	40.64	47.80
CH_099_TI	Moesa	0.64	0.75	0.96	0.70	65.90	51.17	44.21	50.98
CH_100_SZ	Muota	0.48	0.75	0.91	0.91	44.33	51.69	41.72	50.36
CH_101_UR	Reuss	0.70	0.63	0.96	0.79	68.91	54.59	62.42	53.12
CH_106_BE	Saane	0.86	0.80	0.91	0.80	42.72	48.73	40.53	34.46
CH_107_FR	Sarine	0.80	0.86	0.96	0.80	43.29	41.69	36.60	43.10
CH_111_AG	Wigger	0.64	0.75	0.86	0.80	29.62	35.22	34.70	34.04
CH_114_BE	Emme	0.59	0.80	0.91	0.70	57.20	41.34	41.45	38.39
CH_115_AI	Sitter	0.75	0.75	1.00	0.91	50.89	53.37	40.52	51.06
CH_116_LU	Ron	0.69	0.53	0.69		22.34	26.82	26.04	
CH_119_NE	Seyon	0.42	0.37	0.53	0.42	19.63	21.16	24.64	19.53
CH_123_TI	Maggia	0.91	0.80	1.00	0.96	51.74	55.07	43.12	49.06

Station	Cours d'eau	IBCH				SPEAR			
		2012	2015	2019	2023	2012	2015	2019	2023
CH_126_VD	Mentue	0.48	0.63	0.53	0.63	26.27	26.81	22.55	23.96
CH_127_VD	Talent	0.58	0.53	0.53	0.63	23.03	19.01	16.33	25.66
CH_128_VD	Promenthouse	0.58	0.58	0.63	0.53	37.24	33.06	35.50	42.03
CH_129_VD	Boiron de Morges	0.53	0.48	0.58	0.48	19.89	25.48	25.90	33.25
CH_130_VD	Aubonne	0.64	0.75	0.64	0.64	33.04	35.36	39.80	44.81
CH_131_VD	Veveyse	0.69	0.75	0.69	0.74	48.72	48.46	41.70	28.80
CH_132_VD	Grande Eau	0.70	0.80	0.63	0.58	43.95	41.00	33.13	36.39
CH_133_BE	Simme	0.80	0.58	0.86	0.70	54.87	50.58	40.76	63.29
CH_134_BE	La Birse	0.53	0.53	0.69	0.58	20.84	30.41	28.63	28.90
CH_135_AR	Urnäsch	0.64	0.64	0.80	0.80	49.58	57.80	40.78	45.81
CH_136_AG	Küntenerbach			0.63	0.69			29.43	30.41
CH_137_AG	Möhlinbach			0.53	0.64			28.15	36.59
CH_138_BE	Chrümlisbach			0.69	0.69			23.51	20.23
CH_139_BE	Ballmoosbach			0.53	0.58			14.49	29.73
CH_140_FR	Le Bainoz			0.58	0.58			29.89	31.81
CH_141_JU	Erveratte			0.74	0.79			26.51	24.98
CH_143_SG	Zapfenbach			0.53	0.42			18.27	15.97
CH_144_SG	Mittlerer Seegraben			0.48	0.53			25.94	18.88
CH_145_SH	Landgrabe			0.69	0.69			22.01	27.54
CH_146_SH	Beggingerbach			0.63	0.79			25.35	32.29
CH_147_TG	Eschelisbach			0.48	0.63			17.48	27.16
CH_148_TG	Salmsacher Aach			0.74	0.69			27.20	27.82
CH_149_TI	Vedeggio			0.53	0.53			31.47	26.24
CH_150_VD	Ruisseau de Gi			0.79	0.90			27.83	27.78
CH_151_VD	Le Combagnou			0.63	0.48			26.08	28.42
CH_152_VS	Canal D'Uvrier			0.37	0.26			9.41	0.00
CH_154_LU	Ron			0.63	0.69			26.65	21.04
CH_901_SO	Limpach				0.58				20.94
CH_902_BE	Urtenen				0.48				10.76
CH_903_NE	Sorge				0.48				26.19
CH_904_VD	Eau Noire de Perroy				0.42				21.70
CH_905_SG	Aächeli				0.32				8.53
CH_906_SH	Zwärenbach				0.79				24.70
CH_908_SO	Mülibach				0.85				22.35
CH_909_LU	Wyna				0.69				22.45
CH_910_VS	Canal de Brig				0.53				31.46
CH_911_GE	La Seymaz				0.37				25.36