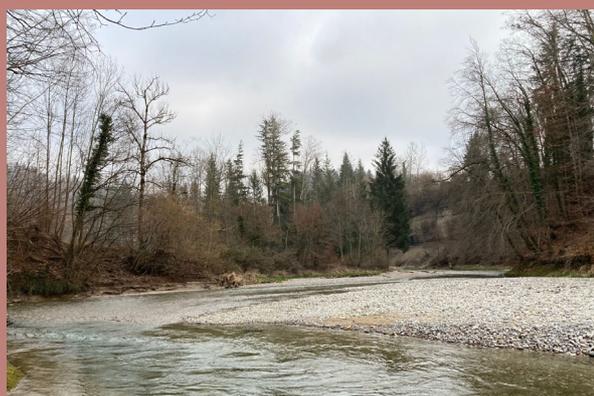


Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV)

NAWA TREND Biologie 2023

Diatomées et Aspect général

Rapport technique



Document no : 2142-B-02
Date version : 14.2.2025
Date version finale : 5.3.2025

Éditorial

Mandant : Office fédéral de l'environnement OFEV, division Eau, CH-3003 Berne

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC)

Mandataires : AquaPlus AG, Gotthardstrasse 30, CH-6300 Zug
PhycoEco, Rue des XXII-Cantons 39, CH-2300 La Chaux-de-Fonds

Auteurs : Christa Gufler, Joachim Hürlimann, Yvonne Bernauer (AquaPlus AG)
François Straub (PhycoEco)

Collaborateurs : Yvonne Bernauer, Margrit Ensner Egloff (AquaPlus AG)
Jennifer Iseli (PhycoEco)
Arielle Cordonier (Canton Genf)

Remarque : Cette étude et ce rapport ont été réalisés sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Seuls les mandataires sont responsables des contenus des textes.

Traduction : Cordillot Francis (ecolingua)
François Straub (PhycoEco)

Photos de couverture :

En haut à gauche : photo au microscope de *Didymosphenia geminata*, une diatomée exotique. En haut à droite : le Necker près de Lütisburg (ID 027, SG). En bas à gauche : le Pfaffern près de Rothrist (ID 032, AG). En bas à droite : exemple de galets portant les traces des prélèvements quantitatifs de diatomées.

Table des matières

	Page
Résumé	1
1 Contexte, mandat et objectifs	2
2 Matériel et méthodes	3
2.1 Généralités	3
2.2 Travaux de terrain	3
2.3 Travaux de laboratoire	3
2.4 Analyses	4
2.5 Assurance qualité des analyses	7
3 Caractéristiques des stations	11
4 Aspect général	14
5 Diatomées	19
5.1 Caractérisation des communautés de diatomées	19
5.2 Composition taxonomique	22
5.3 Espèces planctoniques	23
5.4 Espèces exotiques (néophytes)	23
5.5 Tératologie	25
5.6 Densité des peuplements de diatomées	27
5.7 Indication biologique de la qualité de l'eau (DI-CH)	30
5.8 Adaptation à la station	38
5.9 Diatomées et Aspect général	38
5.10 Assurance de qualité des analyses de diatomées	41
6 Bilan et perspectives	43
7 Bibliographie	44
8 Glossaire et abréviations	47
<hr/>	
9 ANNEXES	48
A Liste des stations de prélèvements	49
B Caractéristiques des stations de mesures	52
C Résultats des dénombrements de diatomées par station	55
D Assurance qualité des comptages	58

Résumé

Contexte	Le présent rapport technique fait partie intégrante du programme de suivi NAWA TREND Biologie. Il comprend les parties "Diatomées" et "Aspect général" de l'année d'étude 2023. Outre l'évaluation de la période d'étude actuelle, les résultats sont comparés aux campagnes précédentes.
Stations	Au total, des échantillons de diatomées ont été prélevés et analysés sur 113 sites passables à gué, dont l'aspect général a aussi été relevé sur place. Les relevés et les prélèvements ont été menés conformément aux méthodes d'étude de l'aspect général et des diatomées (niveau R) de l'OFEV. Les prélèvements ont été réalisés au printemps conjointement à ceux du macrozoobenthos.
Assurance qualité	L'organisation d'ateliers pour les collaborateurs a contribué à l'assurance qualité des prélèvements, procédures de comptage et de détermination. En outre, une liste unifiée des taxons (liste des synonymes) a été définie. Tous les calculs d'indices et les évaluations ont été vérifiés. Toutes les données et tous les protocoles sont disponibles sous forme électronique.
Aspect général	L'aspect général des 113 sites a été principalement affecté par des déchets (57 % des sites) et par le colmatage (54 %) ainsi que par la formation de mousse permanente (35 %). Par rapport au lit du cours d'eau, les paramètres négatifs de l'eau vive présentaient nettement moins d'altérations. L'aspect général de 2023 correspond en majeure partie aux résultats des périodes précédentes.
Diatomées	En 2023, 273 taxons au total ont été identifiés dans les échantillons de diatomées. Depuis le début des campagnes NAWA, le nombre de diatomées exotiques, leur présence et leur abondance ont nettement augmenté. En ce qui concerne la qualité biologique de l'eau, basée sur la valeur de l'indice diatomique DI-CH, 93 % des sites analysés présentaient une classe de qualité bonne à très bonne en ce qui concerne la charge en nutriments. Cependant, des déficits importants ont été constatés au niveau de l'adaptation des communautés aux stations. Seuls 16 % des sites analysés présentaient une biocénose adaptée au site. En fait, les biocénoses expriment, sur la base de la valeur DI-CH, l'atteinte des exigences de qualité de l'eau selon l'annexe 2 de l'OEaux. Par contre, les objectifs écologiques de l'annexe 1 de l'OEaux, qui prescrivent des biocénoses proches de l'état naturel et typiques pour le milieu, ne sont pour la plupart pas atteints.
Tendance	La valeur DI-CH montre une légère tendance à l'amélioration au fil des campagnes. Parallèlement, on constate une augmentation de la distribution et de la fréquence des espèces exotiques en Suisse. En ce qui concerne l'aspect général, aucun changement significatif n'a été constaté au cours du suivi.

1 Contexte, mandat et objectifs

Contexte	<p>Le programme de monitoring NAWA TREND de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et des cantons surveille l'évolution à long terme des cours d'eau en Suisse à l'aide d'indicateurs biologiques et autres. L'objectif principal est de suivre l'état des eaux de surface ainsi que leur évolution au fil du temps. Il s'agit également de détecter à temps les évolutions problématiques et de surveiller le succès des mesures prises dans le domaine de la protection des eaux et dans d'autres domaines en lien. Les relevés biologiques effectués dans le cadre de NAWA TREND se composent des modules sur les diatomées, poissons, macrophytes (plantes aquatiques) et le macrozoobenthos (petits invertébrés visibles à l'œil nu dans le lit du cours d'eau), ont lieu tous les quatre ans. En 2023 a eu lieu la quatrième campagne d'étude.</p>
Mandat	<p>Ce rapport technique présente les résultats du module Diatomées de la campagne d'étude actuelle et compare les données avec celles des campagnes précédentes. Le mandat comprend la préparation, la détermination, le contrôle de qualité, l'évaluation, ainsi que le rapport Diatomées et Aspect général. L'échantillonnage des diatomées et le relevé de l'aspect général des stations ont été effectués en synergie avec le module Macrozoobenthos au printemps 2023.</p>

2 Matériel et méthodes

2.1 Généralités

Fondement Le présent rapport se fonde sur les échantillons de diatomées prélevés dans 113 sites lors de la campagne d'étude de 2023. Le tableau 2.3 donne une vue d'ensemble des échantillons analysés jusqu'à présent dans NAWA TREND, en indiquant les mandants ainsi que les opérateurs et opératrices chargés de chaque étude. La liste détaillée des stations analysées du tableau 2.4 donne une vue d'ensemble et renvoie aux annexes A et B pour les détails. Les listes de comptage y compris les brefs commentaires ont été remis au mandant sous forme électronique.

2.2 Travaux de terrain

Échantillonnage L'échantillonnage des diatomées et le relevé de l'aspect général ont été réalisés par le module Macrozoobenthos au printemps 2023.

Diatomées L'échantillonnage des diatomées a été effectué selon le Système modulaire gradué (SMG/MSK) Diatomées (OFEV 2007a). En complément de la méthode SMG, chaque prélèvement a été effectué de manière quantitative (ustensiles d'échantillonnage standardisés, consignation du nombre de pierres et de surfaces échantillonnées) dans le but de déterminer les densités cellulaires de la biocénose. À chaque station, une surface de périphyton de même taille a été grattée sur au moins 5 pierres à l'aide d'ustensiles de grattage selon Douglas (1958). Les échantillons ont ensuite été fixés avec du formaldéhyde (37 %) jusqu'à une concentration finale d'environ 2 à 4 %. Les pierres échantillonnées ont été documentées par des photographies.

Aspect général En outre, l'aspect général (OFEV 2007b) a été relevé et les stations de mesure ont été documentés par des photographies. Pour l'aspect général, les paramètres de l'eau courante (mousse, turbidité, odeur, coloration) et du lit du cours d'eau (colmatage, déchets, matières solides issues d'eaux usées urbaines, envasement, sulfure de fer, microorganismes hétérotrophes) ont été relevés. L'aspect général comprend donc des aspects de toute la zone toujours en contact avec l'eau du courant, y compris la zone riveraine au-dessus de la ligne d'eau.

2.3 Travaux de laboratoire

Préparation Les échantillons de diatomées ont été préparés quantitativement au laboratoire de l'Office de protection des consommateurs du canton de Zoug par la méthode d'oxydation à chaud (acide chlorhydrique et acide sulfurique, puis oxydation finale au nitrate de potassium selon Straub 1981; OFEV 2007a). Les coques purifiées ont ensuite été enrobées de résine synthétique (Naphrax).

Détermination Pour la détermination et le comptage des 500 valves (deux valves emboîtées l'une dans l'autre constitue la coque ou frustule de chaque cellule de diatomées, somme des valves comptées = 100 %), un microscope à grossissement 1'000 fois (immersion dans l'huile, contraste de phase, éclairage interférentiel) a été utilisé. Les formes tératologiques (malformations de la structure de la valve) ont été re-

censées pour chaque espèce en distinguant les différents types (figure 2.1). La détermination a été effectuée selon Hofmann et al. (2013), Krammer & Lange-Bertalot (1986; 1991a; 1991b; 2007) et Lange-Bertalot & Metzeltin (1996) et, si nécessaire, avec d'autres ouvrages spécialisés (p. ex. Diatoms of Europe les divers volumes, Reichardt 2018). La nomenclature se base en grande partie sur Hofmann et al. (2013) ainsi que sur la liste des synonymes publiée sur le site web du SMG. Comme pour le prélèvement et la fabrication des préparations permanentes, la détermination et le comptage des diatomées ont été effectués de manière quantitative. L'identification des diatomées a été effectuée par des experts expérimentés (AquaPlus AG : Yvonne Bernauer, Christa Gufler, Margrit Ensner Egloff, Joachim Hürlimann; PhycoEco : François Straub, Jennifer Iseli; Canton de Genève : Arielle Cordonier). Tous ces intervenants participent chaque année à l'atelier sur les diatomées de l'association S.A.M. / A.S.E.M. (Association suisse pour l'étude de la microflore) et passent chaque année un test circulaire également organisé par S.A.M. / A.S.E.M.

Archivage

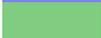
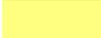
Les échantillons préparés et les préparations microscopiques sont archivés sur trois sites dans les collections d'AquaPlus AG, de PhycoEco (Muzoo, La Chaux-de-Fonds) et de l'OFEV (EAWAG, Dübendorf).

2.4 Analyses

Indice diatomique

Pour les évaluations, les méthodes d'analyse des diatomées du système modulaire gradué (OFEV 2007a) ont été appliquées. Les évaluations se basent sur les fréquences relatives déterminées dans chaque station pour chaque espèce de diatomées trouvée à l'aide du comptage. L'état biologique des cours d'eau a été caractérisé à l'aide de l'indice suisse des diatomées DI-CH. Ces appréciations de la qualité des eaux sont étroitement liées à des paramètres chimiques indiquant des pollutions anthropiques. Elles constituent donc des critères importants pour vérifier les objectifs écologiques de l'annexe 1 et les exigences de qualité de l'eau de l'annexe 2 de l'ordonnance sur la protection des eaux (OEaux 1998). L'indice DI-CH va de 1 (eau pauvre en nutriments) à 8 (eau riche en nutriments et en matières organiques) et est réparti en cinq classes : « très bon », « bon », « moyen », « médiocre », « mauvais ». La valeur indicatrice D caractérise un taxon en fonction des conditions chimiques de vie qu'il privilégie (tableau 2.1).

Tab. 2.1: Classes de qualité du DI-CH et valeurs indicatrices D avec leurs données numériques, les diagnostics et l'appréciation en code couleur. En ce qui concerne les valeurs D dans la classe « très bon », les taxons avec une valeur D < 2.5 se distinguent visuellement par la couleur bleu clair (OFEV 2007a).

DI-CH	Appréciation	Couleur	Valeurs D	Appréciation	Couleur
1.00 - 3.49	très bon		1, 1.5, 2	très bon	
3.50 - 4.49	bon		2.5, 3	très bon	
4.50 - 5.49	moyen		3.5, 4	bon	
5.50 - 6.49	médiocre		4.5, 5	moyen	
6.50 - 8.00	mauvais		5.5, 6	médiocre	
			6.5, 7, 7.5, 8	mauvais	

Adaptation aux stations En plus de l'indice suisse des diatomées DI-CH, l'adaptation des communautés à la station a été évaluée. Celle-ci permet d'estimer si une biocénose trouvée est naturelle, proche de l'état naturel ou non en fonction du site. Cette question est centrale, car l'article 1 de l'annexe 1 (objectifs écologiques) de l'ordonnance sur la protection des eaux exige que la biocénose soit caractérisée comme suit :

Les communautés animales, végétales et de microorganismes (biocénoses) des eaux superficielles et de l'environnement qu'elles influencent doivent :

- être d'aspect naturel et typiques de la station, et pouvoir se reproduire et se réguler d'elles-mêmes;*
- présenter une composition et une diversité d'espèces spécifiques à chaque type d'eau peu ou non polluée.*

Les valeurs caractéristiques utilisées pour évaluer l'adaptation au site étaient la valeur DI-CH, la proportion d'espèces ayant des valeurs $D \geq 5.5$ et < 2.5 , l'homogénéité de la composition spécifique de la population (équitabilité), le nombre de taxons, la proportion maximale des taxons les plus fréquents par échantillon (dominance) ainsi que la proportion relative de néophytes (tableau 2.2). Ainsi, les valeurs caractéristiques spécifiques aux espèces et aux indices sont prises en compte, de sorte que la structure de la biocénose et les groupes indicateurs (DI-CH, groupes D) sont intégrés dans l'évaluation. La méthode propre à nos bureaux privés est encore en phase de test et n'est pas encore publiée. Il s'avère néanmoins que l'exigence d'une biocénose adaptée au site est nettement plus élevée que le simple respect d'une bio-indication de la qualité de l'eau (valeur DI-CH).

Tab. 2.2: Valeurs caractéristiques pour apprécier l'adaptation des communautés au site en fonction de la biogéographie. Valeur DI-CH, indicateur de pollution (valeur $D \geq 5.5$), indicateur d'eau propre (valeur $D < 2.5$), équitabilité, nombre de taxons, dominance et proportion de néophytes (espèces exotiques).

	Écologie			Structure de la population			Néophytes
	DI-CH	Valeur $D \geq 5.5$ ³	Valeur $D < 2.5$ ³	Équitabilité ⁴	Nb. taxons ⁴	Dominance ⁵	Abondance ⁶
Plateau ¹	< 4.5	< 15 %	> 10 %	> 0.4	> 18	< 50 %	< 2 %
Région alpine ²	≤ 2.0	< 10 %	> 20 %	> 0.4	> 18	< 50 %	< 2 %

¹ Plateau : Régions biogéographiques du Plateau et du Jura.

² Région alpine : Régions biogéographiques des versants nord et sud des Alpes ainsi que des Alpes centrales occidentales et orientales.

³ Somme des abondances relatives (%) des taxons ayant une valeur $D \geq 5.5$ respectivement $D < 2.5$.

⁴ Les conditions naturelles avec une équitabilité ou un nombre de taxons faibles sont à considérer avec réserve (espèces pionnières, espèces d'eau propre dominantes, p. ex. des genres *Achnanthydium* et *Gomphonema*). L'adaptation au site n'est pas démontrée pour un nombre de taxons < 18

⁵ Lorsqu'une espèce domine > 50 %, la valeur D du taxon joue un rôle supplémentaire. L'adaptation au site est considérée comme incertaine si la valeur D est > 2.5 - < 4.5 (Alpes) ou > 3.5 - < 4.5 (Plateau).

⁶ L'adaptation au site est douteuse avec une $rH \geq 2$ - < 10 %.

Tératologie

La proportion des formes tératologiques dans les communautés a aussi été quantifiée. La tératologie désigne des malformations de valves provoquées par des facteurs de stress non attribués à la variabilité phénotypique naturelle. Les causes peuvent être naturelle (par ex. carence en silice, rayonnement UV élevé en altitude, variations de température, densité cellulaire élevée) ou d'origine anthropique

(par ex. eaux usées, concentrations élevées d'ammonium et de nitrites, métaux lourds, micropolluants, salinité élevée atypique, radioactivité). On suppose qu'avec une proportion de valves malformées de $\geq 0,5\%$ de la communauté (100 % correspondent à 500 valves), les influences anthropogènes pourraient bien jouer un rôle. Cependant, les connaissances sur les causes des tératologies dans les populations naturelles sont limitées.

Quatre types ont été définis pour recenser les formes tératologiques, le type 4 ayant été subdivisé davantage (figure 2.1). La définition de ces types repose sur des caractéristiques morphologiques bien visibles au microscope optique. En l'état actuel des connaissances, ces types n'ont pas de pertinence en termes de facteurs d'influence, d'importance écologique ou d'autres significations. Seul le type 4.2 pourrait être dû au stress, suite à une densité cellulaire élevée du diatomées.

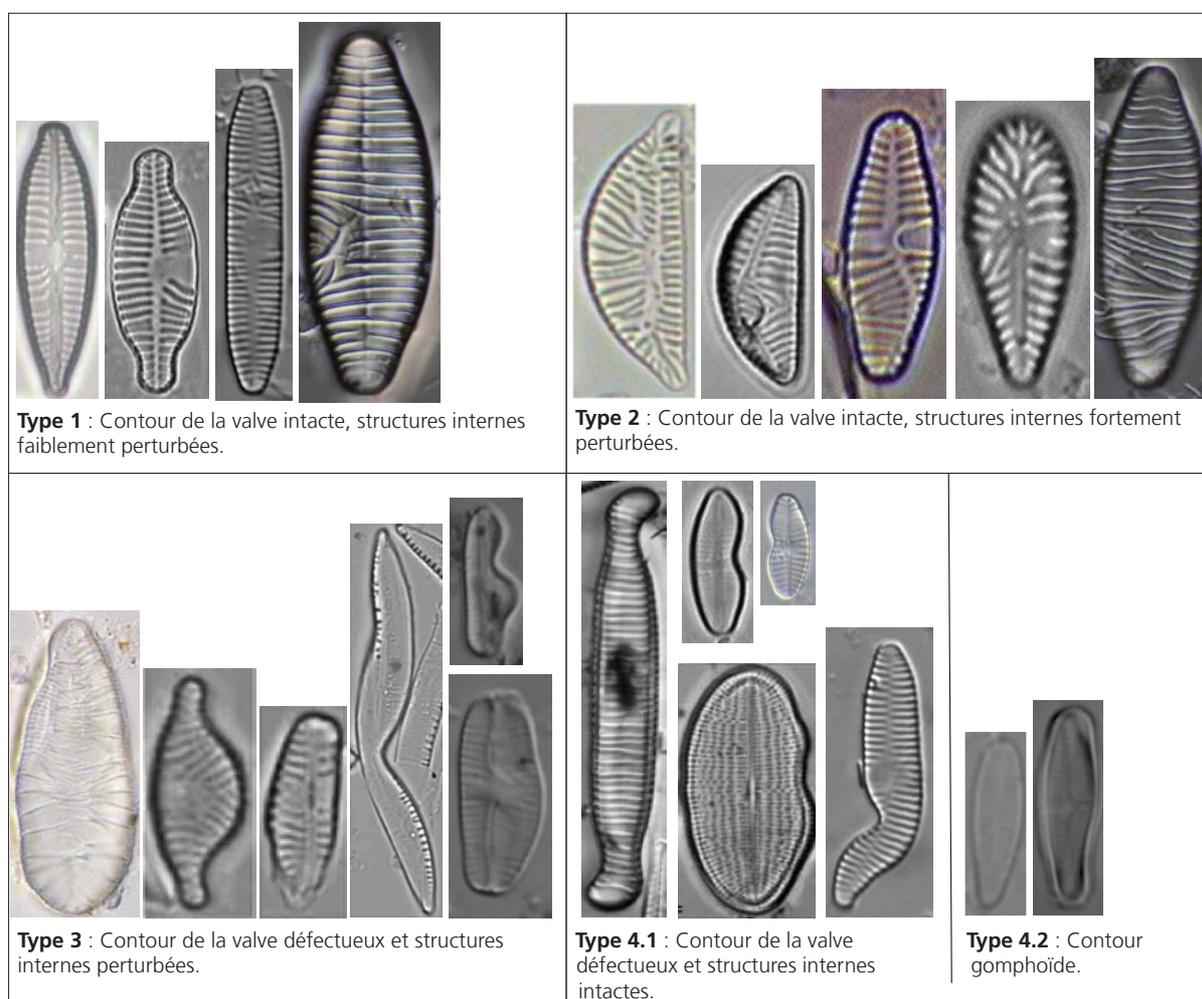


Fig. 2.1 : Présentation exemplaire de différents types tératologiques (malformations de structures valvaires). Types tératologiques 1 à 4.2 selon S.A.M / A.S.E.M. (Atelier sur les diatomées à La Chaux-de-Fonds de l'Association suisse pour la microflore) et AquaPlus & PhycocoEco (2014b). Les valves ne sont pas représentées avec le même grossissement. Les photos proviennent d'AquaPlus AG, Falasco et al. (2009), Rimet & Ector (2006) ainsi que de Rimet et al. (2006). Gomphoïde désigne une malformation du contour des valves qui ressemblent au genre *Gomphonema*.

Autres évaluations	Le nombre de taxons, la diversité H de Shannon (log de base 2, Shannon & Weaver 1949) et d'autres évaluations spécifiques aux taxons et aux indices (espèces planctoniques, espèces exotiques, etc.) ont également été effectuées, y compris les calculs de densité des communautés (= nombre de diatomées par cm ²).
Facteurs d'influence	Les évaluations des facteurs d'influence se basent sur la caractérisation des bassins versants (BDB) mise à disposition par l'OFEV. Cette synthèse contient pour chaque station de mesure des informations sur la superficie, l'altitude moyenne, l'hydrologie, l'écomorphologie, l'utilisation des sols, l'appartenance à une région biogéographique, la part des eaux usées en période d'étiage et d'autres paramètres. Les types de données utilisés sont les mêmes que dans les rapports des campagnes de relevé précédentes (AquaPlus & PhycoEco 2014a; AquaPlus & PhycoEco 2017; AquaPlus & PhycoEco 2021a).
Remise des données	Les données ont été saisies dans la base de données BIS du bureau AquaPlus AG. Les compilations de données (aspect général, diatomées) ont été remises au mandant sous forme électronique. Les données des comptages de diatomées des études NAWA TREND 2011-2019 ont été transmises à MIDAT+ DIA en janvier 2020 et les données pour l'année 2023 en septembre 2024.

2.5 Assurance qualité des analyses

Ateliers	Le contrôle de la qualité des données a été assuré par la participation du personnel opérateur à des ateliers. L'accent a été mis sur la garantie d'une pratique uniforme en matière de prélèvement d'échantillons, de travail en laboratoire et d'évaluation, ainsi que sur la discussion et la clarification des incertitudes et des sources d'erreurs potentielles. Les ateliers ont eu lieu en allemand le 28 novembre 2022 à Dübendorf et en français le 18 novembre 2022 à Fribourg.
Doubles comptages	En outre, des doubles comptages ont été effectués sur dix échantillons sélectionnés. Les échantillons ont été sélectionnés selon le catalogue de critères suivant : les comptages réguliers et les comptages d'assurance qualité (AQ) ont été effectués par deux personnes issues d'institutions différentes. Sur les dix échantillons, six étaient des échantillons de l'OFEV et quatre des échantillons des cantons. Ces échantillons ont été traités par PhycoEco et AquaPlus AG à l'exception d'un échantillon (Arve ID 86 GE, comptage effectué par Arielle Cordonier). Les comptages AQ ont été sélectionnés sur la base d'un gradient de la valeur DI-CH, en tenant compte de la pondération des classes de qualité. On a également veillé à ce que tous les intervenants soient pris en compte dans au moins un comptage AQ. Les listes de comptage et les évaluations ont ensuite été comparées afin de garantir une base de données fiable et cohérente.
Contrôle de plausibilité	Toutes les listes de comptage ont été examinées pour détecter des anomalies et, le cas échéant, l'échantillon vérifié au microscope. Les questions éventuelles concernant les déterminations des espèces ont été discutées par les auteurs du rapport technique des deux institutions participantes, AquaPlus AG et PhycoEco.
Synonymie / DI-CH	En outre, une liste de taxons unifiée a été donnée comme référence (liste de synonymes), les valeurs D et G ont été vérifiées et un contrôle a posteriori de tous les calculs d'indices des valeurs DI-CH a été effectué.
Den. des communautés	La plausibilité des densités de peuplement des diatomées déterminées a été vérifiée à l'aide des photos des pierres raclées.

Tab. 2.3: Aperçu du nombre d'échantillons de diatomées prélevés chaque année.

Indications du mandant, de la région, du canton, préparateur et identificateur, opérateur et de l'assurance qualité (AQ).

20 stations ont été échantillonnées chaque année.

¹ Identification, comptage, rédaction des brefs commentaires.

² EST-CH : Cantons AI, AR, BL, BS, GR, LU, SG, SO, TG, TI, ZG et VD (Mentue 2012).

³ OUEST-CH : Cantons BE, FR, JU, VS.

⁴ Aare (ID 055, BE) non échantillonnée.

⁵ Salsmacher Aach (ID 073, TG) et Ron (ID 116, LU) échantillonnées pour la dernière fois en 2019 dans le cadre d'un mandat supplémentaire.

Année	Nb. d'échantillons	Mandant	Région/Canton	Préparateur	Opérateur ¹	
2011	10	OFEV	EST-CH	AquaPlus AG	AquaPlus AG	
	10	OFEV	OUEST-CH	AquaPlus AG	PhycoEco	
2012	8	Canton	AG	AquaPlus AG	AquaPlus AG	
	4	Canton	NW, OW, SZ, UR	AquaPlus AG	AquaPlus AG	
	13	Canton	ZH	Canton ZH	Canton ZH	
	32	OFEV	EST-CH ²	AquaPlus AG	AquaPlus AG	
	1	Canton	GE	Canton GE	Canton GE	
	2	Canton	NE	PhycoEco	PhycoEco	
	10	Canton	VD	PhycoEco	PhycoEco	
	4	OFEV	VS	AquaPlus AG	PhycoEco	
	23	OFEV	OUEST-CH ³	AquaPlus AG	PhycoEco	
	97	échantillons en 2012 (dont 8 échantillons à double)				
2013	10	OFEV	EST-CH	AquaPlus AG	AquaPlus AG	
	10	OFEV	OUEST-CH	AquaPlus AG	PhycoEco	
2014	10	OFEV	EST-CH	AquaPlus AG	AquaPlus AG	
	10	OFEV	OUEST-CH	AquaPlus AG	PhycoEco	
2015	8	Canton	AG	AquaPlus AG	AquaPlus AG	
	2	Canton	SZ, UR	AquaPlus AG	AquaPlus AG	
	13	Canton	ZH	AquaPlus AG	AquaPlus AG	
	28	OFEV	EST-CH ²	AquaPlus AG	AquaPlus AG	
2015	1	Canton	GE	Canton GE	Canton GE	
	2	Canton	NE	PhycoEco	PhycoEco	
	10	Canton	VD	PhycoEco	PhycoEco	
	4	OFEV	VS	AquaPlus AG	PhycoEco	
	20	OFEV	OUEST-CH ^{3, 4}	AquaPlus AG	PhycoEco	
88	échantillons en 2015 (sans échantillons à double)					
2019	10	Canton	AG	AquaPlus AG	AquaPlus AG	
	4	Canton	SZ, UR, NW, OW	AquaPlus AG	AquaPlus AG	
	56	OFEV	OST, BE	AquaPlus AG	AquaPlus AG	
	1	Canton	GE	Canton GE	Canton GE	
	3	Canton	NE	PhycoEco	PhycoEco	
	30	OFEV	OUEST-CH ⁴ , VD	AquaPlus AG	PhycoEco	
104	échantillons en 2019 (sans échantillons à double)					
2	stations supplémentaires (clarification de l'effet du déplacement de deux stations ⁵)					
2023	10	Canton	AG	AquaPlus AG	AquaPlus AG	
	4	Canton	SZ, UR, NW, OW	AquaPlus AG	AquaPlus AG	
	66	OFEV	OST, BE	AquaPlus AG	AquaPlus AG	
	1	Canton	GE	AquaPlus AG	Canton GE	
	3	Canton	NE	PhycoEco	PhycoEco	
	6	Canton	VS	PhycoEco	PhycoEco	
	23	OFEV	OUEST-CH ⁴ , VD	AquaPlus AG	PhycoEco	
	113	échantillons en 2023 (sans échantillons à double)				
	462	échantillons de la période 2011-2023 (clarification de l'effet du déplacement de deux stations)				
	Assurance qualité					
2012*	8	OFEV	EST-CH et OUEST-CH	AQ terrain : échantillonnage à double		
				* y compris 5 échantillons du NAWA SPEZ (Mentue en mars 2012)		
2012	10	OFEV	EST-CH et OUEST-CH	AQ laboratoire : vérification du comptage		
2015	11	OFEV	EST-CH et OUEST-CH	AQ laboratoire : vérification du comptage		
2019*	10	OFEV	EST-CH et OUEST-CH	AQ laboratoire : vérification du comptage		
				* y compris 5 échantillons du NAWA SPEZ 2018		
2023	10	OFEV	EST-CH et OUEST-CH	AQ laboratoire : vérification du comptage		

Tab. 2.4: Liste des stations par canton et code d'identité (ID). Le tableau montre le nombre d'échantillons prélevés par an à chaque station de mesure. Les principales années d'analyse sont indiquées en gras. Depuis le début des analyses, 20 stations ont été échantillonnées en continu, la Salmsacher Aach (ID 73, TG) ayant été analysée pour la dernière fois en 2019. En 2012, huit stations ont été échantillonnées deux fois, dont la Mentue (ID 126, VD) dans le cadre du projet NAWA SPEZ 2012. En 2019, les effets d'un déplacement de station sur la Salmsacher Aach (ID 73, TG) et la Ron (ID 116, LU) ont été examinés dans le cadre d'un mandat supplémentaire.

↳	ID	Cours d'eau, lieu	2011	2012	2013	2014	2015	2019	2023
AG	CH_032_AG	Pfaffnern, Rothrist		1			1	1	1
	CH_033_AG	Wyna, Suhr		1			1	1	1
	CH_034_AG	Bünz, Möriken	1	2	1	1	1	1	1
	CH_035_AG	Surb, Döttingen, au niveau Pegel ALG		1			1	1	1
	CH_036_AG	Sissle, Eiken		1			1	1	1
	CH_039_AG	Suhre, Suhr, au niveau centre Bärenmatte		1			1	1	1
	CH_079_AG	Aabach, Niederlenz		1			1	1	1
	CH_111_AG	Wigger, Zofingen		1			1	1	1
	CH_136_AG	Küntenerbach, Künten						1	1
	CH_137_AG	Möhlinbach, Zeiningen						1	1
AI	CH_115_AI	Sitter, Appenzell	1	2	1	1	1	1	1
AR	CH_135_AR	Urnäsch, Kubel, au-dessus de Sitter		1			1	1	1
BE	CH_007_BE	Emme, Gerlafingen, passerelle		1			1	1	1
	CH_055_BE	Aare, Brienzwiler		1					
	CH_056_BE	Engstlige, Frutigen	1	1	1	1	1	1	1
	CH_058_BE	Chise, Oberdiessbach	1	1	1	1	1	1	1
	CH_059_BE	Gürbe, avant l'embouchure, bac de Bodenach		1			1	1	1
	CH_060_BE	Sense, Thörishaus	1	1	1	1	1	1	1
	CH_062_BE	Urtenen, Schalunen		1			1	1	1
	CH_063_BE	Langete, Mangen		1			1	1	1
	CH_092_BE	Kander, Hondrich		1			1	1	1
	CH_094_BE	La Suze, Biel, centre avant l'embouchure		1			1	1	1
	CH_106_BE	Saane, Marfeldingen		1			1	1	1
	CH_114_BE	Emme, Emmenmatt, centre		1			1	1	1
	CH_133_BE	Simme, Latterbach	1	1	1	1	1	1	1
	CH_134_BE	La Birse, Choindex-Aval de la Roche St. Jean		1			1	1	1
	CH_138_BE	Chrümlißbach, Chüechumatt						1	1
	CH_139_BE	Ballmoosbach, Mettle, lisière de forêt						1	1
	CH_902_BE	Urtenen, Kernried							1
BL	CH_067_BL	Ergolz, Augst, Autoroute		1			1	1	1
BS	CH_002_BS	Birs, Birskopf		1			1	1	1
FR	CH_054_FR	Sionge, Vuippens		1			1	1	1
	CH_107_FR	Sarine, Broc, Halte des Marches	1	1	1	1	1	1	1
	CH_140_FR	Bainoz, La Vounaise						1	1
GE	CH_086_GE	Arve, Passerelle, E. de Médecine		1			1	1	1
	CH_911_GE	La Seymaz, Villette							1
GR	CH_091_GR	Inn, S-chanf		1			1	1	1
	CH_095_GR	Landquart, Felsenbach		1			1	1	1
JU	CH_068_JU	Sorne, Delémont		1			1	1	1
	CH_069_JU	Scheulte, Vicques		1			1	1	1
	CH_084_JU	Allaine, Boncourt		1			1	1	1
	CH_087_JU	Birs, Les Riedes-Dessus		1			1	1	1
	CH_088_JU	Doubs, Ocourt, Pesses des Vernes	1	1	1	1	1	1	1
	CH_141_JU	Erveratte, La Pran							1
LU	CH_014_LU	Reuss, Luzern, gare		1			1	1	1
	CH_093_LU	Kleine Emme, Littau-Reussbühl		1			1	1	1
	CH_116_LU	Ron, Hochdorf, Sempachstrasse (F)		1			1	(1)	
	CH_154_LU	Ron, Hochdorf							1
	CH_909_LU	Wyna, Beromünster, Badi							1
NE	CH_085_NE	Areuse, Boudry, pont RC	1	1	1	1	1	1	1
	CH_119_NE	Seyon, Valangin		1			1	1	1
	CH_153_NE	Doubs, Saut du Doubs							1
	CH_903_NE	Sorge, Valangin, amont STEP							1
NW	CH_074_NW	Engelberger Aa, Oberdorf Ennerberg		1			1	1	1
OW	CH_012_OW	Sarner Aa, Sarnen, Kägiswil		1			1	1	1
SG	CH_023_SG	Steinach, amont embouchure, Mattenhof	1	1	1	1	1	1	1
	CH_025_SG	Sitter, Leebrugg		1			1	1	1
	CH_026_SG	Thur, Niederbüren, terrain de golf		1			1	1	1
	CH_027_SG	Necker, Ob Thur, Lütisburg	1	1	1	1	1	1	1
	CH_028_SG	Glatt, Niederuzwil, Buechental		1			1	1	1
	CH_143_SG	Zapfenbach, près du RBK, Bernecker Riet							1
	CH_144_SG	Mittlerer Seegraben, Balgacher Riet							1
	CH_905_SG	Aächeli, Au, près du RBK Zinggen							1
SH	CH_145_SG	Landgrave, Trasadingen						1	1
	CH_146_SG	Beggingerbach, Beggingen, amont STEP						1	1
	CH_906_SH	Zwärenbach, Schleithem							1
SO	CH_009_SO	Limpach, Kyburg		1			1	1	1
	CH_011_SO	Lüssel, Breitenbach		1			1	1	1
	CH_089_SO	Dünern, Olten, Hammer		1			1	1	1
	CH_901_SO	Limpach, Messen							1
	CH_908_SO	Mülibach, Küttigkofen							1
SZ	CH_100_SZ	Muota, Wilerbrugg	1	2	1	1	1	1	1
TG	CH_070_TG	Murg, Frauenfeld	1	1	1	1	1	1	1
	CH_071_TG	Lauche, au niveau Mühle Matzingen		1			1	1	1
	CH_072_TG	Chemibach, Märstetten		1			1	1	1
	CH_073_TG	Salmsacher Aach, Amriswil	1	1	1	1	1	(1)	
	CH_147_TG	Eschelisbach, Moosburg							1
	CH_148_TG	Salmsacher Aach, Amriswil, amont STEP (F)							1
TI	CH_098_TI	Maggia, Locarno, Solduno		1			1	1	1
	CH_099_TI	Moesa, Lumino		1			1	1	1
	CH_123_TI	Maggia, Brontallo		1			1	1	1
	CH_149_TI	Vedeggio, Agno, Muzzano							1
UR	CH_101_UR	Reuss, Attinghausen, Allmeingärtli		1			1	1	1
VD	CH_020_VD	Venoge, Ecublens, Les Bois		1			1	1	1
	CH_021_VD	Thielle, Yverdon, Les Parties		1			1	1	1
	CH_022_VD	Broye, Domdidier		1			1	1	1
	CH_126_VD	Mentue, La Mauguettaz (E)		2			1	1	1
	CH_127_VD	Talent, Chavornay	1	2	1	1	1	1	1
	CH_128_VD	Promenthouse, Le Rancho		1			1	1	1
	CH_129_VD	Boiron de Morges, Lac		1			1	1	1
	CH_130_VD	Aubonne, Allaman, Le Coulet	1	2	1	1	1	1	1
	CH_131_VD	Veveyse, Vevey		1			1	1	1
	CH_132_VD	Grande Eau, Aigle, Autoroute		1			1	1	1
	CH_150_VD	Ruisseau Gi, Amont Mauguettaz							1
	CH_151_VD	Le Combagnou, Pampigny, Le Selier							1
	CH_904_VD	Eau Noire de Perroy, Le Martheray							1
VS	CH_015_VS	Rhône, Brig		1			1	1	1
	CH_016_VS	Vispa, Visp		1			1	1	1
	CH_017_VS	Rhône, Sion		1			1	1	1
	CH_018_VS	Drance, Martigny	1	1	1	1	1	1	1
	CH_152_VS	Canal D'Uvrier, aval STEP Uvrier							1
	CH_910_VS	Canal de Brig, amont STEP Brig							1
ZG	CH_075_ZG	Lorze, Frauenthal		1			1	1	1
	CH_076_ZG	Lorze, Letzi	1	1	1	1	1	1	1
ZH	CH_040_ZH	Limmat, Hönggersteg		1			1	1	1
	CH_041_ZH	Töss, Freienstein		1			1	1	1
	CH_042_ZH	Sihl, Sihlhölzli		1			1	1	1
	CH_043_ZH	Glatt, Rheinsfelden		1			1	1	1
	CH_044_ZH	Glatt, Abfluss Greifensee		1			1	1	1
	CH_045_ZH	Aabach, Mönchaltorf		1			1	1	1

Tab. 2.4: Liste des stations par canton et code d'identité (ID). Le tableau montre le nombre d'échantillons prélevés par an à chaque station de mesure. Les principales années d'analyse sont indiquées en gras. Depuis le début des analyses, 20 stations ont été échantillonnées en continu, la Salmsacher Aach (ID 73, TG) ayant été analysée pour la dernière fois en 2019. En 2012, huit stations ont été échantillonnées deux fois, dont la Mentue (ID 126, VD) dans le cadre du projet NAWA SPEZ 2012. En 2019, les effets d'un déplacement de station sur la Salmsacher Aach (ID 73, TG) et la Ron (ID 116, LU) ont été examinés dans le cadre d'un mandat supplémentaire.

↳ ID	Cours d'eau, lieu	2011	2012	2013	2014	2015	2019	2023
ZH CH_046_ZH	Aa, Niederuster		1			1	1	1
CH_047_ZH	Reppisch, Dietikon		1			1	1	1
CH_048_ZH	Jona, vers Rüti		1			1	1	1
CH_049_ZH	Furtbach, Otelfingen	1	2	1	1	1	1	1
CH_050_ZH	Thur, Andelfingen, pont		1			1	1	1
CH_065_ZH	Sihl, Hütten		1			1	1	1
CH_066_ZH	Töss, Rämismühle, Zell	1	2	1	1	1	1	1
Nombre de stations par an		20	89	20	20	88	104	113
Nombre d'échantillons à double		0	8	0	0	0	0	0
Total d'échantillons par an		20	97	20	20	88	104	113
Nombre de prélèvements supplémentaires		0	0	0	0	0	2	0
Au total dans la période 2011-2023		462						

3 Caractéristiques des stations

Réseau de stations

Le réseau de stations de mesures NAWA TREND 2023 comprend 113 stations (figure 3.1, annexe A). Les grands cours d'eau profonds (tels que l'Aare, la Linth, le Rhône à Genève, le Rhin antérieur et postérieur, le Haut Rhin, le Ticino) n'ont pas fait l'objet d'analyses biologiques car il n'existe pas de méthodes d'analyse standardisées pour ces grandes rivières. Le déplacement des stations est traité dans le rapport technique sur le macrozoobenthos.

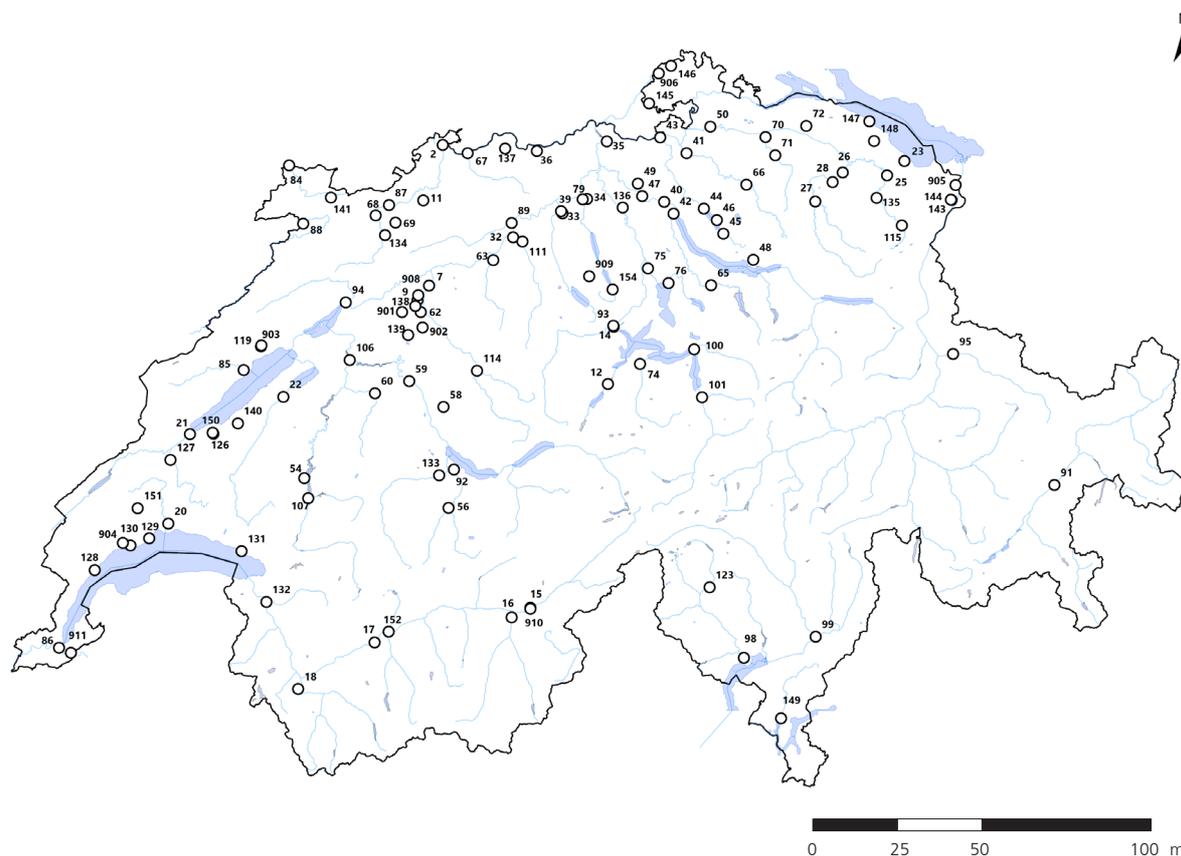


Fig. 3.1 : Localisation des 113 stations de mesures NAWA TREND 2023 avec leur code ID-TREND (cf. tableau 2.4). Carte établie par AquaPlus AG.

Hydrologie et BV

Les gammes de valeurs de quelques paramètres sélectionnés pour les 113 stations de mesures sont listées dans le tableau 3.1 et représentées dans la figure 3.2. Le plus petit bassin versant (BV) a une superficie de 1 km² (Eau Noire de Perroy, ID 904, VD), alors que le plus grand couvre 3'372 km² (Rhône, ID 17, VS). Le débit moyen annuel (MQ) varie entre 0.02 m³/s (Eschelisbach, ID147, TG ; Canal D'Uvrier, ID 152, VS) et 120 m³/s (Rhône, ID 17, VS).

Utilisation du sol

Les gradients d'utilisation du sol mettent en évidence une large palette d'affectations différentes telles que les espaces verts, les terres arables, l'arboriculture et la viticulture. De nombreux sites de mesures présentent également une part élevée de surfaces bâties (bâtiments, infrastructures), de zones forestières ou de surfaces improductives (tableau 3.1, figure 3.2). La surface du bassin versant de 29 des 113 sites présente plus de 50 % d'utilisations anthropiques imbriquées (urbanisation, cultures, arboriculture et/ou viticulture). Pour 30 sites, ce pourcentage est in-

férieur à 10 %. Le nombre d'unités de gros bétail par km² (UGB) de bassin versant varie entre 2 et 243, avec une médiane de 46.

NOCE Sur les 113 tronçons de cours d'eau étudiés, 75 correspondent à un numéro d'ordre hydrographique (NOCE) de 4, 5 ou 6. Les plus petits cours d'eau (NOCE 1), à une exception près, ainsi que les plus grandes rivières de Suisse (NOCE 9) n'ont pas été étudiés.

Eaux usées Sur les 113 stations de mesures analysées, 39 ne présentaient aucune pollution par les eaux usées et 23 stations affichaient un faible pourcentage d'eaux usées en période d'étiage (0-10 %). Pour 49 stations, le pourcentage d'eaux usées se situait entre 10 % et plus de 50 %. Pour deux stations de mesures (Arve, ID 86, GE; Doubs, ID 88, JU), aucune information n'a pu être fournie sur le pourcentage d'eaux usées en raison de données insuffisantes. Dans ces stations, la part du bassin versant hors de Suisse était supérieure à 20 % (tableau 3.1).

Autres paramètres Les données détaillées par station de mesures se trouvent dans l'annexe B ainsi que dans le concept NAWA publié par l'OFEV (2013). Les résultats d'autres analyses chimiques et biologiques figurent dans les rapports techniques des différents modules (Macrozoobenthos, Macrophytes et Poissons) et peuvent également être utilisés pour caractériser les stations de mesures.

Tab. 3.1 : Caractérisation des stations de mesures NAWA TREND 2023 à l'aide de paramètres sélectionnés.
Stations avec données NAWA TREND 2023 (n=113).

Surface
Surface des bassins versants (y compris surface hors Suisse)

Hydrologie
MQ : Débit annuel moyen

Utilisation du sol (affectation)
Part du bassin versant en Suisse (y compris surfaces en amont des grands lacs)

Forêt : Surface boisée
Agric. : Surface agricole
Improd. : Surface improductive (cours d'eau, rochers et éboulis, terres improductive, glaciers)

Constr. : Surface construite (bâtiments et infrastructures)

UGB : Unité de gros bétail par km² de bassin versant

Autres paramètres
NOCE : Numéro d'ordre selon Strahler (1952)
Cat. EU : Catégorie d'eaux usées, part au débit d'étiage Q₃₄₇; Inc. : inconnu

Para-mètre	Unité	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum
Surface	km ²	1	123	327	3372
MQ	m ³ /s	0.02	3.4	10.2	120
Affectation					
Forêt	part [%]	1	29	30	58
Agric.	part [%]	3	52	50	89
Improd.	part [%]	0	3	10	82
Constr.	part [%]	0	9	11	38
UGB	nombre/km ²	2	46	55	243

Para-mètre	Unité	No d'ordre des cours d'eau NOCE								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
NOCE	Nb. de stations	1	6	18	24	26	25	11	2	0
	part [%]	1	5	16	21	23	22	10	2	0
	cumul [%]	1	6	22	43	66	88	98	100	100

Para-mètre	Unité	Catégorie d'eaux usées [Classes en %]					s. o.
		0	0-10	10-20	20-50	>50	
Cat. EU	Nb. de stations	39	23	11	21	17	2
	part [%]	35	20	10	19	15	2
	cumul [%]	35	55	65	83	98	100

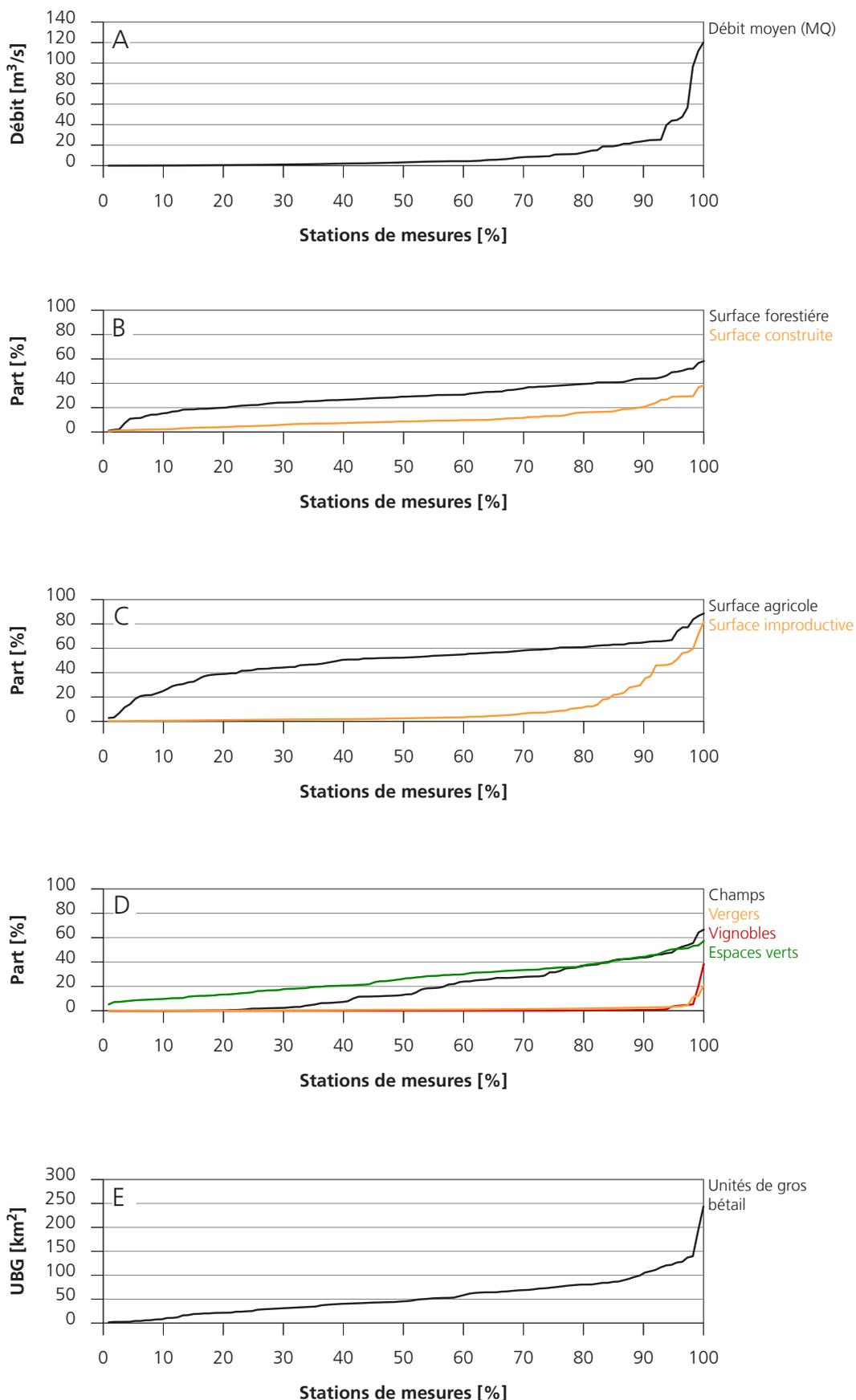


Fig. 3.2 : Graphiques des gradients hydrologiques et d'occupation des sols par bassin versant sur l'ensemble des stations. A : Débit moyen (MQ), B : Surfaces forestières et bâties, C : Surfaces agricoles et non productives, D : Surfaces de cultures, de vergers, de vignes et d'herbages, E : Nombre d'unités de gros bétail (UGB) par km^2 de bassin versant. Pourcentage de sites de prélèvements [%]. Données NAWA TREND 2023 (n=113 = 100 %).

4 Aspect général

Aperçu

La figure 4.1 montre les résultats des relevés d'aspect général par paramètre pour les périodes de 2012, 2015, 2019 par rapport à la période actuelle de 2023. Le tableau 4.1 indique le nombre d'atteintes à l'eau (4 paramètres), au lit du cours d'eau (6 paramètres) et l'impact global (tous les paramètres) par site pour les périodes de 2012, 2015, 2019 et 2023 du projet NAWA TREND.

En 2023, les préjudices qui affectent l'eau ont été moins fréquents que ceux qui pèjorent le lit des cours d'eau, ce qui était déjà le cas lors des périodes précédentes. Cela s'explique d'une part par le fait que les relevés de terrain sont souvent effectués par temps sec et qu'il n'y a donc pas de rejets (d'où la rareté des odeurs d'eaux usées, des turbidités et des colorations non naturelles). D'autre part, les pollutions par les eaux usées et le manque de dynamique se font sentir beaucoup plus tôt et à long terme dans le lit du cours d'eau (accumulation). Les atteintes aux lits des cours d'eau sont donc visibles même par temps sec (figure 4.1).

Eau courante

En ce qui concerne la qualité de l'eau courante, le paramètre écume stable est de loin le type d'altération le plus fréquent. Selon la période, 30 à 40 % des sites présentaient une mousse persistante d'origine « inconnue » ou « anthropique » (fréquence faible à moyenne, classe 2). Une turbidité ou une coloration non naturelle de l'eau ainsi qu'une odeur non naturelle sont apparues sur toutes les périodes avec ≤ 10 % de l'ensemble des sites, à l'exception des campagnes d'étude 2019 et 2023, où la proportion de sites présentant une turbidité non naturelle était respectivement de 18 % et 11 % (figure 4.1). Si l'on considère le nombre de perturbations de l'eau courante, 58 des 113 sites de la campagne NAWA TREND 2023 ne présentaient aucune perturbation. Une perturbation a été constatée sur 45 sites et deux sur 10 sites. Hormis deux stations présentant une forte turbidité due à la force du courant, il s'agissait toujours de perturbations faibles à moyennes d'origine inconnue ou anthropique (tableau 4.1).

Lit du cours d'eau

Au cours de la période étudiée, un colmatage du lit du cours d'eau d'origine « inconnue » ou « anthropique » a été constaté sur environ 40 à 60 % des sites, un colmatage important (classe 3) étant présent dans 7 à 21 % des cas. Le paramètre déchets est apparu sur 50 à 60 % des sites, selon la période. Ces déchets se trouvent généralement le long des berges, plus rarement dans les zones immergées. Ils proviennent soit de passants qui les ont abandonnés, soit de crues qui les dispersés en aval jusqu'à ce qu'ils s'accrochent à des branches ou à d'autres structures sur la rive. D'autres préjudices des lits des cours d'eau étaient nettement plus rares. Les taches de sulfure de fer étaient présentes dans 13 à 20 % des sites au cours des quatre périodes, soit plus fréquemment que les matières solides issues de l'évacuation des eaux urbaines (9 à 14 %), l'envasement (6 à 15 %) ou la présence de microorganismes hétérotrophes (0 à 7 %) (figure 4.1).

Les causes de colmatage citées étaient l'incrustation calcaire (naturelle), le manque de dynamique, la morphologie (endiguement), les chantiers (protection contre les inondations), l'exploitation agricole (drainages) et les éclusées. Parmi les déchets, on a très souvent observé des emballages, et parmi les matières solides issues de l'évacuation des eaux urbaines, du papier toilette et des articles d'hygiène.

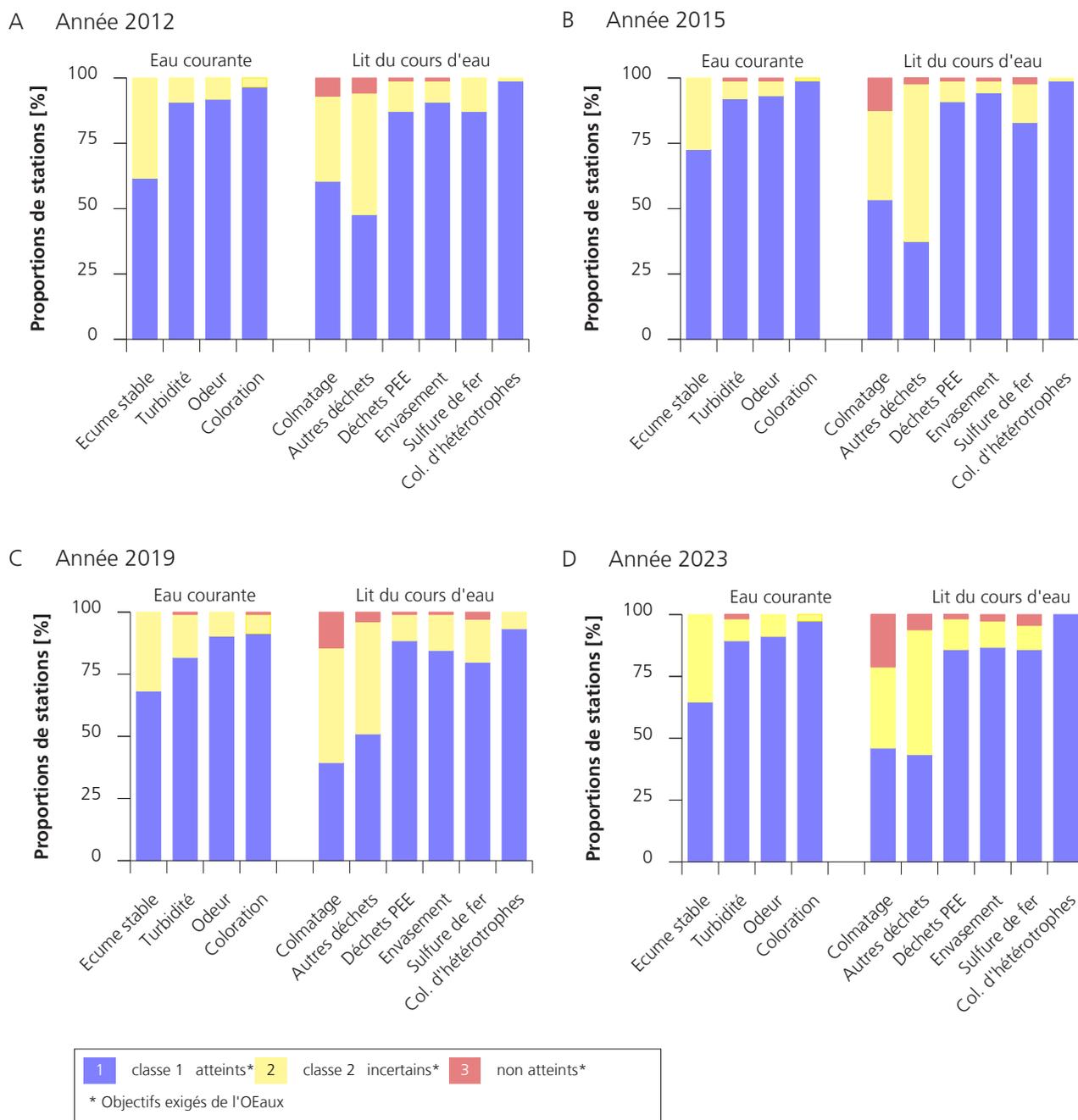


Fig. 4.1 : Évaluation des paramètres d'Aspect général des années d'étude 2012-2023. Subdivision en paramètres de l'eau courante (écume stable, turbidité, odeur, coloration) et paramètres du lit du cours d'eau (colmatage, déchets, matières solides, envasement, sulfure de fer, microorganismes hétérotrophes). Évaluation selon le système modulaire gradué d'Aspect général de l'OFEV (2007b). Données NAWA TREND 2012 (n=89, dont 3 sans données Aspect général), NAWA TREND 2015 (n=88), NAWA TREND 2019 (n=104), NAWA TREND 2023 (n=113).

En ce qui concerne la turbidité, l'exploitation de l'énergie hydraulique, plus rarement les chantiers (aménagement contre les crues) et les rejets d'eaux usées ont été le plus souvent mentionnés.

Les causes naturelles de la turbidité étaient les précipitations, la fonte des neiges ou des glaciers et l'écoulement des lacs. Pour tous les autres paramètres, la cause la plus souvent citée était le rejet d'eaux usées. Si l'on considère le nombre d'atteintes aux lits des rivières, celles-ci ont été nettement plus fréquentes pendant la campagne NAWA TREND 2023 par rapport à l'eau courante. Ainsi, seules 28 des 113 stations ne présentaient aucune atteinte au lit du cours d'eau. Pour les 85 stations restantes, en ont subi une atteinte (30 sites), deux atteintes (30 sites), trois (20 sites), quatre (3 sites) ou même cinq pour deux stations (Canal d'Uvrier, ID 152, VS; Canal de Brig; ID 910, VS) (tableau 4.1).

Atteintes

Si l'on considère l'ensemble des atteintes de la campagne d'étude NAWA TREND 2023, seuls 20 sites sur 113 ne présentaient aucune atteinte. Les sites présentant cinq atteintes étaient le Vedeggio (ID 149, TI) et le Canal de Brigue (ID 910, VS). Ceux présentant six atteintes étaient la Broye (ID 22, VD) et le Canal d'Uvrier (ID 152, VS). Presque tous les quatre sites présentaient un colmatage du lit, des déchets solides et des rejets d'eaux usées, un envasement, du sulfure de fer et/ou une turbidité non naturelle (tableau 4.1).

Évolution dans le temps

Le tableau 4.2 présente l'évaluation de l'écume stable (ou mousse) dans le courant et du colmatage du lit des cours d'eau pour les 20 sites étudiés à chaque période. Ces deux paramètres sont très souvent d'origine inconnue ou anthropique. Alors que la fréquence de présence de la mousse a toujours été signalée comme faible ou moyenne, le colmatage du lit est apparu chaque année avec une incidence élevée sur les sites de la Drance (ID 18, VS) et de manière sporadique sur la Bünz (ID 34, AG), la Chise (ID 058, BE) et le Talent (ID 127, VD). Les relevés annuels ne permettent pas de dégager un modèle clair et généralement valable, basé sur la constance d'un paramètre. Dans certains endroits, il n'y a jamais eu de formation de mousse ou de colmatage du lit, dans d'autres endroits, ces dégradations se sont produites régulièrement chaque année, alors que dans d'autres endroits, elles ne sont manifestées que par intermittence.

Le tableau 4.3 montre le nombre d'atteintes par station et par relevé pour les mêmes 20 sites étudiés chaque année. Aucun des 20 sites n'a jamais été affecté. En revanche, plusieurs stations ont connu plus de deux atteintes par an. Une tendance à l'amélioration est peut-être perceptible sur la Töss (ID 66, ZH), la Lorze (ID 76, ZG), l'Areuse (ID 85, NE), le Doubs (ID 88, JU), le Talent (ID 127, VD) et la Steinach (ID 23, SG). Une tendance à la dégradation est peut-être perceptible sur la Chise (ID 58, BE) et sur la Sarine (ID 107, FR).

Tab. 4.1: Perturbations de l'aspect général par site au cours des années d'étude 2012-2023. En haut : Nombre d'atteintes. En bas : Répartition des atteintes en pourcentage. Subdivision en paramètres de l'eau courante (écume stable, turbidité, odeur, coloration) et paramètres du lit du cours d'eau (colmatage, déchets, matières solides, envasement, sulfure de fer, microorganismes hétérotrophes) et pour tous les paramètres de l'aspect général. Données NAWA TREND 2012 (n=89, dont 3 sans données Aspect général), NAWA TREND 2015 (n=88), NAWA TREND 2019 (n=104), NAWA TREND 2023 (n=113).

		Nombre d'atteintes [station]										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NAWA TREND 2012	Eau courante	46	33	3	4	-	-	-	-	-	-	-
	Lit mineur du cours d'eau	26	26	22	9	2	1	-	-	-	-	-
	Eau courante + Lit mineur	17	21	22	15	6	3	2	-	-	-	-
NAWA TREND 2015	Eau courante	55	28	5	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lit mineur du cours d'eau	19	28	28	11	2	-	-	-	-	-	-
	Eau courante + Lit mineur	14	23	31	8	6	6	-	-	-	-	-
NAWA TREND 2019	Eau courante	53	35	11	4	1	-	-	-	-	-	-
	Lit mineur du cours d'eau	17	36	27	17	6	1	-	-	-	-	-
	Eau courante + Lit mineur	13	24	26	15	13	10	1	2	-	-	-
NAWA TREND 2023	Eau courante	58	45	10	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lit mineur du cours d'eau	28	30	30	20	3	2	-	-	-	-	-
	Eau courante + Lit mineur	20	25	25	16	23	2	2	-	-	-	-

Exemple de lecture : En 2012 de NAWA TREND, aucune atteinte à l'eau n'a été enregistrée dans **46 des 86 sites au total**.

		Proportions d'atteintes [%]										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NAWA TREND 2012	Eau courante	53	38	3	5	-	-	-	-	-	-	-
	Lit mineur du cours d'eau	30	30	26	10	2	1	-	-	-	-	-
	Eau courante + Lit mineur	20	24	26	17	7	3	2	-	-	-	-
NAWA TREND 2015	Eau courante	63	32	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lit mineur du cours d'eau	22	32	32	13	2	-	-	-	-	-	-
	Eau courante + Lit mineur	16	26	35	9	7	7	-	-	-	-	-
NAWA TREND 2019	Eau courante	51	34	11	4	1	-	-	-	-	-	-
	Lit mineur du cours d'eau	16	35	26	16	6	1	-	-	-	-	-
	Eau courante + Lit mineur	13	23	25	14	13	10	1	2	-	-	-
NAWA TREND 2023	Eau courante	51	40	9	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lit mineur du cours d'eau	25	27	27	18	3	2	-	-	-	-	-
	Eau courante + Lit mineur	18	22	22	14	20	2	2	-	-	-	-

Exemple de lecture : En 2012 de NAWA TREND, aucune atteinte à l'eau n'a été enregistrée dans **53 % des 86 sites au total**.

Tab. 4.2: Évaluation de deux paramètres de dégradation de l'aspect général au fil du temps. À gauche : Mousse stable dans l'eau courante. À droite : colmatage du lit mineur. Données complètes de 20 stations relevées en continu dans NAWA TREND 2011-2023.

* La station Salmsacher Aach (ID 073, TG) a été relevée pour la dernière fois en 2019 dans le cadre d'un mandat supplémentaire.

1 classe 1 atteints*
 2 classe 2 incertains*
 3 classe 3 non atteints*
 * Objectifs exigés de l'OEaux

Cours d'eau	ID	CT	Ecume stable							Colmatage						
			2011	2012	2013	2014	2015	2019	2023	2011	2012	2013	2014	2015	2019	2023
Drance	18	VS	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3
Steinach	23	SG	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	2
Necker	27	SG	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bünz	34	AG	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	3	2	2
Furtbach	49	ZH	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Engstlige	56	BE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Chise	58	BE	1	2	1	2	1	2	2	1	1	2	2	3	3	3
Sense	60	BE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Töss	66	ZH	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1
Murg	70	TG	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2
Salms. Aach*	73	TG	2	2	2	2	2	2	-	1	1	1	1	1	1	-
Lorze	76	ZG	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Areuse	85	NE	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2
Doubs	88	JU	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1
Muota	100	SZ	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2
Sarine	107	FR	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	2
Sitter	115	AI	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Talent	127	VD	2	2	2	2	2	2	1	2	3	2	3	2	2	2
Aubonne	130	VD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Simme	133	BE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1

Tab. 4.3: Évolution du nombre d'atteintes à l'aspect général. À gauche : Nombre d'atteintes par station. À droite : Visualisation des atteintes par relevé afin de dégager une tendance. L'épaisseur des traits est proportionnelle au nombre d'atteintes ; les valeurs maximales sont représentées en gris foncé.

* La station Salmsacher Aach (ID 073, TG) a été relevée pour la dernière fois en 2019 dans le cadre d'un mandat supplémentaire.

Cours d'eau	ID	CT	Nombre d'atteintes observées par relevé							Visualisation des tendances						
			2011	2012	2013	2014	2015	2019	2023	2011	2012	2013	2014	2015	2019	2023
Drance	18	VS	3	3	4	2	5	5	4	■	■	■	■	■	■	■
Steinach	23	SG	1	5	6	5	3	0	1	■	■	■	■	■	■	■
Necker	27	SG	2	0	0	1	2	0	0	■	■	■	■	■	■	■
Bünz	34	AG	6	5	5	6	2	5	4	■	■	■	■	■	■	■
Furtbach	49	ZH	2	3	3	5	2	4	3	■	■	■	■	■	■	■
Engstlige	56	BE	0	0	0	0	0	1	0	■	■	■	■	■	■	■
Chise	58	BE	0	1	1	2	1	4	4	■	■	■	■	■	■	■
Sense	60	BE	1	0	0	0	0	0	1	■	■	■	■	■	■	■
Töss	66	ZH	3	2	1	1	2	0	0	■	■	■	■	■	■	■
Murg	70	TG	3	3	3	5	2	2	2	■	■	■	■	■	■	■
Salms. Aach*	73	TG	3	4	4	4	5	3	-	■	■	■	■	■	■	■
Lorze	76	ZG	2	4	1	1	1	1	1	■	■	■	■	■	■	■
Areuse	85	NE	5	2	1	1	2	1	1	■	■	■	■	■	■	■
Doubs	88	JU	9	2	3	3	1	2	1	■	■	■	■	■	■	■
Muota	100	SZ	3	4	5	5	5	4	4	■	■	■	■	■	■	■
Sarine	107	FR	1	0	0	2	1	1	3	■	■	■	■	■	■	■
Sitter	115	AI	0	0	1	0	0	1	0	■	■	■	■	■	■	■
Talent	127	VD	3	4	5	2	2	3	2	■	■	■	■	■	■	■
Aubonne	130	VD	1	2	1	0	0	1	0	■	■	■	■	■	■	■
Simme	133	BE	0	0	0	1	1	1	0	■	■	■	■	■	■	■

5 Diatomées

Les chapitres suivants caractérisent les communautés de diatomées trouvées et traitent des indices de la qualité biologique de l'eau, de l'adaptation des communautés au site et de l'assurance qualité des travaux. De plus, des informations sont données pour certains taxons. Lorsque cela est possible et judicieux, les données sont comparées avec celles des périodes précédentes de NAWA TREND.

5.1 Caractérisation des communautés de diatomées

Nombre de taxons	<p>Dans les 113 échantillons de l'année 2023, 273 taxons différents ont été identifiés. En 2023, le nombre de taxons par échantillon variait entre 12 (Ruisseau Gi, ID 150, VD) et 56 taxons (Reuss, ID 14, LU). La médiane du nombre de taxons de tous les échantillons de 2023 était de 29 taxons (2011-2013 : min. 13, max. 45, médiane 29 ; en 2015 : min. 14, max. 53, médiane 31; en 2019 : Min. 10, Max. 52, Médiane 26). <i>Achnantheidium minutissimum</i> var. <i>minutissimum</i> s'est avéré être le taxon le plus répandu et le plus fréquent, puisqu'il était présent dans les 113 sites recensés. Ce taxon est très fréquent en Suisse comme dans l'ensemble de son aire de distribution en Europe centrale, en référence à Hofmann et al. (2013) et à la base de données BIS du bureau AquaPlus AG. Ce taxon est très tolérant à de nombreux facteurs environnementaux, mais se tient à l'écart des fortes pollutions organiques, comme celles causées par les rejets d'eaux usées.</p>
Valeurs indicatrices	<p>Selon la figure 5.1, le nombre de taxons ainsi que la diversité H selon Shannon & Weaver (1949 ; log base 2) dépendent fortement des trois taxons les plus fréquents dans un échantillon, également appelée la « somme de dominance ». Sur 500 valves, il est rare que la population possède plus de 30 taxons si la somme de dominance atteint > 70 %. Cette dépendance est connue et résulte de la méthode consistant à compter 500 valves pour calculer la valeur DI-CH. Ainsi, plus la proportion des espèces les plus fréquentes est élevée, moins il est probable que des espèces rares soient comptées dans un échantillon. Si la part des trois espèces les plus fréquentes dépasse 90 %, il est très probable que le nombre de taxons descende en dessous de 20. Pour la diversité, la dépendance à la somme de dominance est encore plus nette que pour le nombre de taxons. Ainsi, la diversité diminue d'une unité pour environ 20 % de somme de dominance supplémentaire. Aucune corrélation n'a été trouvée entre la taille des cours d'eau (numéro d'ordre de cours d'eau NOCE) et le nombre de taxons (figure 5.1). La situation serait différente si les données étaient à peu près de même taille à tous les niveaux NOCE. On peut s'attendre à ce que les grandes rivières, les émissaires de lacs et les petits ruisseaux dont les rives occupent une plus grande partie de l'espace aquatique, abritent généralement plus d'espèces que les ruisseaux normaux d'une largeur d'environ 2 à 5 mètres passables à gué. De plus, le nombre de taxons n'a pas montré de relation claire avec l'altitude, la taille du bassin versant, la région biogéographique, l'ecomorphologie du cours d'eau, la proportion d'eaux usées, les unités de gros bétail ou l'utilisation du sol (forêt, constructions, surfaces agricoles et improductives). Nous renonçons donc à illustrer et à commenter ces résultats.</p>

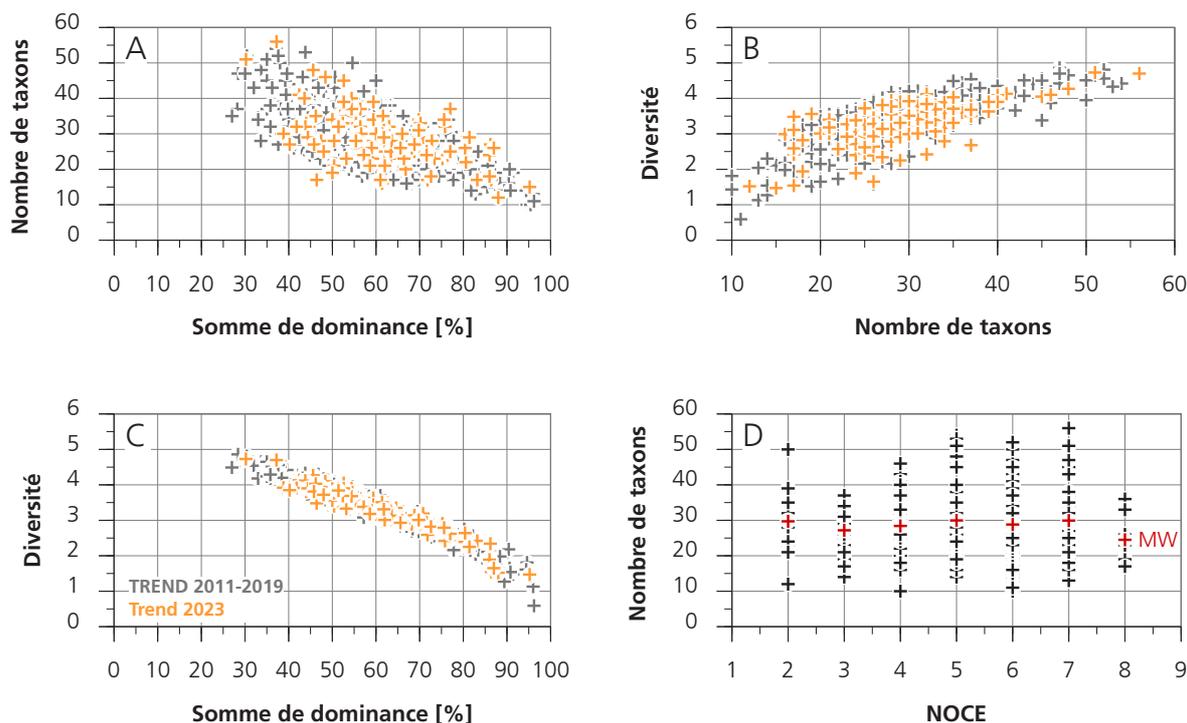


Fig. 5.1 : Nombre de taxon (A, D) et diversité H (B, C) par rapport à différents paramètres. A : le nombre de taxons par rapport à la somme de dominance (somme des abondances relatives (%) des trois taxons les plus fréquents), B : le nombre de taxons par rapport à la diversité H (Shannon & Weaver 1949; log de base 2), C : la diversité H par rapport à la somme de dominance, D : le nombre de taxons par rapport à l'indice d'ordre des cours d'eau NOCE (selon Strahler 1952). Données NAWA TREND 2011-2019 (croix grises, n=349), 2023 (n=113, croix orange), 2011-2023 (croix noires, n=462), moyenne MW (croix rouge).

La figure 5.2 présente les principales caractéristiques des communautés de diatomées (nombre de taxons, somme de dominance, diversité, tératologie, valeur DI-CH) pour les années 2012, 2015, 2019 et 2023. On constate que les courbes des différentes périodes sont assez similaires en termes de médianes. La campagne de 2019, malgré 18 stations d'échantillonnage supplémentaires, se distingue des autres périodes par des médianes du nombre de taxons les plus basses. Cela s'explique par une plus forte dominance des espèces communes (somme des fréquences des trois taxons les plus fréquents). Les formes tératologiques $\geq 0,5$ % ont été plus fréquentes en 2012, 2015 et 2023 qu'en 2019, de plus leurs valeurs supérieures étaient plus élevées. La distribution des valeurs DI-CH est très similaire pour toutes les périodes. L'hétérogénéité des stations de mesure en termes de superficie du bassin versant, de débit, de NOCE, de catégorie d'eaux usées et d'utilisation des terres influence le nombre de taxons, la somme de dominance, l'indice de diversité, la proportion de tératologie et la valeur DI-CH.

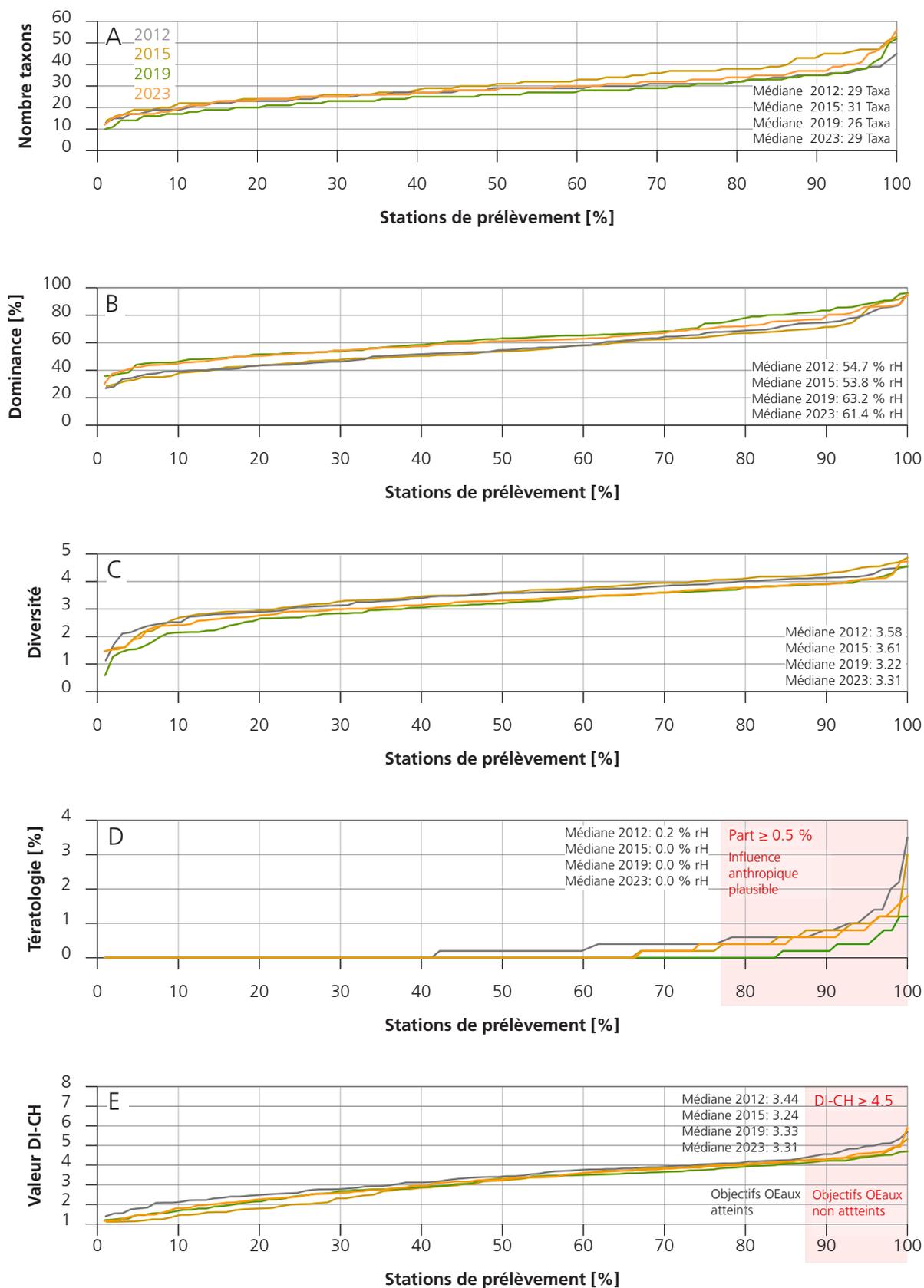


Fig. 5.2 : Représentation graphique des principaux paramètres caractérisant les communautés de diatomées pour les années d'étude 2012, 2015, 2019 et 2023. A : Nombre de taxons, B : Somme de dominance (somme de l'abondance relative (%) des trois taxons les plus fréquents), C : Indice de diversité H (Shannon & Weaver 1949; log de base 2), D : formes tétratologiques (%), E : valeurs DI-CH. Le nombre de stations de prélèvement NAWA TREND (indiqué en % cumulé) est en 2012 (n=89), 2015 (n=88), 2019 (n=104), 2023 (n=113).

5.2 Composition taxonomique

Aperçu

Dans les 113 échantillons de 2023 ont été identifiés 273 taxons, dont 35 (13 %) appartiennent aux espèces principales (tableau 5.1). Par espèces principales, on entend les espèces dont l'abondance relative a été de 10 % ou plus au moins une fois. Parmi ces espèces principales, 28 étaient déjà présentes lors des précédentes périodes d'étude 2011-2019. En outre, 28 taxons (10 %) ont été considérés comme des espèces secondaires (espèces dont l'abondance relative est comprise entre 5 % et 10 %). Les espèces principales et secondaires sont des taxons importants, en particulier pour le calcul de la valeur DI-CH.

Tab. 5.1: Espèces principales des communautés de diatomées des prélèvements NAWA de 2023. Classement par ordre décroissant du nombre d'occurrences. Les espèces principales (EP) sont des taxons dont l'abondance relative est $\geq 10\%$. DVNR : ID unique selon la liste d'Allemagne. DVNR > 100'000 indique des taxons qui ne figurent pas dans la liste allemande. Valeurs D et G selon le module Diatomées de l'OFEV (2007a). Données NAWA TREND 2023 (n=113).

Liste taxonomique	EP	DVNR	Val. D	Val. G	Occurrence	
	2011-2019	ID	de l'indice DI-CH		Nb. Echantillons	Maximum % rH
Espèces principales EP (abondance $\geq 10\%$ rH)						
<i>Achnanthydium minutissimum</i> var. <i>minutissimum</i> (KUETZING) CZARNECKY	oui	26060	3	0.5	113	73.8
<i>Nitzschia dissipata</i> (KUETZING) GRUNOW	oui	36151	3.5	1	103	22.2
<i>Amphora pediculus</i> (KUETZING) GRUNOW	oui	6983	5	0.5	100	76.6
<i>Gomphonema olivaceum</i> var. <i>olivaceum</i> (HORNEMANN) BREBISSEON	oui	6867	3	0.5	100	24.6
<i>Navicula cryptotenella</i> LANGE-BERTALOT	oui	6889	4	0.5	96	26.4
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.MUELLER) BORY DE SAINT-VINCENT	oui	6831	4	1	91	18.0
<i>Achnanthydium pyrenaicum</i> (HUSTEDT) KOBAYASI	oui	26005	1.5	1	90	65.2
<i>Navicula gregaria</i> DONKIN	oui	6015	5.5	1	78	23.0
<i>Achnanthydium delmontii</i> PERES, LE COHU & BARTHES	oui	100244	3.5	1	69	76.8
<i>Nitzschia fonticola</i> GRUNOW	oui	36154	3.5	1	69	46.8
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> sensu Krammer & Lange-Bertalot 1991	oui	6726	5	1	62	23.2
<i>Encyonema ventricosum</i> (C.AGARDH) GRUNOW	oui	26318	2.5	2	60	15.2
<i>Nitzschia sociabilis</i> HUSTEDT	oui	6961	3.5	2	59	33.8
<i>Achnanthydium rostrropyrenaicum</i> JÜTTNER & COX	oui	100247	1.5	1	54	31.6
<i>Sellaphora nigri</i> (DE NOTARIS) C.E. WETZEL et ECTOR	oui	100271	7	1	45	13.4
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.AGARDH) LANGE-BERTALOT	oui	6224	4.5	1	44	13.4
<i>Encyonema silesiacum</i> var. <i>silesiacum</i> (BLEISCH) D.G.MANN	oui	16993	3	1	36	19.6
<i>Nitzschia recta</i> var. <i>recta</i> HANTZSCH	oui	6029	3.5	2	36	11.0
<i>Gomphonema pumilum</i> (GRUNOW) REICHARDT & LANGE-BERTALOT	oui	36095	2	4	34	10.4
<i>Achnanthydium lineare sensu lato</i>	oui	100246	1	8	33	55.8
<i>Gomphonema tergestinum</i> (GRUNOW) M. SCHMIDT	oui	6897	3	2	33	31.0
<i>Achnanthydium atomoides</i> MONNIER, LANGE-BERTALOT & ECTOR	oui	26003	3	2	33	25.6
<i>Navicula lanceolata</i> (C.AGARDH) EHRENBERG	oui	6864	4.5	1	27	10.4
<i>Fallacia subhamulata</i> (GRUNOW) D.G.MANN	non	26636	4	2	25	11.4
<i>Gomphonema pumiloide-Kleinformen</i> Arbeitsname E. Reichardt 2002	oui	100147	2	4	24	11.2
<i>Achnanthydium nanum</i> (MEISTER) NOVAIS et JUETTNER 2015	non	100280	1	4	22	10.4
<i>Amphora indistincta</i> LEVKOV	oui	36245	3.5	1	19	10.4
<i>Achnanthydium sieminskae</i> WITKOWSKI, KULIKOWSKIY et RIAUX-GOBIN 2012	non	100371	1	8	13	16.0
<i>Achnanthydium saprophilum</i> (KOBAYASI & MAYAMA) ROUND & BUKHTIYAROVA	non	26065	7.5	4	10	15.8
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>rumpens</i> (KUETZING) LANGE-BERTALOT	non	6396	2	2	7	14.8
<i>Achnanthydium gracillimum</i> (MEISTER) LANGE-BERTALOT	oui	26061	1	1	4	70.0
<i>Aulacoseira granulata</i> (EHRENBERG) SIMONSEN	non	6785	4.5	1	3	27.2
<i>Achnanthydium rivulare</i> POTAPOVA & PONADER	oui	100265			3	13.6
<i>Cymbella parva</i> (W.SMITH) KIRCHNER	non	6064	2	2	3	11.2
<i>Diatoma tenuis</i> C.AGARDH	oui	6210	3.5	2	1	10.0

Aperçu

5.3 Espèces planctoniques

Les sites abritant des espèces planctoniques sont typiquement des émissaires de lacs ou des tronçons avec des barrages, des retenues ou des petits lacs dans le bassin versant. De nombreuses études sur les communautés de diatomées ont montré que les émissaires des lacs présentent une abondance relative d'espèces planctoniques de 2 à 13 %. La distance de dérive des espèces planctoniques vers l'aval varie en fonction de différents facteurs (niveau trophique du lac, densité du plancton, conditions d'écoulement, débit, dilution par les affluents, retenues etc.).

En 2023, un total de 19 espèces planctoniques a été détecté dans 31 des 113 stations de mesure. On y trouve fréquemment des représentants des genres *Cyclotella* (7 espèces) et *Stephanodiscus* (4 espèces) ainsi que 8 autres espèces (*Asterionella formosa*, *Aulacoseira granulata*, *Cyclostephanos dubius*, *Diatoma tenuis*, *Discostella pseudostelligera*, *Fragilaria acus*, *Fragilaria delicatissima*, *Nitzschia acicularis* var. *acicularis*). La proportion la plus élevée d'espèces planctoniques a été observée dans la Glatt (ID 044, émissaire du Greifensee, distance 1 km) avec 38 %. *Aulacoseira granulata* et *Diatoma tenuis* représentent les abondances relatives les plus élevées avec respectivement 27,2 % et 10 %. La deuxième proportion la plus élevée a été observée dans la Sarine (ID 106, émissaire du lac de Schiffenen, distance 13 km) avec 4,6 %. Toutes les autres stations présentaient une proportion plus faible de formes planctoniques. Sur un total de 31 stations avec plancton, 21 indiquaient une abondance relative d'espèces planctoniques ≤ 1 %.

Aperçu

5.4 Espèces exotiques (néophytes)

Alors qu'il existe aussi des modèles de distribution biogéographique pour les algues, certains taxons de diatomées sont considérés comme allochtones. Actuellement, le potentiel de dommages dû aux diatomées exotiques en Suisse n'est pas encore clair. Il existe cependant des cas connus comme *Didymosphenia geminata*, qui cause des problèmes écologiques en Nouvelle-Zélande en formant d'énormes biomasses. Par leur présence, les taxons exotiques peuvent supplanter les espèces indigènes et perturber les communautés établies de phytobenthos (AquaPlus & PhycoEco 2020).

Évolution dans le temps

Le tableau 5.2 montre la présence des diatomées exotiques durant les périodes d'étude 2011 à 2023. Alors que seules neuf occurrences ont été enregistrées lors de la première campagne de 2012, leur nombre a augmenté dès la deuxième campagne en 2015 pour atteindre 45 occurrences. Lors de la troisième campagne en 2019, 64 occurrences ont été observées, soit un peu plus que dans la période précédente, et lors de la quatrième campagne en 2023, 86 occurrences ont été recensées. Le nombre de diatomées non indigènes (allochtones) a également augmenté au fil du temps. Alors qu'il y avait trois espèces en 2012 et 2015, ce nombre est passé à six en 2019 et à sept en 2023. Au total, neuf diatomées non indigènes ont été détectées dans le cadre des campagnes NAWA TREND. L'évaluation des espèces exotiques est basée sur le rapport d'AquaPlus & PhycoEco (2020). En plus des espèces exotiques qui y sont mentionnées, *Eolimna comperei*, nouvellement décrite en France en 2020, a été incluse (Coste & Ector 2020). Les espèces *Achnanthydium subatomus*, *Amphora indistincta*, *Navicula veneta* et *Reimeria uniseriata* ont également été trouvées dans les échantillons NAWA TREND. Ces espèces ne figurent pas dans le tableau, car il n'est pas certain qu'el-

Tab. 5.2: Présence d'espèces de diatomées exotiques par année d'étude et au total par taxon, NAWA 2011-2023. Comme une localité peut abriter plusieurs espèces exotiques, le nombre d'occurrences ne correspond pas au nombre de stations avec des espèces exotiques, mais au nombre total d'occurrences enregistrées. Données NAWA TREND 2011-2023 (n=462).

	2011	2012	2013	2014	2015	2019	2023	Nombre d'occurrences
Espèces exotiques								
Nombre de stations	20	89	20	20	88	104	113	462
<i>Achnanthyidium catenatum</i>		1						1
<i>Achnanthyidium delmontii</i>			7	6	32	54	69	168
<i>Achnanthyidium druartii</i>		1				2	1	4
<i>Achnanthyidium rivulare</i>						3	3	6
<i>Achnanthyidium subhudsonis</i> var. <i>kraeuselli</i>						1		1
<i>Didymosphenia geminata</i>	3	7	1	1	12	3	10	37
<i>Eolimna comperei</i>							1	1
<i>Gomphoneis transsilvanica</i>					1	1	1	3
<i>Navicula jakovljevicii</i>							1	1
Nombre d'occurrences	3	9	8	7	45	64	86	
Nombre d'espèces	1	3	2	2	3	6	7	

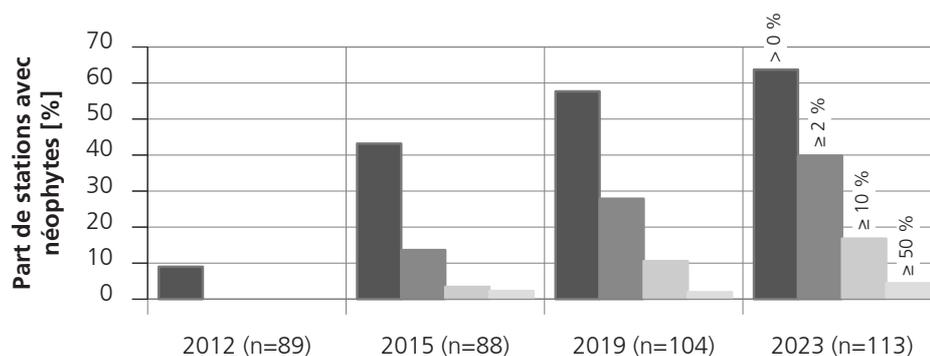


Fig. 5.3 : Présence d'espèces de diatomées exotiques par campagne d'échantillonnage 2012- 2023.

Part des stations avec des diatomées exotiques et part des espèces allochtones présentant des abondances relatives de > 0 %, ≥ 2 %, ≥ 10 % et ≥ 50 %. Données NAWA TREND 2012 (n=89), 2015 (n=88), 2019 (n=104) et 2023 (n=113).

Exemple de lecture : en 2023, des diatomées non indigènes ont été observées dans environ 65 % des 113 sites étudiés. Dans 40 % des sites, les diatomées non indigènes dépassaient une abondance relative de ≥ 2 % par taxon. Dans 4 % des sites, les diatomées non indigènes ont même atteint une abondance ≥ 50 %.

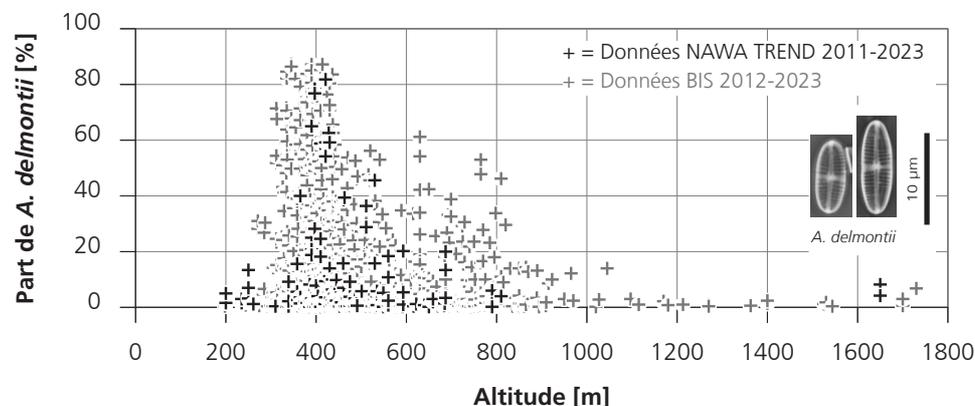


Fig. 5.4 : Occurrences de la diatomée exotique *Achnanthyidium delmontii* en fonction de l'altitude pour les campagnes 2011-2023 en comparaison avec d'autres ensembles de données. Données NAWA TREND 2011-2023 (n=462) et données BIS 2012-2023 (base de données du bureau AquaPlus) (n=1280).

les puissent être considérées comme des espèces exotiques, étant donné qu'elles sont probablement présentes depuis longtemps en Suisse (AquaPlus & PhycoEco 2020).

Abondances relatives La figure 5.3 montre la présence de diatomées exotiques dans environ 9 % des 89 sites examinés lors de la première campagne en 2012, mais les proportions cumulées d'espèces exotiques par site n'ont jamais atteint ≥ 2 % d'abondance relative. Au cours des campagnes suivantes, la proportion de sites abritant des espèces exotiques a fortement augmenté (2015 : 43 %, 2019 : 58 %, 2023 : 64 %). Parallèlement, les proportions relatives de diatomées allochtones ont également augmenté de manière significative.

A. delmontii Le tableau 5.2 montre qu'*Achnantheidium delmontii* a fortement augmenté au fil du temps. Ce taxon a récemment été décrit en France en 2012 (Pères et al. 2012). Avant cette première description, l'espèce a peut-être été attribuée à l'espèce proche *Achnantheidium pyrenaicum*. *A. delmontii* peut atteindre des abondances relatives très élevées et supplanter ainsi les espèces autochtones (figure 5.4). En raison de sa haute fréquence et des fortes abondances relatives qu'elle peut atteindre, cette espèce revêt une grande importance écologique en Suisse.

La figure 5.4 montre la présence d'*A. delmontii* en fonction de l'altitude. Jusqu'à présent, le taxon est surtout présent à basse altitude (< 800 m), souvent avec une abondance très élevée, supérieure à 20 %. Dans les régions alpines, l'abondance relative de ce taxon est pour l'instant < 20 %, voire < 10 % dans la plupart des cas. L'avenir nous dira si l'abondance dans l'espace alpin augmente au fil du temps ou si les conditions y sont défavorables à l'espèce.

5.5 Tératologie

Aperçu Les malformations des valves des diatomées étaient plus fréquentes sur le Plateau et dans le Jura que dans les Alpes. Dans les cours d'eau alpins, les valves étaient rarement malformées et présentaient une proportion plus faible de malformations, comme lors des périodes précédentes 2011-2013, 2015 et 2019. NAWA TREND des années 2011 à 2023 a constaté des formes tératologiques dans environ un tiers des stations (169 sur 462). Ainsi, 73 stations présentaient un taux de malformations $\geq 0,5$ %, 29 un taux de ≥ 1 % et 7 un taux de ≥ 2 %. Le taux le plus élevé était de 4,7 % (Talent, ID 127, VD, 11.03.2011). En 2023, un total de 112 malformations a été constaté chez 24 taxons répartis sur 38 sites (min. : 0.2 %, max. : 1.8 %, moyenne : 0.6 %). La proportion de malformations constatées sur l'ensemble des valves recensées était de 0.2 % en 2023 (0.1 % en 2019, 0.2 % en 2015 et 0.4 % en 2011-2013).

Types de malformation Le tableau 5.3 montre la fréquence d'apparition des types tératologiques valvaires de 2011 à 2023. Le type tératologique 4.1 (contour de la valve déformé et structures internes intactes) a été le plus fréquemment observé, tandis que le type 4.2 (contour de la valve gomphoïde) a été le moins fréquent. Il convient également de noter l'apparition régulière des types 2 (contour de la valve intact, structures internes fortement perturbées) et 3 (contour de la valve déformé et structures internes perturbées), qui caractérisent les malformations graves. Au total, des mal-

formations ont été constatées chez 45 taxons différents. Les cinq taxons pour lesquels le plus grand nombre de malformations a été constaté sont les suivants : *Achnanthydium delmontii*, *A. minutissimum* var. *minutissimum*, *A. pyrenaicum*, *Diatoma vulgare* et *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae*. Le type 4.2 était le plus fréquent chez les trois espèces d'*Achnanthydium*, tandis que les malformations chez *D. vulgare* étaient surtout de type 1. *F. capucina* var. *vaucheriae* était le taxon qui présentait le plus de malformations de tous les types. Au niveau des genres, *Achnanthydium* (y compris *Achnanthes*) a présenté la fréquence la plus élevée de malformations sur l'ensemble de la séquence de 2011 à 2023, avec 99 occurrences, suivi par les genres *Fragilaria* (n=56) et *Diatoma* (n=51).

Tab. 5.3: Présence de formes tératologiques par type de malformation et par taxon, et totaux sur l'ensemble des années étudiées 2011-2023. Seuls les cinq taxons qui présentent le plus de malformations sont représentés. Comme plusieurs formes tératologiques peuvent être présentes dans une localité, le nombre total indiqué ne correspond pas au nombre de stations, mais au nombre d'occurrences. Types de malformation : voir la figure 2.1. Données NAWA TREND 2011-2023 (n=462).

	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4.1	Type 4.2	Nombre d'occurrences
<i>Achnanthydium delmontii</i>	0	1	1	18	1	21
<i>Achnanthydium minutissimum</i> var. <i>minutissimum</i>	1	1	4	31	5	42
<i>Achnanthydium pyrenaicum</i>	5	2	8	12	2	29
<i>Diatoma vulgare</i>	14	6	2	3	0	25
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i>	8	8	12	13	0	41
Nombre de stations en fonction des types de malformations	48	38	34	95	10	

Évolution dans le temps La figure 5.5 montre la proportion de stations dans lesquelles des formes tératologiques ont été observées en fonction des classes de qualité de l'eau déterminées par le DI-CH. Le jeu de données comprend les stations qui ont été échantillonnées en continu sur toute la période des années 2012, 2015, 2019 et 2023. On constate que la proportion de sites présentant des malformations a diminué jusqu'en 2019 et qu'elle a de nouveau augmenté jusqu'en 2023. Il n'est donc pas possible de dégager une tendance claire au fil du temps. En outre, les malformations apparaissent dans toutes les classes de qualité de l'eau. Des analyses effectuées dans 42 exutoires de STEP du canton de Zurich ont toutefois montré que les eaux assainies présentaient majoritairement de nombreuses malformations. Seuls six des 42 échantillons provenant de STEP ne présentaient aucune malformation ou seulement une faible proportion (< 0,5 %). On peut donc supposer que des substances (toxiques) sont probablement souvent responsables de ces malformations.

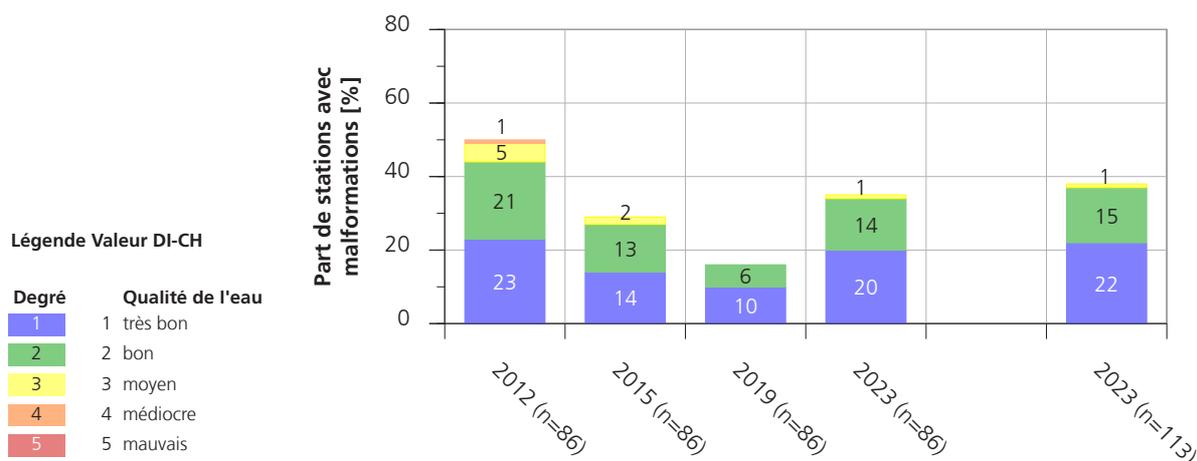


Fig. 5.5 : Fréquence de formes tératologiques en fonction du DI-CH pour toutes les stations échantillonnées en continu au cours des années d'étude 2012-2023 ainsi que pour l'ensemble des données de 2023. Exemple de lecture : en 2011, 60 % de toutes les 20 stations examinées présentaient des formes tératologiques. Les malformations se répartissaient sur les classes de qualité de l'eau comme suit : classe 1 : 30 %, classe 2 : 20 %, classe 3 : 5 %, classe 4 : 5 %, classe 5 : 0 %. Jeu de données de stations échantillonnées en continu de NAWA TREND 2012, 2015, 2019 et 2023 (n=86 pour chaque station). Pour permettre une comparaison directe des observations en continu sur l'ensemble de la séquence, le nombre de stations a été réduit de 88 à 86, car le Salmsacher Ach (ID 73, TG) et le Ron (ID 116, LU) n'ont plus été échantillonnés en 2023. De plus, le jeu de données échantillonné en continu est comparé aux données complètes de NAWA TREND 2023 (n=113).

5.6 Densité des peuplements de diatomées

Aperçu

La densité mesurée des peuplements atteint des valeurs de 0,023 à 23 millions de cellules/cm², l'expérience montrant que des densités de 0.7 à 2 millions de cellules/cm² sont considérées comme normales. De nombreux facteurs différents peuvent influencer la densité des communautés, ce qui en fait un bon indicateur pour détecter des changements majeurs dans un cours d'eau. De faibles densités cellulaires sont souvent observées lorsque la fréquence des perturbations, l'instabilité du lit du cours d'eau et l'ombrage sont élevés. Inversement, des conditions stables et des concentrations élevées de substances favorisant la croissance entraînent souvent des densités de cellules élevées. La figure 5.6 présente des exemples de pierres présentant différentes densités de cellules.

Facteurs d'influences

Le facteur probablement le plus important est la fréquence des perturbations telles que le débit, le courant, le charriage et la turbidité. Celles-ci peuvent être causées par le curage des lacs de retenue, l'exploitation par éclusées, l'extraction de gravier, les orages, la fonte des glaciers ainsi que d'autres événements anthropiques ou naturels. Un autre facteur central est la stabilité du cours d'eau ou du lit. Les substrats fins, qui sont déplacés même à de faibles vitesses d'écoulement, ont tendance à réduire la densité des communautés, tandis que les substrats stables dans le lit favorisent la formation de fortes densités. L'ombrage dû aux formations boisées des rives ou la turbidité jouent également un rôle important et ont tendance à faire baisser les densités des peuplements. Cependant, les différents pigments des diatomées leur permettent de se développer même dans des conditions de faible luminosité, comme c'est le cas en hiver, de sorte que même dans des endroits ombragés, des densités de diatomées élevées peuvent être atteintes. Les toxines peuvent également réduire la densité en cas de contact avec des substances nocives pour les cellules. En revanche, les nutriments ou les char-

ges organiques peuvent entraîner une augmentation de la densité des communautés en aval des stations d'épuration, mais pas nécessairement. D'autres facteurs susceptibles d'influencer la densité sont de nature biologique, comme la consommation par d'autres organismes, la concurrence, les maladies, les formes de vie et le statut de la communauté. Toutes les évaluations réalisées à l'aide de données sur l'utilisation des terres, d'unités de gros bétail ou d'autres indices de qualité de l'eau tels que la valeur DI-CH n'ont montré aucune corrélation avec la densité des diatomées dans NAWA TREND en 2019 et 2023.

Évolution dans le temps La figure 5.7 montre les densités de cellules des jeux de données NAWA TREND 2023, NAWA TREND 2019, NAWA SPEZ 2018 et Vaud 2005-2013. Les données Vaud 2005-2013 proviennent de stations des régions biogéographiques Jura, Plateau et Préalpes, toutes à cours d'eau permanents. Cette similitude avec les stations TREND indique que les méthodes utilisées pour estimer les densités cellulaires sont comparables. L'évolution très similaire entre les séries spéciales et le NAWA TREND est toutefois surprenante et pourrait, dans une certaine mesure, être due au hasard. Comme les quatre séries de données contiennent des échantillons provenant de cours d'eau différents, il est difficile d'interpréter les densités de cellules par station. En comparaison, l'analyse des densités des communautés le long d'un cours d'eau est plus facile à interpréter que l'analyse de stations de différents cours d'eau.



Fig. 5.6 : Visualisation exemplaire de pierres avec différentes densités de cellules de diatomées. Photos NAWA SPEZ 2018 (Aquabug, Neuchâtel) et NAWA TREND 2019 (Ambio, Zurich).

Caractéristiques

La figure 5.7 (A, B) présente sous forme graphique les densités de cellules évaluées statistiquement. Les séries de données NAWA TREND 2019, NAWA TREND 2023 et Vaud 2005-2013 présentent des résultats très similaires, tandis que la série de NAWA SPEZ 2018 s'écarte fortement. NAWA SPEZ montre près de 70 % des échantillons avec des densités de cellules inférieures à 700'000 cellules/cm² (très faibles à modérées), tandis que NAWA TREND montre près de 70 % des échantillons avec des densités supérieures à 700'000 cellules/cm² (normales à très

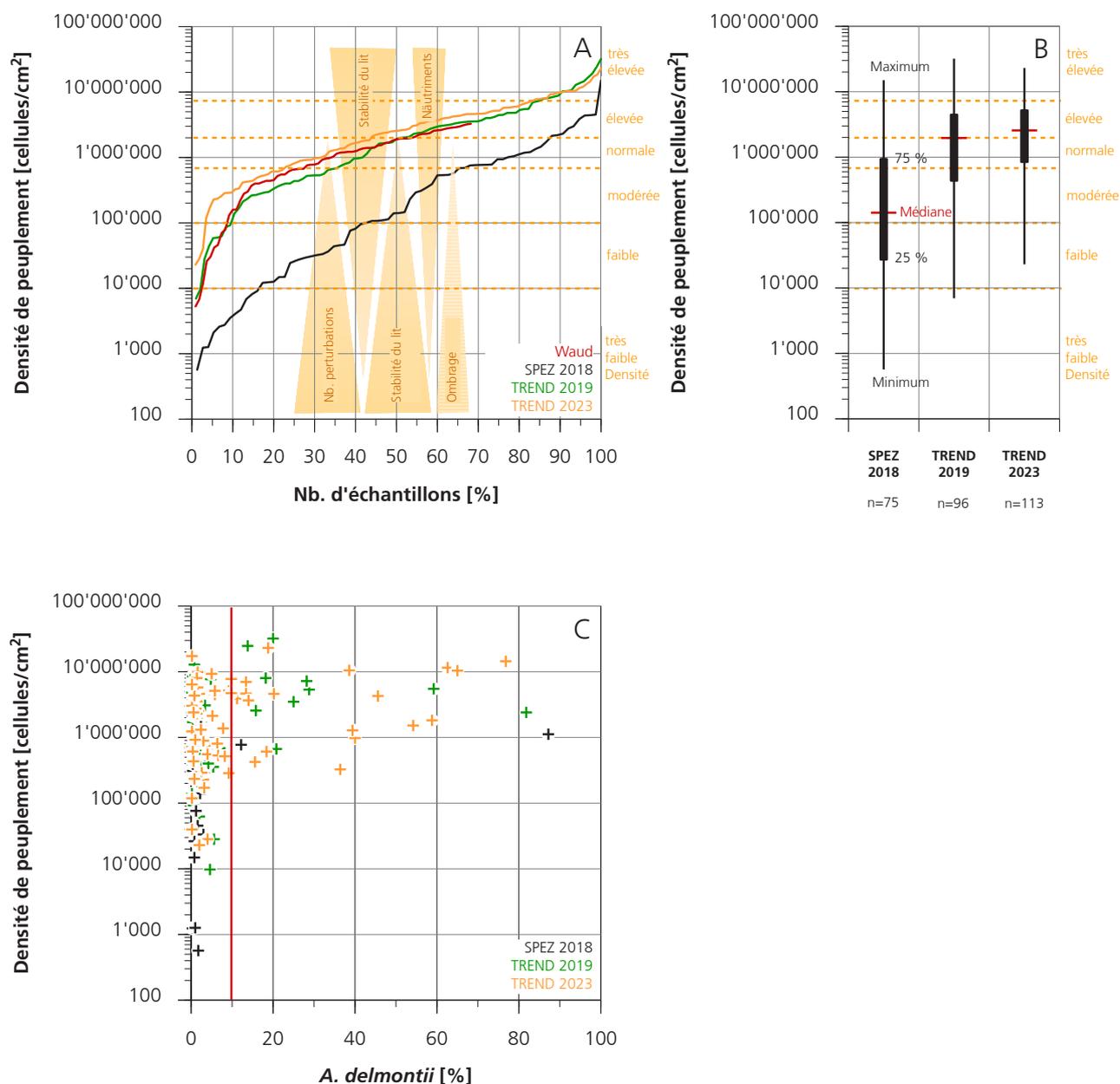


Fig. 5.7 : Densités cellulaires des communautés de diatomées au cours des années d'étude 2019 et 2023 par rapport à d'autres relevés.

Données NAWA SPEZ 2018 (n=83, dont 8 sans données de densité de cellules), NAWA TREND 2019 (n=104, dont 8 sans données de densité cellulaire), NAWA TREND 2023 (n=113), Vaud 2005-2013 (n=110).

A : répartition, sur une échelle logarithmique, des densités de peuplement des données NAWA TREND 2023 et 2019 (AquaPlus & PhycoEco 2021a), NAWA SPEZ 2018 (AquaPlus & PhycoEco 2021b) et Vaud 2005-2013 (Straub et al. 2014). Le nombre d'échantillons est normalisé à 100 %. Les bandes triangulaires brunes indiquent les facteurs importants ayant un impact sur la densité de peuplement, selon la longue expérience de François Straub, PhycoEco, La Chaux-de-Fonds. La subdivision des différentes classes de densité de cellules se base également sur les valeurs empiriques de François Straub.

Exemple de lecture : de faibles densités sont souvent observées lorsque la fréquence des perturbations, l'instabilité du lit du cours d'eau et l'ombrage sont élevés. En revanche, un substrat stable et une teneur élevée en nutriments favorisant la croissance entraînent souvent des densités élevées.

B : comparaison statistique (minimum, percentile 25 %, médiane, percentile 75 %, maximum) de la densité cellulaire des relevés de NAWA SPEZ 2018, NAWA TREND 2019 et 2023.

C : relation entre abondances relatives de la diatomée exotique *Achnantheidium delmontii* et densités de peuplement. Lorsque ce taxon est présent dans un échantillon et que son abondance relative est supérieure à 10 %, la densité cellulaire de la communauté atteint environ ≥ 1 million de cellules/cm².

élevées). L'hétérogénéité des sites de mesure en ce qui concerne les paramètres surface du bassin versant BV, débit, numéro d'ordre des cours d'eau NOCE, catégorie d'eaux usées et utilisation des sols influence la densité des peuplements de diatomées.

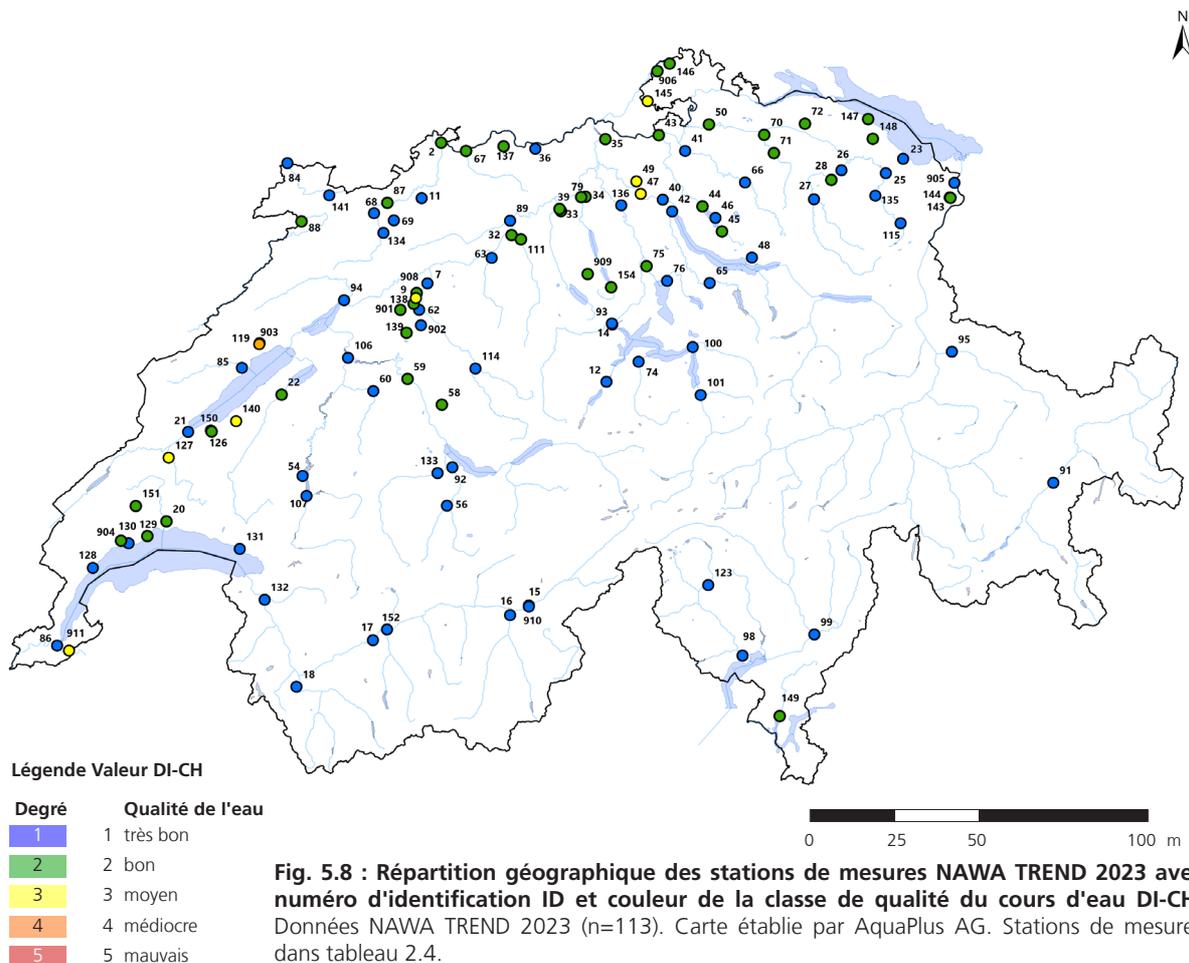
Dépendances

La figure 5.7 (C) montre, à l'aide de la diatomée exotique *Achnantheidium delmontii*, que cette algue peut dominer très individuellement une communauté de diatomées et supplanter les espèces indigènes. Si l'abondance relative de ce taxon était supérieure à 10 %, la densité de colonisation des diatomées dans l'échantillon était souvent d'environ 1 million de cellules/cm² ou plus. Tout dépend des circonstances, si ce taxon exotique évince entre 10 et plus de 80 % des individus indigènes.

5.7 Indication biologique de la qualité de l'eau (DI-CH)

Aperçu

Sur les 113 stations analysées en 2023, 64 (57 %) présentaient un très bon état selon l'indice biologique des diatomées DI-CH, 41 (36 %) un bon état, 7 (6 %) un état moyen et 1 (1 %) un état médiocre. La classe de qualité la plus mauvaise n'a été constatée dans aucune station. Pour les diatomées, 93 % des stations remplissaient les exigences de qualité de l'eau relatives à la charge en nutriments selon l'annexe 2 de l'OEaux. Les stations qui ne remplissaient pas les exigences se trouvaient toutes sur le Plateau et dans le Jura (figure 5.8).



Évolution dans le temps	<p>La figure 5.9 montre la fréquence des classes de qualité DI-CH par campagne d'échantillonnage en 2012, 2015, 2019 et 2023 dans des stations échantillonnées en continu sur toute la période. La distribution ne montre que de faibles variations dans le temps. La part des qualités de classe ≥ 3 (moyenne, médiocre et mauvaise) a toujours été $\leq 10\%$ pour toutes les stations étudiées au cours de l'année, et ce pour chaque campagne. Des qualités de classe 4 (médiocre) ne sont apparues qu'en 2012 et 2023. Sur l'ensemble des sites et des années, 5 % des stations n'ont atteint ni les objectifs écologiques (annexe 1) ni les exigences numériques de qualité de l'eau (annexe 2) selon l'OEaux (1998). Les classes de qualité 1 (très bonne) et 2 (bonne) sont apparues plus fréquemment au fil du temps, tandis que les classes de qualité 3 (moyenne) et 4 (médiocre) ont diminué. L'année 2023 montre une divergence : la fréquence de la classe de qualité 2 a légèrement diminué et celle des classes de qualités 3 et 4 a légèrement augmenté. Cela se reflète également dans l'atteinte des objectifs écologiques fixés à l'annexe 1 de l'OEaux (1998) : en 2012, 9 % n'atteignaient pas les exigences, en 2015, 5 %, en 2019, seulement 1 %, mais à nouveau 6 % en 2023.</p>
Caractéristiques	<p>La figure 5.10 compare les années d'étude 2012, 2015, 2019 et 2023 sur la base des valeurs DI-CH. La comparaison montre que la valeur DI-CH a fortement évolué dans 11 stations sur 113 (environ 10 %). La valeur DI-CH s'est nettement améliorée dans 5 stations et s'est nettement détériorée (± 1 unité) dans 6 stations (figure 5.10, A). Les valeurs DI-CH spécifiques aux stations pour les années 2012, 2015, 2019 et 2023 sont présentées à l'annexe C. Les changements par rapport à la période précédente ont montré tout au plus un changement de qualité d'une classe. Si l'on compare les prélèvements continus des années 2012, 2015, 2019 et 2023, on constate une légère tendance à l'amélioration de la valeur DI-CH (médiane DI-CH ; 2012 : 3.40, 2015 : 3.21, 2019 : 3.23, 2023 : 3.16) (figure 5.10, B). Les premiers quartiles (percentiles 25 %) des années 2015, 2019 et 2023 indiquent une nette amélioration depuis 2012. La raison principale de cette évolution pourrait être liée au taxon <i>Achnanthydium lineare sensu lato</i>. Cette espèce de très petite taille indique une très bonne qualité de l'eau. <i>A. lineare sensu lato</i> est apparue dans 14 stations en 2012 (fréquence entre 0.2 % et 9.2 %, mais jamais comme espèce principale), dans 42 stations en 2015 (fréquence entre 0.2 % et 39.2 %, 11 fois comme espèce principale), dans 36 stations en 2019 (fréquence entre 0.2 % et 36.2 %, 6 fois comme espèce principale) et dans 33 stations en 2023 (fréquence entre 0.4 % et 55.8 %, 7 fois comme espèce principale). Ce taxon est également devenu beaucoup plus fréquent à basse altitude < 500 m à partir de 2015 (2012 : 9 stations, 2015 : 26 stations, 2019 : 26 stations, 2023 : 21 stations), ce qui a une influence directe sur les valeurs de DI-CH. Il est possible que ce taxon indique une qualité d'eau un peu trop bonne avec des valeurs D et G de 1 et 8. Un réétalonnage ciblé pour cette espèce semble donc judicieux, car lors du deuxième étalonnage, elle avait atteint des valeurs D et G comparables à celles du taxon <i>Achnanthes minutissima var. jackii</i>, très proche morphologiquement.</p>
Biogéographie	<p>La figure 5.11 montre la répartition des valeurs de DI-CH en 2012, 2015, 2019 et 2023 dans toutes les stations par région biogéographique. La répartition des classes de qualité a été similaire au cours des différentes périodes. Les stations de classe de qualité 4 (médiocre) qui ne répondaient pas aux exigences écologiques de l'annexe 1 de l'OEaux se trouvaient toutes sur le Plateau et dans le Jura, notamment en 2012 (Talent, ID 127, VD) et en 2023 (Seyon, ID 119, NE). En raison</p>

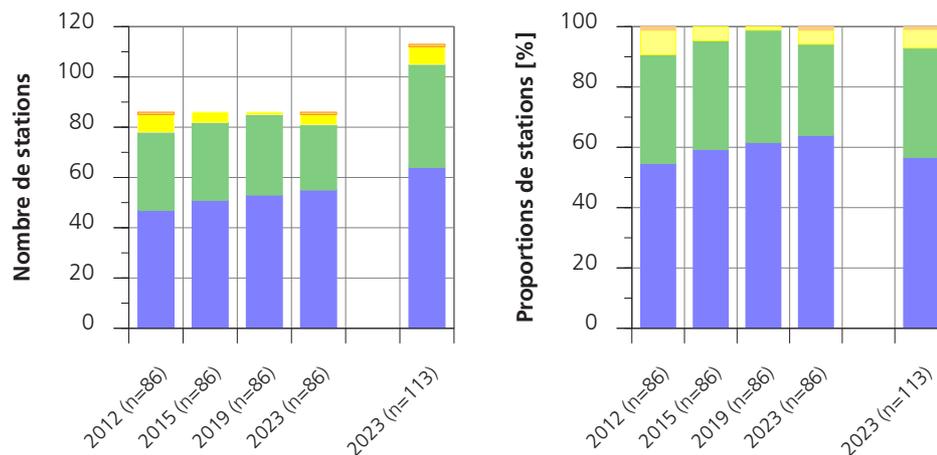


Abb. 5.9 : Fréquence des classes de qualité de l'eau selon les valeurs de l'indice DI-CH pour toutes les stations échantillonnées en continu au cours des années d'étude 2012-2023 ainsi que pour le jeu de données complet de 2023. À gauche : nombre absolu de stations, à droite : proportions relatives. Jeu de données des stations échantillonnées en continu de NAWA TREND 2012, 2015, 2019 et 2023 (n=86 pour chaque station). Pour permettre une comparaison directe des observations continues sur l'ensemble de la séquence, le nombre de stations a été réduit de 88 à 86, car le Salmsacher Ach (ID 73, TG) et le Ron (ID 116, LU) n'ont plus été échantillonnés en 2023. Par ailleurs, le jeu de données échantillonné en continu a été comparé aux données complètes du NAWA TREND 2023 (n=113).

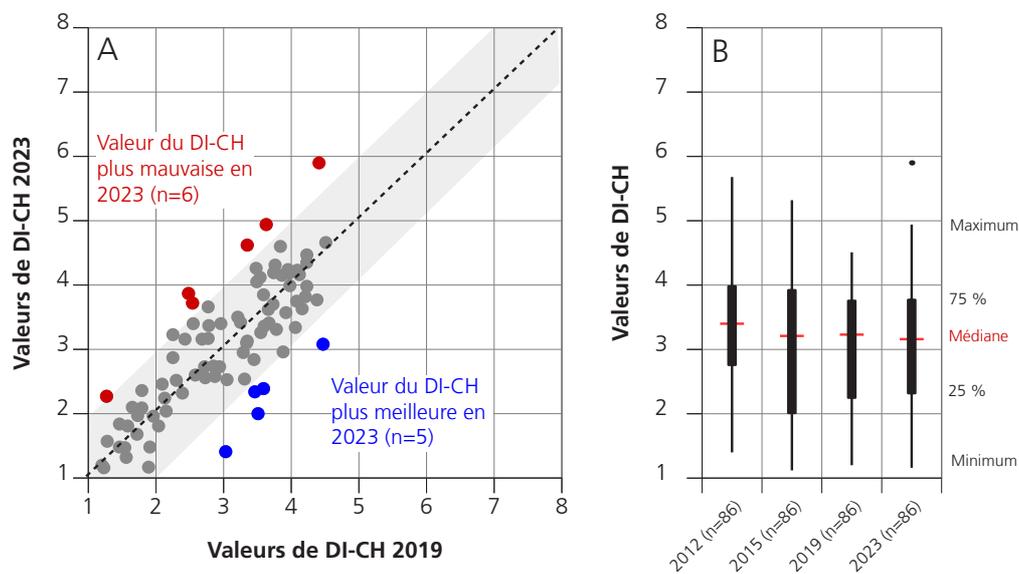


Fig. 5.10 : Répartition des classes de qualité des diatomées dans les stations échantillonnées en continu au cours des années d'étude 2012-2023. Données des stations échantillonnées en continu par NAWA TREND 2012, 2015, 2019 et 2023 (n=86 pour chaque station). A : comparaison des valeurs DI-CH des campagnes de 2019 et 2023 avec indication des écarts les plus importants ($\geq \pm 1$ unité). B : représentation statistique de la distribution des valeurs DI-CH des années 2012, 2015, 2019 et 2023.

du nombre restreint de stations dans la plupart des régions biogéographiques, à l'exception du Plateau (Jura : 14, Versant nord des Alpes : 13, Alpes centrales occidentales : 6, Alpes centrales orientales : 1, Versant sud des Alpes : 4), un changement sur un site a une forte influence sur le pourcentage. Sur le Plateau et dans le Jura, environ 90 % des sites ont obtenu le niveau de qualité 1 (très bon) ou 2 (bon) au cours des quatre périodes d'étude. En revanche, dans les quatre régions alpines, la classe de qualité 1 (très bonne) a presque exclusivement prédominé sur toutes les périodes.

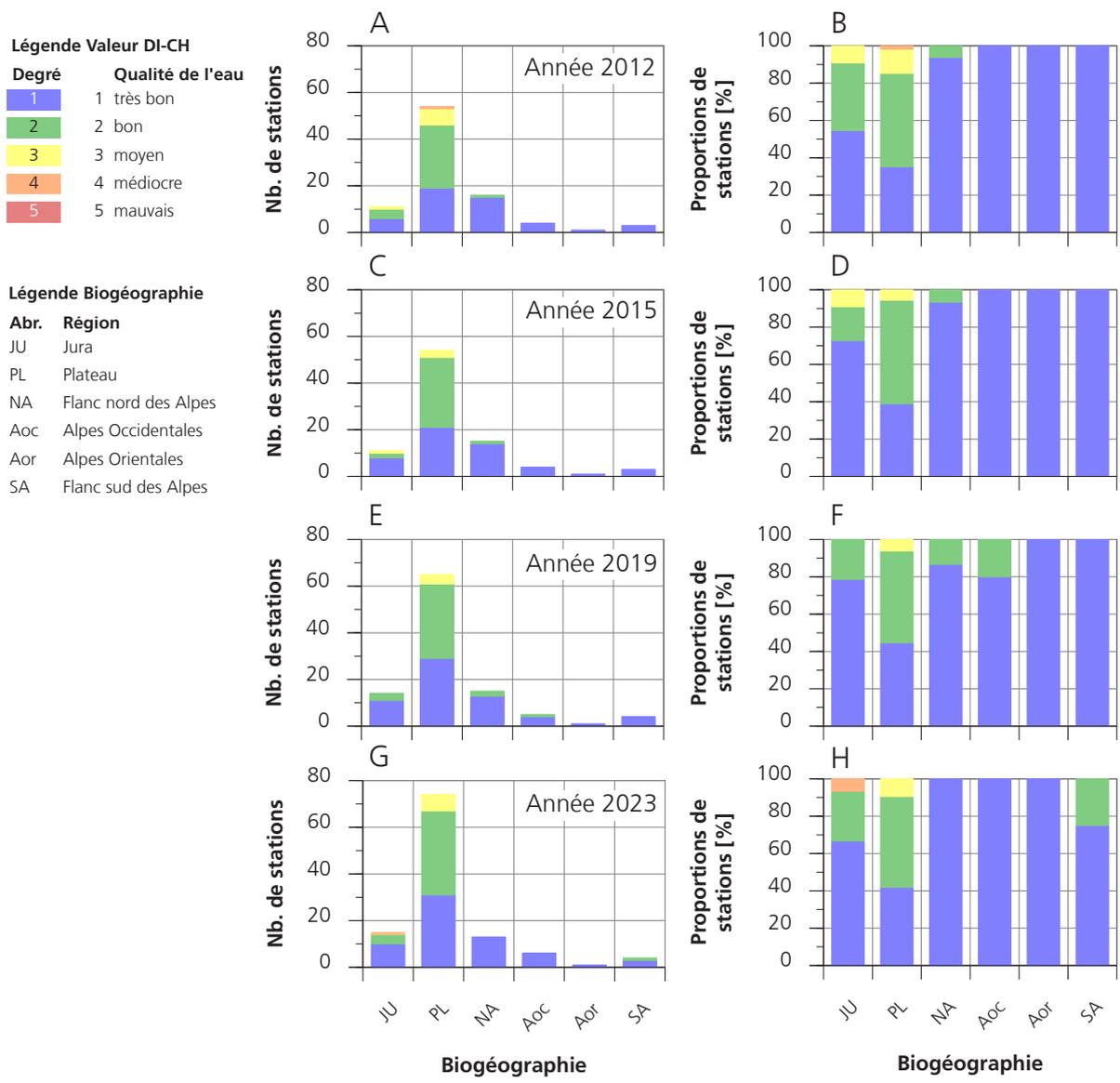


Fig. 5.11 : Fréquence des classes de qualité des diatomées par région biogéographique au cours des années d'étude 2012-2023. À gauche (A, C, E, G) : nombre absolu de stations par classe de qualité DI-CH. À droite (B, D, F, H) : proportions relatives par classe de qualité DI-CH. Données NAWA TREND 2012 (n=89), 2015 (n=88), 2019 (n=104) et 2023 (n=113).

Corrélations

Les données NAWA TREND 2023 n'ont pas montré de corrélations entre la valeur DI-CH et la superficie du bassin versant ou l'indice de débit MQ (figure 5.12, A,

B). Aux endroits dont la superficie du bassin versant est supérieure à 100 km², aucune valeur DI-CH supérieure à 4,5 n'a été observée, à une exception près (Seyon, ID 119, NE). Un schéma similaire a été observé pour l'indice du débit annuel moyen MQ. Aux endroits où le débit est supérieur à 2 m³/s, les valeurs DI-CH étaient toujours inférieures à 4,5, à l'exception de Seyon (ID 119, NE). L'indice de débit MQ dépend d'une part de la taille du bassin versant et sert d'autre part d'indicateur pour la dilution de pollutions potentielles (l'effet de dilution augmente avec le débit). Dans toutes les données des campagnes NAWA TREND 2011-2023, les valeurs DI-CH supérieures à 4,5 ne sont apparues que lorsque l'indice de débit MQ était inférieur à 5 m³/s (rarement inférieur à 10 m³/s). La figure 5.12 (C, D) montre les valeurs DI-CH en fonction du nombre d'unités de gros bétail (UGB) et de la part d'eaux usées dans le débit d'étiage Q₃₄₇. En général, il s'est avéré que la valeur DI-CH était d'autant plus élevée que le nombre d'UGB ou la part d'eaux usées étaient importants. Une part d'eaux usées > 20 % provoque dans la grande majorité des cas des valeurs DI-CH ≥ 3.0. Il en va de même pour la charge en bétail : à partir de 100 animaux par km², une valeur DI-CH ≥ 3.0 a souvent été constatée. Toutefois, des valeurs DI-CH élevées peuvent également être observées lorsque la proportion d'eaux usées ou le nombre d'UGB est plus faible. Il est probable que d'autres facteurs, tels que la surface agricole ou construite et/ou d'autres combinaisons de facteurs, jouent également un rôle. La figure 5.13 montre la variation des valeurs DI-CH en fonction des usages principaux des terres dans le bassin versant de chaque station. Ici aussi, on peut déduire en gros que plus la surface agricole ou construite est importante dans le bassin versant, plus la valeur DI-CH est élevée, ce qui indique un mauvais état des eaux. En revanche, plus la proportion de surfaces improductives est importante dans le bassin versant, plus la valeur DI-CH a tendance à s'améliorer, ce qui indique un meilleur état de l'eau. Aucune tendance ne se dégage pour la surface boisée (forêt).

En résumé, la valeur DI-CH est principalement influencée par des paramètres qui déterminent la qualité chimique classique de l'eau, comme la surface agricole, la surface urbanisée, la charge en eaux usées et le nombre de têtes de bétail.

Évolution dans le temps Pour connaître la variabilité des valeurs DI-CH au cours du temps, les populations de diatomées de 20 stations ont été comparées chaque année entre 2011 et 2015, puis en 2019 et 2023 (tableau 5.4). Il est apparu qu'aucune station ne s'était détériorée au cours de ces six années et que la Drance (ID 18, VS) et le Steinach (ID 23, SG) présentaient une tendance constante à l'amélioration. Les autres stations ont présenté des changements mineurs au fil des années, soit dans la même direction, soit dans des directions opposées. Il n'est pas rare que la valeur DI-CH varie d'une année à l'autre, parfois même dans des directions opposées. Il n'est pas possible de déterminer de manière définitive dans quelle mesure une faible variation de la valeur DI-CH représente une évolution ou une réaction à un changement des conditions environnementales (qualité de l'eau, crues, etc.) ou si elle est simplement due à une variabilité méthodologique (prélèvement d'échantillons, préparation, déterminations). Des tests d'intercalibration avec des comptages à doubles du même échantillon ou des prélèvements multiples sur le même site montrent qu'une variation de la valeur DI-CH de ≥ 0,4 unité permet de conclure à une modification de la communauté de diatomées. Les variations de la valeur DI-CH inférieures à ≤ 0,4 unité ne sont pas nécessairement dues à des ef-

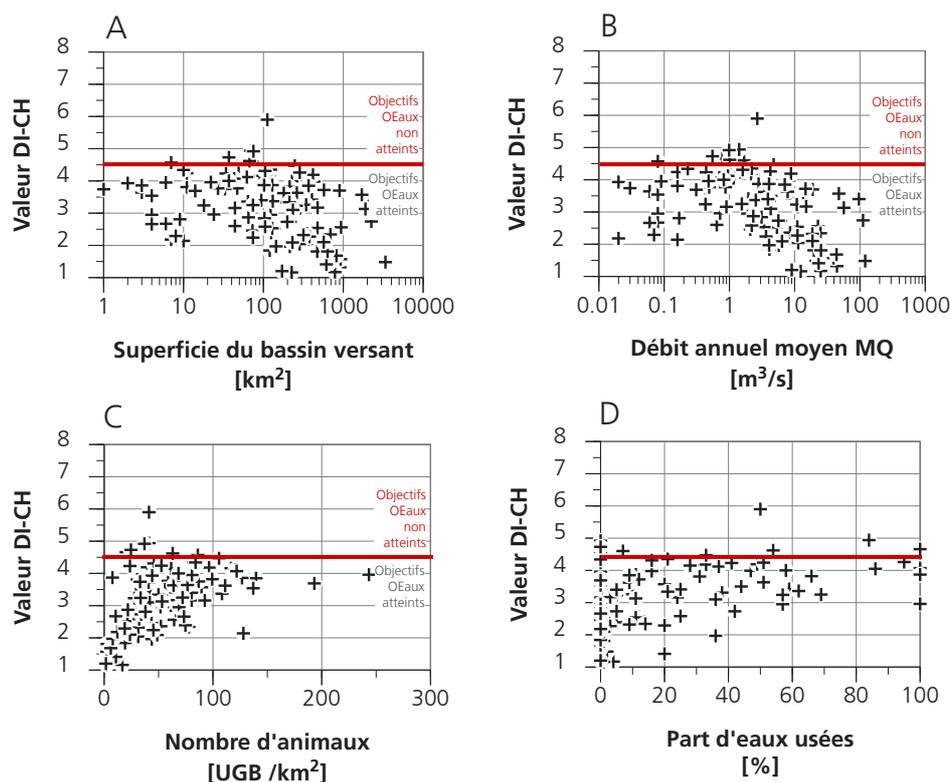


Fig. 5.12 : Relations entre valeurs DI-CH et paramètres sélectionnés. A : superficie du bassin versant (surface totale BV, y compris part à l'étranger), B : débit annuel moyen (MQ), C : nombre d'animaux (unités de gros bétail UGB par km²), D : part d'eaux usées dans le débit d'étéage Q₃₄₇. Données NAWA TREND 2023 (n=113). Les stations dont la part de BV à l'étranger est > 20 % n'ont pas été prises en compte dans l'analyse (ID 086, GE; ID 088, JU).

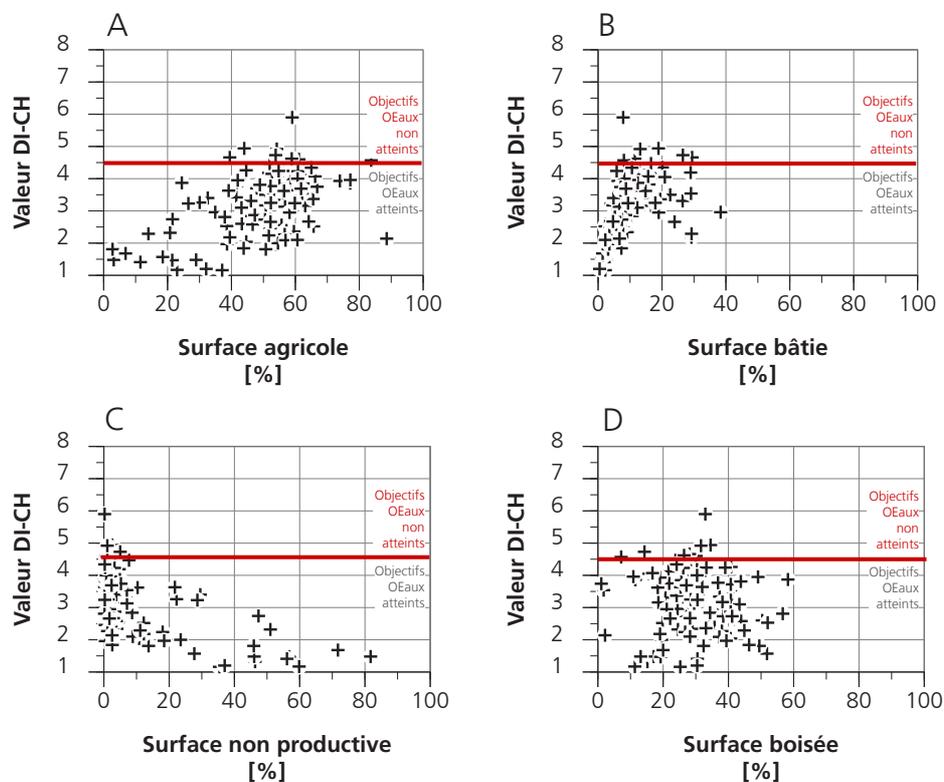


Fig. 5.13 : Relations entre valeurs DI-CH et paramètres sélectionnés. A : surface agricole (y compris espaces verts, champs, vergers et vignes), B : surface bâtie, C : surface non productive, D : surface boisée. Données NAWA TREND 2023 (n=113). Les stations dont la part de BV à l'étranger est > 20 % n'ont pas été prises en compte dans l'analyse (ID 086, GE; ID 088, JU).

fets écologiques, mais peuvent être dues à la méthode. Une tendance à l'amélioration ou à la détérioration ne peut souvent être clairement établie qu'après plusieurs années. Les changements de l'état des eaux peuvent refléter des réactions possibles à des mesures prises dans le bassin versant (telles que l'assainissement des stations d'épuration, l'extensification de l'agriculture, etc.), des modifications de la législation au niveau national (protection des eaux, agriculture, ordonnances sur les substances, etc.) ou des changements environnementaux régionaux/globaux (modèles de précipitations, températures, changement climatique, etc.).

Tab. 5.4: Qualité de l'eau indiquée biologiquement au fil du temps. À gauche : valeurs DI-CH par station. À droite : visualisation des valeurs DI-CH pour identifier une tendance. Le point rouge correspond à la valeur DI-CH la plus élevée et le point bleu à la valeur la plus basse au cours du temps. Données des sites échantillonnés en continu NAWA TREND 2011-2023 (n=20).

Légende Valeur DI-CH

Degré	Qualité de l'eau
1	1 très bon
2	2 bon
3	3 moyen
4	4 médiocre
5	5 mauvais

* La station Salmsacher Aach (ID 73, TG) a été étudiée pour la dernière fois en 2019 dans le cadre d'un mandat supplémentaire.

Cours d'eau	ID	CT	Valeur DI-CH							Visualisation						
			2011	2012	2013	2014	2015	2019	2023	2011	2012	2013	2014	2015	2019	2023
Drance	18	VS	3.1	2.1	1.2	1.6	1.1	1.5	1.5							
Steinach	23	SG	6.0	5.1	4.9	5.3	3.9	3.9	3.0							
Necker	27	SG	2.7	3.7	3.1	2.2	4.1	3.6	2.4							
Bünz	34	AG	3.4	4.1	4.1	4.2	3.9	4.2	4.4							
Furtbach	49	ZH	4.3	3.8	4.4	4.4	4.4	4.5	4.7							
Engstlige	56	BE	2.5	1.8	1.9	1.4	1.8	2.3	2.5							
Chise	58	BE	3.6	4.1	4.1	3.2	4.4	4.0	4.2							
Sense	60	BE	2.5	4.1	2.8	2.7	3.4	1.8	2.4							
Töss	66	ZH	2.0	2.8	2.5	1.7	1.5	3.0	2.5							
Murg	70	TG	3.4	4.0	3.7	4.1	3.9	4.2	3.8							
Salms. Aach*	73	TG	4.2	4.3	4.4	4.2	4.1	3.9	-							
Lorze	76	ZG	2.9	2.9	2.7	2.6	2.1	3.5	2.8							
Areuse	85	NE	2.7	3.1	3.0	1.6	1.6	1.3	2.3							
Doubs	88	JU	3.7	4.0	4.2	3.6	3.2	2.8	3.7							
Muota	100	SZ	2.3	2.3	2.2	2.0	2.4	2.4	2.3							
Sarine	107	FR	2.1	1.8	1.7	1.6	1.8	2.0	1.8							
Sitter	115	AI	2.4	2.5	1.7	2.1	2.3	2.1	2.2							
Talent	127	VD	4.9	5.7	4.7	4.7	5.3	3.4	4.6							
Aubonne	130	VD	3.0	2.6	3.2	2.2	1.2	2.9	2.6							
Simme	133	BE	1.9	1.5	1.3	1.3	1.2	1.7	2.1							

Le tableau 5.5 présente les valeurs DI-CH du canton d'Argovie pour la période de 1996 à 2023 pour chaque station NAWA. Chacun de ces sites a été analysé plusieurs fois depuis 1996, principalement tous les deux à quatre ans. Les prélèvements ont généralement été effectués en été (principalement en août) de 1996 à 2010 et au printemps (mars) à partir de 2011. On constate que l'état de chaque station s'est nettement amélioré et que la moyenne annuelle de toutes les stations est passée d'une valeur DI-CH de 5,6 à 4. A l'exception de la Bünz (ID 34, AG), toutes les stations présentent depuis 2008 une valeur DI-CH < 4,5, ce qui correspond aux classes de qualité 2 (bonne) ou 1 (très bonne). Cela montre clairement que les mesures de protection des eaux, comme l'assainissement des stations d'épuration, ont eu un effet positif sur les diatomées et donc sur une partie des organismes aquatiques. Le cas du canton d'Argovie illustre bien le fait que l'évolution des biocénoses nécessite des relevés à long terme pour pouvoir dégager une tendance. L'apparition d'écarts ponctuels par rapport à la tendance

générale est un phénomène bien connu en biologie de la dynamique des populations. Ces écarts peuvent être causés par des événements naturels (tels que des crues, un charriage, une longue période de chaleur ou de froid, etc.), mais aussi par des processus biologiques (p. ex. une augmentation du broutage, des attaques de parasites, des maladies, etc.).

Tab. 5.5: Qualité de l'eau indiquée biologiquement aux stations NAWA TREND au fil du temps dans le canton d'Argovie. Séquences de valeurs DI-CH des stations NAWA TREND (1996-2023) échantillonnées en continu dans le canton d'Argovie (n=8), sans le Küntenerbach (ID 136, AG) et le Möhlinbach (ID 137, AG) en raison de leur premier échantillonnage en 2019. Données antérieures à 2011 selon AquaPlus (2010). Saison (S : été, F : printemps).

Cours d'eau	ID	CT	Chronologie et saison																			
			1997	1998	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2008	2009	2010	2011	2012	2012	2013	2014	2015	2019	2023
			S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	F	F	F	F	F	F	F	F
Pfaffnern	32	AG		5.0		3.8		3.3		4.2		3.4		4.1		3.9				4.0	4.4	3.8
Wyna	33	AG	6.0		4.8		4.3		4.6		4.3		3.8			3.7				4.1	4.0	4.2
Bünz	34	AG	6.1		5.9		5.0		3.4		3.9			4.8	3.4	4.1	4.6	4.1	4.2	3.9	4.2	4.4
Surb	35	AG	5.2		4.4		4.6		3.9		4.5		4.1			4.3				3.8	3.9	4.2
Sissle	36	AG	5.2		4.3		4.0		4.4			3.4		3.8		3.8				3.7	3.3	3.0
Suhre	39	AG		5.0		5.2		4.4		4.9		4.9		4.1		4.2				3.9	4.2	4.5
Aabach	79	AG		4.9		4.9		5.1		4.9		4.7	4.5			3.8				3.3	3.7	3.6
Wigger	111	AG	5.4		5.0		4.6		5.3			3.9		3.7		4.2				3.9	3.6	3.9
Moyenne par an			5.6	5.0	4.9	4.6	4.5	4.3	4.3	4.6	4.2	4.1	4.1	4.1		4.0				3.8	3.9	4.0

De manière générale, il convient de noter que l'échantillonnage annuel ne couvre pas la variabilité saisonnière, bien que celle-ci joue un rôle important. Des études menées sur les mêmes sites au printemps et en automne montrent que pour environ 75 % des 613 comparaisons (paires d'échantillons sur le même site), la valeur DI-CH était moins bonne en automne qu'au printemps (OFEV 2007a). Cette affirmation est valable pour les stations situées à moins de 1000 m d'altitude. En outre, il convient de mentionner que la valeur DI-CH a été étalonnée à l'aide de paramètres chimiques (OFEV 2007a) et calculée sur la base de communautés épilithiques (encroûtements de pierres) exposées à l'eau du courant. En raison de cette méthodologie particulière, les facteurs écomorphologiques ne jouent aucun rôle ou seulement un rôle secondaire, car les communautés épilithiques sont étudiées dans la zone durablement mouillée du lit du cours d'eau. Les autres substrats tels que la vase, le sable, le gravier fin, le bois, les bryophytes ou les plantes aquatiques ainsi que la zone amphibie des rives ne sont pas pris en compte. De plus, il faut souligner que la méthode a été développée pour déterminer la valeur DI-CH, mais pas pour recenser l'ensemble de la biodiversité. Pour cela, il faudrait échantillonner d'autres substrats que les pierres et compter plus de 500 valves.

L'évaluation détaillée de chaque site peut être consultée dans les commentaires succincts (voir les annexes électroniques du rapport). Les annexes A et B contiennent la liste de toutes les stations de mesure et l'annexe C les principaux résultats de la campagne d'étude 2023.

5.8 Adaptation à la station

Adaptation à la station La figure 5.15 montre le nombre de stations par classe de qualité DI-CH, ainsi que l'adaptation de la communauté de diatomées au site par classe de qualité DI-CH pour les années 2012 (n=89), 2015 (n=88), 2019 (n=104) et 2023 (n=113). Au cours de des quatre années de l'étude, 96 % (2015, 2019), 93 % (2023) et 91 % (2012) des stations étaient dans un bon à très bon état, mais seulement 27 % (2015), 28 % (2012), 18 % (2019) et 16 % (2023) avaient une communauté conforme au site. En particulier dans la classe de qualité 2 (bon état), presque toutes les biocénoses n'étaient pas adaptées au site. Cela signifie que pour ces stations, soit la valeur du DI-CH ou l'abondance relative des taxons indiquant une pollution organique était trop élevée, soit l'abondance des espèces indiquant une eau propre était trop faible, soit la communauté avait une structure atypique et/ou une proportion relative d'espèces exotiques trop élevée (figure 5.14). Dans l'ensemble, sur la base de la valeur DI-CH, les biocénoses relevées dans le cadre des études NAWA satisfont largement aux exigences de qualité de l'eau définies à l'annexe 2 de l'ordonnance sur l'eau. Cependant, les objectifs écologiques de l'annexe 1 de l'OEaux, qui visent à obtenir des biocénoses proches de l'état naturel et typiques du site, n'ont en grande partie pas été atteints.

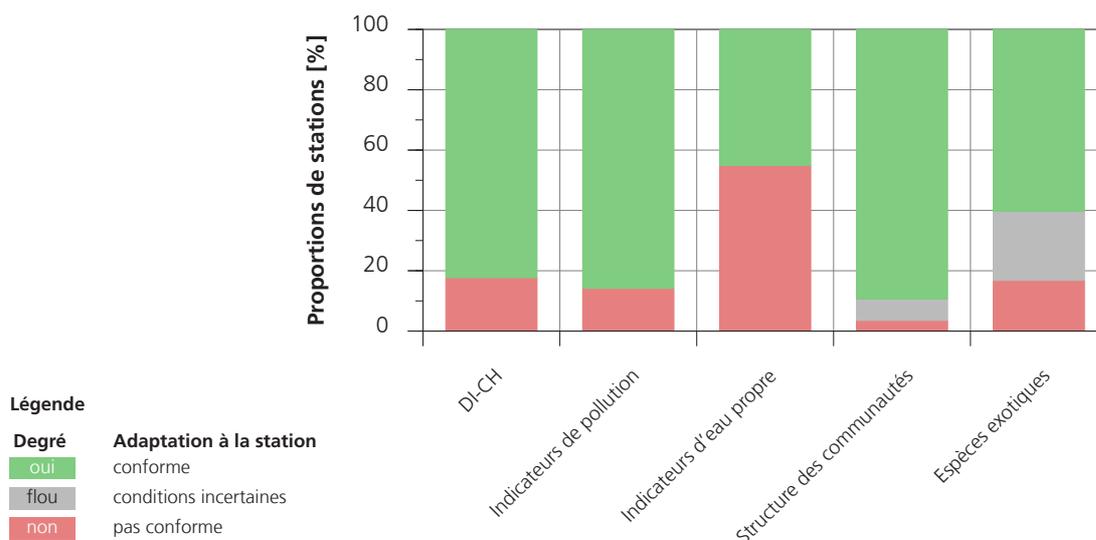


Fig. 5.14 : Adaptation à la station des peuplements de diatomées en 2023. L'histogramme montre le pourcentage de stations conformes au site d'échantillonnage, réparties selon les degrés d'adaptation « conforme », « pas clair » et « pas conforme ». Valeurs caractéristiques de l'adaptation de la communauté au site, voir tableau 2.3. Données NAWA TREND 2023 (n=113).

5.9 Diatomées et aspect général

Aperçu

L'aspect général caractérise, avec ses différents paramètres plutôt agrégatifs, les états momentanés de l'eau courante et du lit du cours d'eau. Conformément à la méthode, les communautés de diatomées sont prélevées de manière ciblée sur des pierres de la taille d'un poing ou d'une tête qui se trouvent dans l'eau. Des facteurs tels que la nature du lit de la rivière, des berges ou la diversité des substrats sont

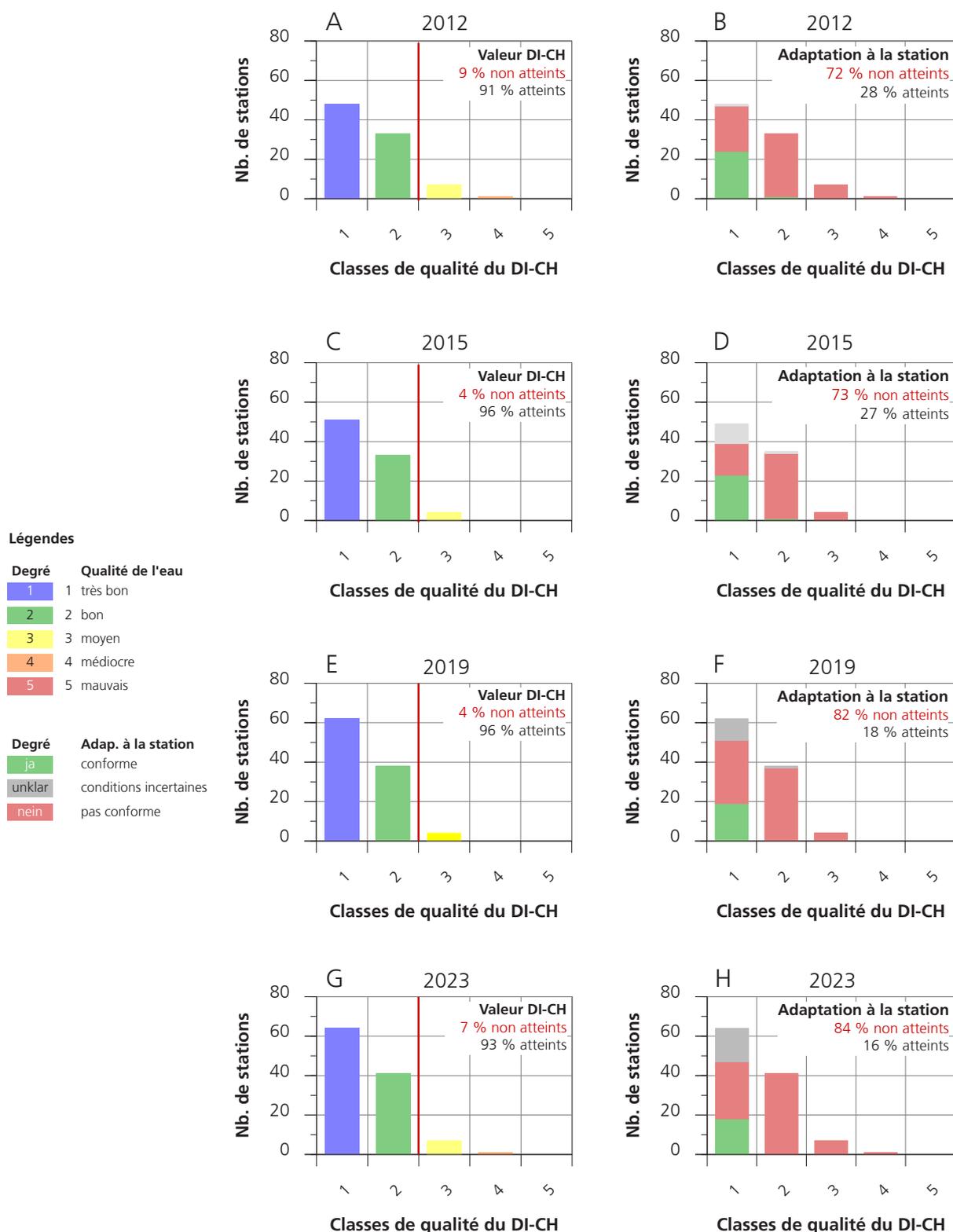


Fig. 5.15 : Répartition de l'adaptation des diatomées à la station en fonction des classes de qualité basée sur la valeur DI-CH pour les années d'étude 2012, 2015, 2019 und 2023. À gauche (A, C, E, G) : nombre de stations par classe de qualité sur la base de la valeur DI-CH. À droite (B, D, F, H) : nombre de stations selon l'adaptation au site (oui, incertain, non) par classe d'état DI-CH. Données NAWA TREND 2012 (n=89), 2015 (n=88), 2019 (n=104) et 2023 (n=113).

moins pris en compte, à l'exception d'un lit très envasé. En ce qui concerne l'aspect général, les diatomées sont plutôt liées à la nature de l'onde qui s'écoule. Et comme ces algues agissent comme des bioindicateurs agrégés et réagissent aux changements de qualité de l'eau sur plusieurs semaines ou mois, on peut supposer que les paramètres de l'aspect général ne fournissent que des indications limitées, similaires à celles des diatomées.

Corrélations

La figure 5.16 (A, B) montre les relations entre les valeurs DI-CH et un paramètre d'eau courante (mousse stable) puis un paramètre du lit du cours d'eau (colmatage). Ces paramètres représentent les aspects du lit mouillé les plus fréquemment affectés. La figure 5.16 (C, D) montre également le rapport entre le nombre d'atteintes dans l'eau ainsi que dans le lit du cours d'eau et les valeurs DI-CH. Les données NAWA TREND 2023 montrent à peine des liens ou de dépendances entre la valeur de l'indice et certains paramètres de l'aspect général (mousse et colmatage, nombre d'atteintes dans l'onde courante et dans lit du cours d'eau).

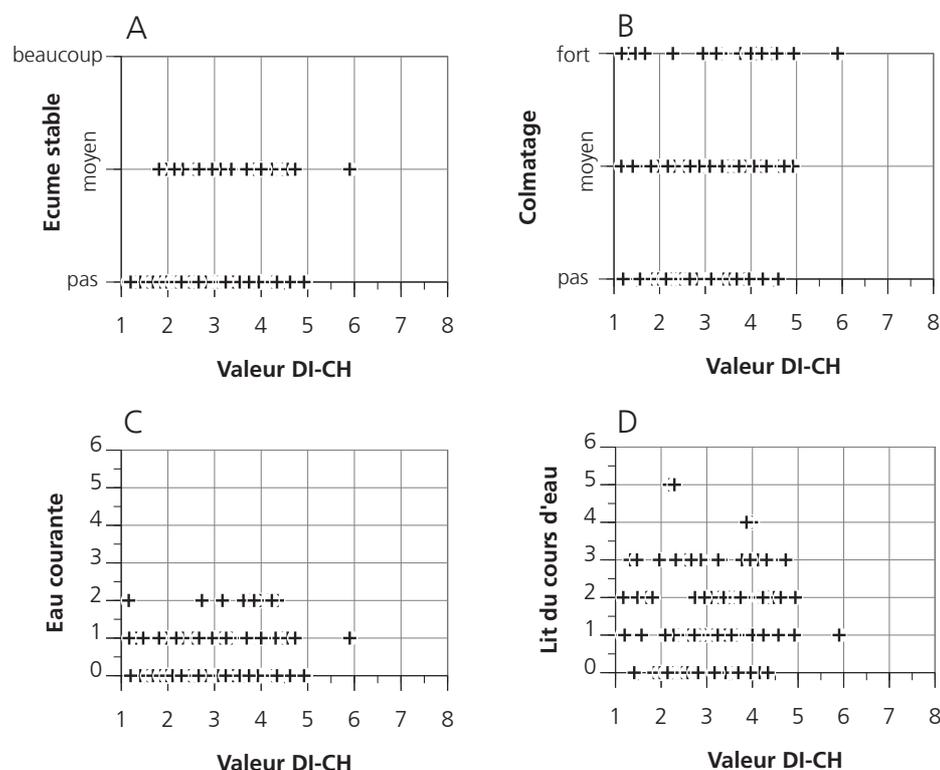


Fig. 5.16 : Relations entre une sélection de paramètres de l'aspect général et les valeurs de DI-CH. Évaluation A : DI-CH et mousse stable (paramètre de l'onde courante), B : DI-CH et degré de colmatage (paramètre du lit mineur), C : DI-CH et nombre d'atteintes à l'eau, D : DI-CH et nombre d'atteintes au lit mineur. Données NAWA TREND 2023 (n=113).

Colmatage

Le fait qu'il n'y ait pas de lien évident avec le colmatage est conforme aux attentes, car les pierres de la taille du poing à une tête utilisées pour l'échantillonnage des diatomées présentent déjà des conditions stables. En outre, il existe de nombreuses causes naturelles ou anthropiques qui peuvent entraîner un colmatage du lit d'un cours d'eau. Des causes naturelles telles que le limon des glaciers, l'écoulement des lacs, l'érosion et les précipitations calcaires d'origine chimique ou bio-

logique peuvent conduire à un lit colmaté, tout comme les lacs de barrage, les boues d'épuration, le drainage des terres ou des routes ou un pavage du lit. Un lit de rivière colmaté est donc l'expression de différents processus écologiques. Pour les organismes qui forment des croûtes biologiques sur le substrat comme les diatomées, les dépôts de limon, de sable fin et de vase sur les surfaces pierreuses ont un impact plus important sur les biocénoses que le colmatage du lit du cours d'eau lui-même. En revanche pour les invertébrés aquatiques qui, selon le groupe taxonomique, dépendent de systèmes d'espaces vides entre les pierres, la réduction de l'espace disponible devrait avoir une influence directe sur la composition de la biocénose.

Autres paramètres D'autres paramètres de l'aspect général, qui se rapportent plutôt à la qualité de l'eau, comme l'odeur des eaux usées, la présence d'organismes hétérotrophes, la teneur en sulfure de fer ou l'envasement du lit du cours d'eau, sont encore trop peu représentés dans le jeu de données NAWA TREND 2023. Il n'est donc pas possible pour l'instant d'établir des corrélations avec ces paramètres.

Perspectives Une autre possibilité d'identifier les liens entre l'aspect général et les communautés de diatomées est l'analyse au niveau des espèces. Il est très probable que certaines espèces soient plus fréquentes si, par exemple, le lit du cours d'eau est envasé (espèces d'eaux usées, espèces de l'épipélon) ou si l'eau est trouble pendant une longue période et a un effet abrasif et obscurcissant sur le phyto-benthos (espèces adaptées à une faible luminosité, espèces adhérant au substrat et étalées à la surface). Une telle analyse nécessite toutefois de nombreux jeux de données avec de nombreux facteurs d'altération correspondants.

5.10 Assurance qualité des analyses de diatomées

Contrôle de qualité Les dix comptages doubles comprenaient des valeurs DI-CH allant de 1,2 à 5,9 pour les comptages réguliers. Les écarts absolus par rapport aux comptages de contrôle (AQ) se situaient entre 0,02 et 0,54 unité DI-CH (tableau 5.6). La moyenne des écarts était de 0,26, la médiane de 0,24 et l'écart-type de 0,18 unité DI-CH. Les valeurs caractéristiques obtenues lors des doubles comptages du projet NAWA TREND 2023 étaient comparables aux différences absolues des périodes précédentes et conformes aux attentes (tableau 5.7). Le coefficient de détermination de la série d'échantillons NAWA TREND 2023 était de $r^2 = 0,945$ (régression comptage régulier versus comptage AQ). En raison de ces très bonnes corrélations, les comptages originaux ont été conservés. Une liste détaillée de toutes les données relatives aux doubles comptages est disponible dans les annexes C et D. Les résultats des doubles comptages sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tab. 5.6: Résultats des doubles comptages de dix échantillons sélectionnés dans le cadre du projet NAWA TREND 2023. Sont indiquées les valeurs DI-CH du comptage régulier et du comptage d'assurance qualité ainsi que la différence entre ces valeurs. Les couleurs correspondent aux classes de qualité selon le module Diatomées de l'OFEV (2007a).

ID ¹	Comptage	Comptage AQ	Différence ²	Mandant
28	4.2	4.0	0.16	OFEV
47	4.9	5.0	0.02	OFEV
74	1.2	1.1	0.05	Canton
85	2.3	1.9	0.37	Canton
86	3.1	3.6	0.54	Canton
119	5.9	5.6	0.32	Canton
138	3.6	3.8	0.16	OFEV
140	4.6	5.0	0.45	OFEV
151	3.9	3.8	0.11	OFEV
901	4.0	4.4	0.43	OFEV

¹ Informations sur les stations, cf. Annexe A. ² Différence absolue entre les valeurs DI-CH.

Tab. 5.7: Résultats du contrôle de qualité des campagnes NAWA TREND 2011-2013, 2015, 2019 et 2023 et NAWA SPEZ 2018 comparés aux résultats des tests d'intercalibration des années 2008-2018. Écart-type = déviation standard.

Caractéristiques	Test 8-18 ¹	NAWA 11-13 ²	NAWA 15 ³	NAWA 18/19 ⁴	NAWA 23
Nombre	76	17	11	10	10
Médiane	0.23	0.24	0.14	0.13	0.24
Écart type	0.19	0.21	0.15	0.07	0.18

¹ Groupe de travail sur la microflore (2018), ² AquaPlus & PhycoEco (2014a), ³ AquaPlus & PhycoEco (2017), ⁴ AquaPlus & PhycoEco (2021a und b).

6 Bilan et perspectives

Aperçu	Le rapport technique NAWA TREND Biologie 2023 du module Diatomées (Diatomées) et Aspect général fournit des informations importantes sur l'état actuel des cours d'eau en Suisse. La comparaison des données avec les campagnes d'analyse précédentes documente les évolutions et les tendances, favorise la compréhension de l'évolution à long terme et permet d'identifier à temps les éventuels défis.
Aspect général	Les analyses de l'aspect général en 2023 montrent que les paramètres de l'eau présentent moins de dégradations que les paramètres du lit du cours d'eau. Les principales causes d'altération sont les déchets, le colmatage et la formation d'écume stable. Par rapport aux périodes précédentes, l'aspect général n'a pas changé de manière significative.
Diatomées	Les analyses des diatomées montrent que 93 % des stations étudiées présentent une qualité biologique de l'eau bonne à très bonne en ce qui concerne la charge en nutriments, avec une légère tendance à l'amélioration au cours des campagnes. Malgré cette évolution positive, il existe des déficits importants en matière d'adaptation des biocénoses aux sites, puisque seules 16 % des stations répondent aux exigences de l'OEaux. La propagation croissante d'espèces exotiques de diatomées en Suisse constitue un problème supplémentaire.
Perspectives	Le rapport technique montre que les efforts déployés jusqu'à présent pour surveiller et améliorer la qualité des cours d'eau ont donné des résultats importants. Cependant, des efforts supplémentaires sont nécessaires dans le domaine de la protection des eaux afin d'atteindre pleinement les objectifs écologiques. La poursuite du projet NAWA TREND Biologie apporte une contribution importante à la surveillance de l'état et à l'amélioration à long terme de la qualité des eaux en Suisse. Face aux changements induits par le changement climatique, tels que la réduction des débits, la modification des taux de dilution des eaux usées et l'assèchement temporaire des cours d'eau, la surveillance continue des diatomées en tant que bioindicateurs est indispensable. Alors que la concentration en nutriments dans les cours d'eau suisses s'est légèrement améliorée au cours des campagnes NAWA, les changements liés au climat pourraient modifier la tendance à l'avenir. Parallèlement, l'espèce exotique <i>Achnanthydium delmontii</i> se propage, évinçant les espèces indigènes par des proportions relatives élevées et modifiant la dynamique écologique. Les diatomées devraient donc continuer à faire partie intégrante des futures campagnes de surveillance.

7 Bibliographie

- AquaPlus (2010) : Kieselalgen in Fließgewässern des Kantons Aargau. Zusammenfassende Auswertungen. Orientierungsuntersuchungen der Jahre 2002 bis 2010 sowie periodische Bestandesaufnahmen an grösseren Bächen der Jahre 1996 bis 2009. Bericht erstellt im Auftrag des Kantons Aargau, Abteilung für Umwelt. 43 S.
- AquaPlus & PhycoEco (2014a) : Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA). NAWA TREND Biologie 2011-2013, Teil Diatomeen Fachbericht, Bericht im Auftrag des BAFU, Bundesamt für Umwelt, Bern, 54 S.
- AquaPlus & PhycoEco (2014b) : Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA). Programme de mesures - Biologie / partie Diatomées. Méthodes. Rapport succinct en allemand et français, rapport sur mandat de l'OFEV, Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne, 20 p.
- AquaPlus & PhycoEco (2017) : Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA). NAWA TREND Biologie 2015, Rapport technique Diatomées et Aspect général, sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne, 59 p.
- AquaPlus & PhycoEco (2020) : Gebietsfremde Algen in der Schweiz - Grundlagen und Situationsanalyse. Bericht im Auftrag des BAFU, Bundesamt für Umwelt, Bern, 61 S.
- AquaPlus & PhycoEco (2021a) : Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA). NAWA TREND Biologie 2019, Rapport technique Diatomées et Aspect général, sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne, 58 p. + 5 annexes.
- AquaPlus & PhycoEco (2021b) : Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA). NAWA SPEZ Biologie 2018, Teil Diatomeen Fachbericht, Bericht im Auftrag des BAFU, Bundesamt für Umwelt, Bern, 56 S.
- Association Suisse pour l'Étude de la Microflore (2018) : Journées d'études des taxa critiques pour l'indice diatomique DI-CH, ateliers avec tests circulaires 2008-2018, Schweizerische Arbeitsgemeinschaft Mikroflora S.A.M. / A.S.E.M., La Chaux-de-Fonds, sans publication.
- Coste, M., Ector, L. (2020) : Diatomées invasives exotiques ou rares en France : Principales observations effectuées au cours des dernières décennies. *Systematics and Geography of Plants*. Vol. 70, No. 2 : 373-400.
- Douglas, B. (1958) : The ecology of the attached diatoms and other algae in a small stony stream. *J. Ecol.* 46 : 295-322.
- Falasco, E., Bona, F., Ginepro, M., Hlúbikova, D., Hoffmann, L., Ector, L. (2009) : Morphological abnormalities of diatom silica walls in relation to heavy metal contamination and artificial growth conditions. *Water SA* 35 (5) : 595-606.
- OEaux (1998) : Ordonnance sur la protection des eaux du 28 octobre 1998 (État du 1er février 2023), RS 814.201.
- OFEV (2007a) : Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Diatomées Niveau R (région). État de l'environnement no. 0740. Office fédéral de l'environnement, Berne. 132 p.

- OFEV (2007b). Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Aspect général. L'environnement pratique no. 0701. Office fédéral de l'environnement, Berne. 43 p.
- OFEV (2013) : NAWA – Observation nationale de la qualité des eaux de surface. Cours d'eau. Office fédéral de l'environnement, Berne. Connaissance de l'environnement n° 1327 : 72 p.
- Pérès, F., Barthès, A., Ponton, E., CEST-CHe, M., Ten-Hage, L., Le Cohu, R. (2012) : *Achnantheidium delmontii* sp. nov., a new species from French rivers. *Fottea* 12 : 189–198.
- Rimet, F., Ector, L. (2006) : Impacts d'un hydrocarbure, le fluoranthène, sur les assemblages de diatomées benthiques et la morphologie de leur frustule en microcosme. *Diatomania* 10 : 42-47.
- Rimet, F., Heudre D., Matte J.L., Mazuer P. (2006) : Qualité de l'eau des rivières du bassin houiller en 2006, évaluée au moyen des diatomées : estimation de la pollution organique, trophique, minérale et toxique. Rapport DIREN Lorraine, 57 S.
- Shannon, C., Weaver, W. (1949) : The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press. Urbana.
- Strahler, A.N. (1952) : Dynamic basis of geomorphology. In : Geological Society of America Bulletin 63/1952, Seiten 923–938.
- Straub, F. (1981) : Utilisation des membranes filtrantes en téflon dans la préparation des Diatomées épilithiques. *Cryptogamie Algol.* 2 : 153.
- Straub, F., Derleth-Sartori, P., Lods-Crozet, B. (2014). Les diatomées (algues silicatées), indicatrices de la qualité des cours d'eau vaudois : synthèse 2005 à 2013. *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 94 (1) : 73-106.

Ouvrages de détermination

- Hofmann, G., Lange-Bertalot, H., Werum, M. (2013) : Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. 2. korrigierte Auflage. Koeltz Scientific Books, Königstein. 908 S.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. (1986) : Bacillariophyceae. 1. Teil : Naviculaceae. In : Ettl, H., Gerloff J., Heynig H., Mollenhauer D. (Eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/1. Gustav Fisher Verlag, Jena. 876 S.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. (1991a) : Bacillariophyceae. 3. Teil : Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In : Ettl, H., Gerloff J., Heynig H., Mollenhauer D. (Eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/3. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, Jena. 576 S.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. (1991b) : Bacillariophyceae. 4. Teil : Achnantheaceae, kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema*. Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4. In : Ettl, H., Gerloff J., Heynig H., Mollenhauer D. (Eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/4. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York. 436 S.

Krammer K., Lange-Bertalot H. (2007) : Bacillariophyceae. 2. Teil : Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In : Ettl, H., Gerloff J., Heynig H., Mollenhauer D. (Eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/2. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, New York. 596 S.

Lange-Bertalot, H., Metzeltin, D. (1996) : Oligotrophie-Indikatoren. 800 Taxa repräsentativ für drei diverse Seen-Typen. Kalkreich - Oligodystroph - schwach gepuffertes Weichwasser. Iconographia Diatomologica Volume 2, Koeltz Scientific Books, Königstein. 390 S.

Pour d'autres ouvrages de détermination, voir le module Diatomées de l'OFEV (2007a). Pour une littérature plus récente, voir les livres et les publications des séries et revues spécialisées suivantes :

- Diatoms of Europe
- Bibliotheca Diatomologica
- Iconographia Diatomologica
- Fottea
- Diatom Research

8 Glossaire et abréviations

Abondance relative	Proportion d'une espèce dans la communauté, valeur exprimée de 0 à 100 %. Calcul : nombre de valves d'une espèce, divisé par le nombre total de valves comptées, multiplié par 100. Les analyses présentées dans ce rapport comportent des comptages de 500 valves.
Diatomée	Unicellulaire végétal à paroi silicatée (algue).
DI-CH	Indice de qualité de l'eau calculé à partir de la composition de la communauté de diatomées conformément au Système modulaire gradué de la Confédération (OFEV 2007a). Pour le calcul du DI-CH, nous utilisons les abondances relatives des espèces, ainsi que leurs valeurs indicatrices D et G.
Valeur D	Valeur indicatrice spécifique entre 1 et 8. 1 = l'espèce vit dans des eaux très propres, 8 = l'espèce tolères aussi des eaux très chargées. Pour des explications détaillées voir OFEV (2007a).
Valeur G	Valeur indicatrice spécifique (poids) qui caractérise le degré de valeur indicatrice d'un taxon dépendant de son amplitude écologique. La valeur est comprise entre 0.5 et 8.
Eau courante	Compartiment d'une rivière dans lequel l'eau est en permanence courante et non pas comme au bord ou dans des branches latérales, où elle est parfois stagnante ou coule lentement.
Équitabilité	Juste équilibre des espèces d'une communauté ou parité des espèces. Plus la valeur d'équitabilité est élevée, meilleure est la répartition des individus entre les espèces. La valeur d'équitabilité varie entre 0 (la répartition est totalement déséquilibrée entre les espèces) et 1 (la répartition est totalement équilibrée). Calcul : $E = H / \log^2(S)$, où E = équitabilité, H = diversité selon Shannon-Weaver (\log^2), S = nombre total d'espèces.
Espèces exogènes	Espèces qui ne sont pas autochtones en Suisse.
Périphyton	Ensemble de la communauté d'êtres vivants qui se développe autour des objets immergés (p. ex. l'épilithon = autour des pierres).
Plancton	Organismes qui vivent en suspension dans les eaux stagnantes et dont le déplacement est conditionné par la direction des courants.
Tératologie	Ensemble des malformations des structures valvaires causées par des facteurs naturels (p. ex. fort rayonnement UV en montagne, carence en silice, etc.) ou anthropiques (p. ex. eaux usées, fortes concentrations de métaux lourds, micropolluants, fortes teneurs salines, radioactivité, etc.).

9 ANNEXES

A Liste des stations de prélèvements

Code de la station, nom du cours d'eau, coordonnées X et Y, altitude, nom de l'opérateur / opératrice, date de l'échantillonnage

B Caractéristiques des stations de mesures

Code de la station, nom du cours d'eau, surface totale du bassin versant, type de Régime d'écoulement, débit annuel moyen MQ, Numéro d'ordre des cours d'eau NOCE, catégorie d'eaux usées par débit Q₃₄₇

C Résultats des dénombrements de diatomées par station

Code de la station, nom du cours d'eau, nombre de taxons, indice de diversité, dominance, tératologie, valeur DI-CH (actuelle et des périodes précédentes)

D Assurance qualité des comptages

Code de la station, nom du cours d'eau, nombre de taxons, indice de diversité, dominance, tératologie, valeur DI-CH

La compilation des données du projet NAWA TREND 2023 avec les données brutes de l'Aspect général et des Diatomées a été transmise à l'OFEV en version électronique. Les données des comptages de diatomées ont en outre été transmises à MIDAT+ DIA.

Tableau A : Liste des stations de mesures NAWA TREND Biologie 2023.

Données NAWA TREND 2023 (n=113). Les déplacements de stations sont traités dans le rapport technique sur le macrozoobenthos.

Code station	Cours d'eau	Coord. X	Coord. Y	Altitude	Opérateur.rice	Date
CH_002_BS	Birs	613496	267409	250	Haberthür Markus	06.03.2023
CH_007_BE	Emme	609445	225330	444	Imesch Christian	01.03.2023
CH_009_SO	Limpach	605997	220876	464	Schmidlin Stephanie	01.03.2023
CH_011_SO	Lüssel	607744	250786	390	Haberthür Markus	06.03.2023
CH_012_OW	Sarner Aa	662647	195819	461	Schmidlin Stephanie	21.02.2023
CH_014_LU	Reuss	664315	212930	430	Schmidlin Stephanie	22.02.2023
CH_015_VS	Rhône	639626	128790	659	Bernard Régine	18.04.2023
CH_016_VS	Vispa	634030	125900	650	Bernard Régine	18.04.2023
CH_017_VS	Rhône	593300	118455	489	Bernard Régine	17.03.2023
CH_018_VS	Dranse	570614	104466	495	Bernard Régine	16.03.2023
CH_020_VD	Venoge	532024	154048	381	Gremaud Jérôme	17.03.2023
CH_021_VD	Thiéle	538389	180827	432	Gremaud Jérôme	31.03.2023
CH_022_VD	Broye	566183	191947	440	Sarbach Nadine	07.03.2023
CH_023_SG	Steinach	750755	262628	409	Fässler Sarah	07.03.2023
CH_025_SG	Sitter	745537	258250	535	Fässler Sarah	07.03.2023
CH_026_SG	Thur	732383	259206	475	Fässler Sarah	03.03.2023
CH_027_SG	Necker	724298	250473	560	Fässler Sarah	03.03.2023
CH_028_SG	Glatt	729400	256250	495	Fässler Sarah	03.03.2023
CH_032_AG	Pfaffnern	634515	239649	405	Birnstiel Emil	06.03.2023
CH_033_AG	Wyna	649071	246917	400	Birnstiel Emil	08.03.2023
CH_034_AG	Bünz	656434	251249	380	Birnstiel Emil	23.03.2023
CH_035_AG	Surb	662285	268508	335	Birnstiel Emil	23.03.2023
CH_036_AG	Sissle	641500	265545	310	Birnstiel Emil	07.03.2023
CH_039_AG	Suhre	648700	247570	380	Birnstiel Emil	08.03.2023
CH_040_ZH	Limmat	679330	250317	397	Steinmann Patrick	07.03.2023
CH_041_ZH	Töss	685998	264982	358	Steinmann Patrick	24.03.2023
CH_042_ZH	Sihl	682105	246843	410	Steinmann Patrick	21.03.2023
CH_043_ZH	Glatt	678123	269619	339	Steinmann Patrick	20.03.2023
CH_044_ZH	Glatt	691163	248330	436	Steinmann Patrick	20.03.2023
CH_045_ZH	Aabach	696928	240805	440	Steinmann Patrick	20.03.2023
CH_046_ZH	Aa	694950	244939	441	Steinmann Patrick	21.03.2023
CH_047_ZH	Reppisch	672809	252051	385	Steinmann Patrick	07.03.2023
CH_048_ZH	Jona	705817	232990	428	Steinmann Patrick	29.03.2023
CH_049_ZH	Furtbach	671505	255848	420	Steinmann Patrick	13.03.2023
CH_050_ZH	Thur	693065	272893	359	Steinmann Patrick	24.03.2023
CH_054_FR	Sionge	572353	167639	684	Gremaud Jérôme	05.04.2023
CH_056_BE	Engstlige	615246	158704	810	Schmidlin Stephanie	06.04.2023
CH_058_BE	Chise	613807	188906	616	Imesch Christian	14.04.2023
CH_059_BE	Gürbe	603555	196625	511	Sarbach Nadine	07.03.2023
CH_060_BE	Sense	593370	193000	549	Sarbach Nadine	07.03.2023
CH_062_BE	Urtenen	606960	217380	486	Gremaud Jérôme	01.03.2023
CH_063_BE	Langete	628600	232897	434	Sarbach Nadine	21.03.2023
CH_065_ZH	Sihl	693293	225364	687	Steinmann Patrick	05.04.2023
CH_066_ZH	Töss	703828	255510	530	Steinmann Patrick	24.03.2023
CH_067_BL	Ergolz	620950	264930	261	Haberthür Markus	06.03.2023
CH_068_JU	Sorne	593577	246286	410	Haberthür Markus	07.03.2023
CH_069_JU	Scheulte	599461	244150	465	Haberthür Markus	07.03.2023
CH_070_TG	Murg	709510	269793	391	Fässler Sarah	02.03.2023
CH_071_TG	Lauche	712330	264343	445	Fässler Sarah	02.03.2023
CH_072_TG	Chemmenbach	721604	273121	419	Uhlmann Viviane	20.03.2023
CH_074_NW	Engelbergeraa	672138	201829	456	Schmidlin Stephanie	21.02.2023
CH_075_ZG	Lorze	674516	230487	390	Schmidlin Stephanie	02.03.2023
CH_076_ZG	Lorze	680595	226069	421	Schmidlin Stephanie	02.03.2023
CH_079_AG	Aabach	655159	251068	365	Birnstiel Emil	09.03.2023

Tableau A : Liste des stations de mesures NAWA TREND Biologie 2023.

Données NAWA TREND 2023 (n=113). Les déplacements de stations sont traités dans le rapport technique sur le macrozoobenthos.

Code station	Cours d'eau	Coord. X	Coord. Y	Altitude	Opérateur.rice	Date
CH_084_JU	Allaine	567887	261272	365	Haberthür Markus	08.03.2023
CH_085_NE	Areuse	554430	199950	445	Stucki Pascal	24.03.2023
CH_086_GE	Arve	499460	116790	375	Cordonier Arielle	02.03.2023
CH_087_JU	Birs	597523	249370	386	Haberthür Markus	07.03.2023
CH_088_JU	Doubs	572188	244219	417	Haberthür Markus	08.03.2023
CH_089_SO	Dünnern	634000	244025	404	Sarbach Nadine	21.03.2023
CH_091_GR	Inn	795320	165548	1650	Jann Beatrice	22.05.2023
CH_092_BE	Kander	616905	170230	620	Schmidlin Stephanie	06.04.2023
CH_093_LU	Kleine Emme	664207	213237	432	Schmidlin Stephanie	29.03.2023
CH_094_BE	La Suze	584763	220291	430	Haberthür Markus	22.03.2023
CH_095_GR	Landquart	765245	204813	560	Uhlmann Viviane	06.03.2023
CH_098_TI	Maggia	703084	113851	200	Jann Beatrice	16.03.2023
CH_099_TI	Moesa	724346	120161	235	Jann Beatrice	30.03.2023
CH_100_SZ	Muota	688257	206189	436	Birnstiel Emil	01.03.2023
CH_101_UR	Reuss	690654	191880	445	Schmidlin Stephanie	24.02.2023
CH_106_BE	Saane	585905	203017	463	Rohr Sarah	29.03.2023
CH_107_FR	Sarine	573540	161640	685	Gremaud Jérôme	14.04.2023
CH_111_AG	Wigger	637194	238503	420	Birnstiel Emil	06.03.2023
CH_114_BE	Emme	623712	199785	640	Sarbach Nadine	14.04.2023
CH_115_AI	Sitter	750019	243282	790	Fässler Sarah	06.04.2023
CH_119_NE	Seyon	559534	207117	635	Stucki Pascal	14.04.2023
CH_123_TI	Maggia	692818	134910	622	Jann Beatrice	29.03.2023
CH_126_VD	Mentue	545390	180900	448	Sarbach Nadine	06.03.2023
CH_127_VD	Talent	532670	173050	439	Gremaud Jérôme	31.03.2023
CH_128_VD	Promenthouse	510084	140075	394	Gremaud Jérôme	15.03.2023
CH_129_VD	Boiron de Morges	526273	149580	372	Gremaud Jérôme	20.03.2023
CH_130_VD	Aubonne	520715	147440	395	Gremaud Jérôme	21.03.2023
CH_131_VD	Veveyse	553755	145728	376	Sarbach Nadine	18.03.2023
CH_132_VD	Grande Eau	561082	130535	386	Sarbach Nadine	18.03.2023
CH_133_BE	Simme	612505	168441	640	Schmidlin Stephanie	06.04.2023
CH_134_BE	La Birse	596389	240411	475	Haberthür Markus	07.03.2023
CH_135_AR	Urnäsch	742503	251590	593	Uhlmann Viviane	06.03.2023
CH_136_AG	Küntenerbach	666969	248640	388	Birnstiel Emil	09.03.2023
CH_137_AG	Möhlinbach	632055	266359	330	Birnstiel Emil	07.03.2023
CH_138_BE	Chrümmlisbach	605723	218782	464	Haberthür Markus	22.03.2023
CH_139_BE	Ballmoosbach	603217	210481	547	Haberthür Markus	22.03.2023
CH_140_FR	Le Bainoz	552620	184072	566	Sarbach Nadine	20.03.2023
CH_141_JU	Ervaratte	580504	251627	490	Haberthür Markus	08.03.2023
CH_143_SG	Zapfenbach	764793	250889	400	Uhlmann Viviane	13.03.2023
CH_144_SG	Mittlerer Seegraben	764600	251002	400	Uhlmann Viviane	13.03.2023
CH_145_SH	Landgrabe	674870	279824	404	Uhlmann Viviane	20.03.2023
CH_146_SH	Beggingerbach	681330	291094	526	Wüthrich Remo	02.03.2023
CH_147_TG	Eschelisbach	740300	274478	400	Uhlmann Viviane	07.03.2023
CH_148_TG	Salmsacher Aach	741763	268543	418	Haberthür Markus	29.03.2023
CH_149_TI	Vedeggio	714110	95680	274	Jann Beatrice	26.03.2023
CH_150_VD	Ruisseau Gi	545151	181272	452	Sarbach Nadine	20.03.2023
CH_151_VD	Le Combagnou	522923	158664	620	Sarbach Nadine	06.04.2023
CH_152_VS	Canal D'Uvrier	597501	121662	491	Bernard Régine	16.03.2023
CH_154_LU	Ron	664050	224110	468	Schmidlin Stephanie	27.04.2023
CH_901_SO	Limpach	601442	217355	466	Imesch Christian	22.03.2023
CH_902_BE	Urtenen	607586	212703	501	Imesch Christian	22.03.2023
CH_903_NE	Sorge	559630	207341	645	Stucki Pascal	14.04.2023
CH_904_VD	Eau Noire de Perroy	518490	148185	437	Gremaud Jérôme	21.03.2023

Tableau A : Liste des stations de mesures NAWA TREND Biologie 2023.

Données NAWA TREND 2023 (n=113). Les déplacements de stations sont traités dans le rapport technique sur le macrozoo-benthos.

Code station	Cours d'eau	Coord. X	Coord. Y	Altitude	Opérateur.rice	Date
CH_905_SG	Äächeli	765893	255377	400	Uhlmann Viviane	13.03.2023
CH_906_SH	Zwärenbach	677768	288829	464	Wüthrich Remo	02.03.2023
CH_908_SO	Mülibach	606241	222405	471	Imesch Christian	22.03.2023
CH_909_LU	Wyna	657021	228067	641	Schmidlin Stephanie	27.04.2023
CH_910_VS	Canal de Brig	639634	128536	659	Bernard Régine	18.04.2023
CH_911_GE	La Seymaz	503069	115384	393	Gremaud Jérôme	15.03.2023

Tableau B : Caractéristiques des stations de mesures NAWA TREND Biologie 2023.

Données NAWA TREND 2023 (n=113). Les déplacements de stations sont traités dans le rapport technique sur le macrozoobenthos.

Surface : Surface du bassin versant total (y compris en dehors de la Suisse)
 MQ : Débit annuel moyen
 NOCE : Numéro d'ordre des cours d'eau selon Strahler (1952)
 Cat. EU : Catégorie d'eaux usées, part des eaux usées en cas d'étiage Q₃₄₇; pas d'indication (n.d.)

Code station	Cours d'eau	Surface [km ²]	Régime d'écoulement	MQ [m ³ /s]	NOCE [≥1..9]	Cat. EU [%]
CH_002_BS	Birs	897	pluvial jurassien	18.85	6	20-50
CH_007_BE	Emme	938	pluvial supérieur	22.73	7	10-20
CH_009_SO	Limpach	72	pluvial inférieur	1.68	5	0-10
CH_011_SO	Lüssel	44	pluvial jurassien	0.64	4	0
CH_012_OW	Sarner Aa	284	nivo-pluvial préalpin	11.33	5	0
CH_014_LU	Reuss	2243	nival de transition	111.53	7	0
CH_015_VS	Rhône	909	a-glacio-nival	44.45	6	0
CH_016_VS	Vispa	786	b-glaciaire	25.03	6	0-10
CH_017_VS	Rhône	3372	a-glacio-nival	120.27	7	0
CH_018_VS	Dranse	676	a-glacio-nival	24.11	6	0-10
CH_020_VD	Venoge	228	nivo-pluvial jurassien	3.94	4	20-50
CH_021_VD	Thiéle	476	nivo-pluvial jurassien	10.97	5	10-20
CH_022_VD	Broye	429	pluvial inférieur	8.20	6	10-20
CH_023_SG	Steinach	24	pluvial supérieur	0.72	4	>50
CH_025_SG	Sitter	289	nivo-pluvial préalpin	11.16	6	20-50
CH_026_SG	Thur	690	nivo-pluvial préalpin	24.90	7	10-20
CH_027_SG	Necker	125	nivo-pluvial préalpin	4.57	6	0-10
CH_028_SG	Glatt	90	pluvial supérieur	2.27	6	20-50
CH_032_AG	Pfaffnern	47	pluvial inférieur	0.87	4	0
CH_033_AG	Wyna	120	pluvial inférieur	2.15	4	20-50
CH_034_AG	Bünz	123	pluvial inférieur	2.20	5	20-50
CH_035_AG	Surb	65	pluvial inférieur	1.03	4	20-50
CH_036_AG	Sissle	123	pluvial jurassien	1.91	5	>50
CH_039_AG	Suhre	247	pluvial inférieur	4.76	5	20-50
CH_040_ZH	Limmat	2186	nivo-pluvial préalpin	96.52	8	0-10
CH_041_ZH	Töss	405	pluvial inférieur	9.16	6	>50
CH_042_ZH	Sihl	343	nivo-pluvial préalpin	13.47	7	0-10
CH_043_ZH	Glatt	417	pluvial inférieur	8.78	6	20-50
CH_044_ZH	Glatt	166	pluvial inférieur	4.33	6	20-50
CH_045_ZH	Aabach	45	pluvial inférieur	1.16	4	>50
CH_046_ZH	Aa	63	pluvial inférieur	1.83	5	20-50
CH_047_ZH	Reppisch	69	pluvial inférieur	1.41	4	>50
CH_048_ZH	Jona	64	pluvial supérieur	2.60	5	>50
CH_049_ZH	Furtbach	38	pluvial inférieur	0.78	4	>50
CH_050_ZH	Thur	1707	pluvial supérieur	47.52	7	10-20
CH_054_FR	Sionge	44	nivo-pluvial préalpin	0.90	4	0
CH_056_BE	Engstlige	136	nival alpin	5.35	5	0-10
CH_058_BE	Chise	49	pluvial supérieur	1.46	4	>50
CH_059_BE	Gürbe	129	pluvial supérieur	2.80	5	10-20
CH_060_BE	Sense	351	nivo-pluvial préalpin	8.52	7	0-10
CH_062_BE	Urtenen	94	pluvial inférieur	1.95	4	20-50
CH_063_BE	Langete	131	pluvial inférieur	2.54	5	0-10
CH_065_ZH	Sihl	259	nivo-pluvial préalpin	10.77	7	0-10
CH_066_ZH	Töss	129	pluvial supérieur	3.40	6	0
CH_067_BL	Ergolz	285	pluvial jurassien	4.24	6	>50
CH_068_JU	Sorne	214	nivo-pluvial jurassien	5.69	5	0
CH_069_JU	Scheulte	73	nivo-pluvial jurassien	2.09	5	0
CH_070_TG	Murg	213	pluvial inférieur	4.11	6	>50
CH_071_TG	Lauche	62	pluvial inférieur	0.95	5	20-50
CH_072_TG	Chemmenbach	33	pluvial inférieur	0.43	4	0-10
CH_074_NW	Engelbergeraa	226	b-glacio-nival	12.37	5	0-10
CH_075_ZG	Lorze	262	pluvial inférieur	7.80	6	>50
CH_076_ZG	Lorze	103	pluvial supérieur	3.11	6	0
CH_079_AG	Aabach	180	pluvial inférieur	3.46	4	0-10

Tableau B : Caractéristiques des stations de mesures NAWA TREND Biologie 2023.

Données NAWA TREND 2023 (n=113). Les déplacements de stations sont traités dans le rapport technique sur le macrozoobenthos.

Surface : Surface du bassin versant total (y compris en dehors de la Suisse)
 MQ : Débit annuel moyen
 NOCE : Numéro d'ordre des cours d'eau selon Strahler (1952)
 Cat. EU : Catégorie d'eaux usées, part des eaux usées en cas d'étiage Q₃₄₇; pas d'indication (n.d.)

Code station	Cours d'eau	Surface [km ²]	Régime d'écoulement -	MQ [m ³ /s]	NOCE [≥1..9]	Cat. EU [%]
CH_084_JU	Allaine	212	pluvial jurassien	4.11	5	20-50
CH_085_NE	Areuse	378	nivo-pluvial jurassien	11.05	4	0-10
CH_086_GE	Arve	1979	nival de transition	0.72	4	k.A.
CH_087_JU	Birs	573	nivo-pluvial jurassien	14.69	6	10-20
CH_088_JU	Doubs	1275	nivo-pluvial jurassien	8.63	5	k.A.
CH_089_SO	Dünnern	234	pluvial jurassien	4.29	5	20-50
CH_091_GR	Inn	616	b-glacio-nival	21.32	6	0-10
CH_092_BE	Kander	487	b-glacio-nival	21.37	6	0-10
CH_093_LU	Kleine Emme	477	nivo-pluvial préalpin	15.00	7	0-10
CH_094_BE	La Suze	216	nivo-pluvial jurassien	6.10	3	0-10
CH_095_GR	Landquart	614	nival alpin	23.30	6	10-20
CH_098_TI	Maggia	927	nival pluvial méridional	39.41	7	0
CH_099_TI	Moesa	472	nivo-pluvial méridional	19.70	5	0
CH_100_SZ	Muota	317	nival de transition	18.69	6	0-10
CH_101_UR	Reuss	820	b-glacio-nival	43.78	6	0
CH_106_BE	Saane	1893	nivo-pluvial préalpin	56.64	8	10-20
CH_107_FR	Sarine	636	nival de transition	25.26	7	0-10
CH_111_AG	Wigger	368	pluvial inférieur	7.05	6	0-10
CH_114_BE	Emme	231	nivo-pluvial préalpin	6.40	6	0
CH_115_AI	Sitter	74	nival de transition	3.64	5	0
CH_119_NE	Seyon	112	nivo-pluvial jurassien	2.67	4	20-50
CH_123_TI	Maggia	171	nival méridional	9.01	5	0
CH_126_VD	Mentue	105	pluvial jurassien	1.60	4	10-20
CH_127_VD	Talent	67	pluvial jurassien	1.01	4	>50
CH_128_VD	Promenthouse	120	nivo-pluvial jurassien	4.10	4	0
CH_129_VD	Boiron de Morges	34	nivo-pluvial jurassien	0.44	3	20-50
CH_130_VD	Aubonne	105	nivo-pluvial jurassien	2.20	4	20-50
CH_131_VD	Veveyse	65	nivo-pluvial préalpin	2.32	5	0
CH_132_VD	Grande Eau	144	nival de transition	4.06	5	20-50
CH_133_BE	Simme	569	nival de transition	18.76	6	0-10
CH_134_BE	La Birse	199	nivo-pluvial jurassien	5.63	5	20-50
CH_135_AR	Urnäsch	94	nivo-pluvial préalpin	3.89	5	0-10
CH_136_AG	Küntenerbach	4	pluvial inférieur	0.08	3	0
CH_137_AG	Möhlinbach	27	pluvial jurassien	0.49	3	0
CH_138_BE	Chrümmlisbach	3	unbest.	0.06	1	0
CH_139_BE	Ballmoosbach	3	pluvial inférieur	0.09	2	0
CH_140_FR	Le Bainoz	7	pluvial jurassien	0.08	3	0
CH_141_JU	Ervaratte	9	pluvial jurassien	0.17	3	0
CH_143_SG	Zapfenbach	4	unbest.	0.08	2	0
CH_144_SG	Mittlerer Seegraber	10	pluvial inférieur	0.16	2	0
CH_145_SH	Landgrabe	75	pluvial inférieur	0.99	4	0
CH_146_SH	Beggingerbach	11	pluvial inférieur	0.16	3	20-50
CH_147_TG	Eschelisbach	2	unbest.	0.02	2	0
CH_148_TG	Salmsacher Aach	43	pluvial inférieur	0.70	4	>50
CH_149_TI	Vedeggio	102	pluvio-nival méridional	4.05	5	>50
CH_150_VD	Ruisseau Gi	6	pluvial jurassien	0.08	2	0
CH_151_VD	Le Combagnou	6	nivo-pluvial jurassien	0.09	3	0
CH_152_VS	Canal D'Uvrier	7	pluvial inférieur	0.02	2	0
CH_154_LU	Ron	22	pluvial inférieur	0.48	3	0
CH_901_SO	Limpach	37	pluvial inférieur	0.82	4	>50
CH_902_BE	Urtenen	74	pluvial inférieur	1.55	3	>50
CH_903_NE	Sorge	18	nivo-pluvial jurassien	0.43	3	>50
CH_904_VD	Eau Noire de Perroy	1	unbest.	0.03	3	0

Tableau B : Caractéristiques des stations de mesures NAWA TREND Biologie 2023.

Données NAWA TREND 2023 (n=113). Les déplacements de stations sont traités dans le rapport technique sur le macrozoobenthos.

Surface : Surface du bassin versant total (y compris en dehors de la Suisse)

MQ : Débit annuel moyen

NOCE : Numéro d'ordre des cours d'eau selon Strahler (1952)

Cat. EU : Catégorie d'eaux usées, part des eaux usées en cas d'étiage Q₃₄₇; pas d'indication (n.d.)

Code station	Cours d'eau	Surface [km ²]	Régime d'écoulement -	MQ [m ³ /s]	NOCE [≥1..9]	Cat. EU [%]
CH_905_SG	Äächeli	4	pluvial inférieur	0.06	3	0
CH_906_SH	Zwärenbach	11	pluvial inférieur	0.16	3	0
CH_908_SO	Mülibach	10	pluvial inférieur	0.23	3	0
CH_909_LU	Wyna	14	pluvial inférieur	0.31	3	0
CH_910_VS	Canal de Brig	8	unbest.	0.07	3	10-20
CH_911_GE	La Seymaz	37	nivo-pluvial jurassien	0.55	3	0

Tableau C : Résultats des analyses des diatomées par station NAWA TREND Biologie 2023.

Taxa : Nombre de taxons (espèces, variétés).
 Diversité H : Diversité H selon Shannon & Weaver (1949), en log de base 2. Plus la valeur est élevée, plus la diversité est grande.
 DS [%] : Dominance = somme des abondances relatives des trois taxons les plus abondants.
 T [%] : Proportion de formes tératologiques (malformations des valves, 100 % = total des valves comptées).
 DI-CH : Valeur de l'indice des diatomées 2012-2023 selon le module Diatomées niveau R de l'OFEV (2007a).
 Couleurs = classes de qualité du cours d'eau selon le système modulaire gradué de l'OFEV (2007a).

Code station	Cours d'eau	Taxa	H	DS	T	DI-CH			
		- 2023	- 2023	[%] 2023	[%] 2023	2012	2015	2019	2023
CH_002_BS	Birs	33	3.8	44	0.4	3.9	3.7	3.7	3.7
CH_007_BE	Emme	34	3.2	70	0.0	3.0	2.8	2.7	2.6
CH_009_SO	Limpach	33	3.1	70	0.0	5.1	4.5	3.8	4.6
CH_011_SO	Lüssel	20	3.0	67	0.4	2.5	2.8	2.6	2.6
CH_012_OW	Sarner Aa	33	3.4	63	0.4	2.1	1.8	2.2	2.0
CH_014_LU	Reuss	56	4.7	37	0.4	2.1	1.8	2.9	2.7
CH_015_VS	Rhône	17	2.4	83	0.0	2.8	1.5	1.6	1.3
CH_016_VS	Vispa	24	2.4	76	0.4	2.4	1.5	1.9	1.2
CH_017_VS	Rhône	23	3.0	63	0.0	2.4	1.3	1.9	1.5
CH_018_VS	Dranse	29	3.3	61	0.6	2.1	1.1	1.5	1.5
CH_020_VD	Venoge	36	3.6	55	0.6	5.0	3.6	4.0	4.0
CH_021_VD	Thiéle	48	4.3	46	0.6	2.6	3.0	3.3	2.5
CH_022_VD	Broye	37	2.7	77	0.2	4.5	4.1	4.2	4.0
CH_023_SG	Steinach	26	2.7	72	0.2	5.1	3.9	3.9	3.0
CH_025_SG	Sitter	31	3.8	51	0.2	3.9	3.7	2.4	3.2
CH_026_SG	Thur	21	3.4	50	0.0	3.4	4.0	3.5	2.3
CH_027_SG	Necker	23	2.9	75	0.0	3.6	4.1	3.6	2.4
CH_028_SG	Glatt	23	2.7	73	0.2	3.9	4.4	4.1	4.2
CH_032_AG	Pfaffnern	41	4.1	42	0.0	3.9	4.0	4.4	3.8
CH_033_AG	Wyna	34	3.6	59	0.4	3.7	4.1	4.0	4.2
CH_034_AG	Bünz	30	3.3	57	0.4	4.1	3.9	4.2	4.4
CH_035_AG	Surb	23	3.3	53	0.6	4.3	3.8	3.9	4.2
CH_036_AG	Sissle	35	3.8	51	0.0	3.8	3.7	3.3	3.0
CH_039_AG	Suhre	45	4.1	53	0.0	4.2	3.9	4.2	4.5
CH_040_ZH	Limmat	17	1.5	86	0.8	2.5	2.0	3.0	3.4
CH_041_ZH	Töss	31	3.5	63	0.4	3.6	3.5	3.3	3.4
CH_042_ZH	Sihl	25	2.5	77	1.2	2.8	2.9	3.5	3.3
CH_043_ZH	Glatt	30	3.5	57	1.2	4.3	4.5	3.7	4.2
CH_044_ZH	Glatt	39	3.6	59	0.4	3.3	3.4	3.2	3.5
CH_045_ZH	Aabach	46	4.1	48	0.8	4.0	4.2	3.5	4.1
CH_046_ZH	Aa	28	3.1	65	0.6	3.8	3.8	3.8	3.3
CH_047_ZH	Reppisch	37	3.5	56	0.0	3.8	4.0	3.6	4.9
CH_048_ZH	Jona	18	1.9	86	0.8	3.4	3.0	3.6	3.4
CH_049_ZH	Furtbach	40	4.1	44	0.6	3.8	4.4	4.5	4.7
CH_050_ZH	Thur	35	3.3	62	0.2	3.8	4.1	3.9	3.6
CH_054_FR	Sionge	22	2.6	81	0.0	3.4	2.5	2.7	3.2
CH_056_BE	Engstlige	33	3.7	55	0.0	1.8	1.8	2.3	2.5
CH_058_BE	Chise	24	3.1	67	0.0	4.1	4.4	3.9	4.2
CH_059_BE	Gürbe	29	3.4	62	0.0	3.2	3.7	2.5	3.9
CH_060_BE	Sense	29	3.4	65	0.0	4.1	3.4	1.8	2.4
CH_062_BE	Urtenen	37	3.5	56	0.0	3.4	4.5	3.7	3.4
CH_063_BE	Langete	32	3.9	45	0.0	4.0	2.7	2.8	3.4
CH_065_ZH	Sihl	32	4.1	44	0.0	2.9	2.9	2.2	3.2
CH_066_ZH	Töss	15	1.5	95	0.0	2.8	1.5	3.0	2.5
CH_067_BL	Ergolz	29	3.2	71	0.0	4.2	5.0	3.5	4.3
CH_068_JU	Sorne	31	3.3	62	0.0	3.4	2.8	2.0	2.0
CH_069_JU	Scheulte	28	2.8	73	0.2	2.6	2.0	2.1	2.5
CH_070_TG	Murg	32	3.3	63	0.0	4.0	3.9	4.2	3.8
CH_071_TG	Lauche	40	3.9	54	0.0	3.7	3.4	3.5	4.1
CH_072_TG	Chemmenbach	25	2.9	72	1.4	3.7	4.0	4.1	3.8
CH_074_NW	Engelbergeraa	24	2.7	76	0.0	2.2	1.7	1.2	1.2
CH_075_ZG	Lorze	32	2.4	76	0.0	4.8	3.6	4.2	3.6
CH_076_ZG	Lorze	26	2.4	80	1.0	2.9	2.1	3.5	2.8
CH_079_AG	Aabach	25	2.9	69	0.0	3.8	3.3	3.7	3.6

Tableau C : Résultats des analyses des diatomées par station NAWA TREND Biologie 2023.

Taxa : Nombre de taxons (espèces, variétés).
 Diversité H : Diversité H selon Shannon & Weaver (1949), en log de base 2. Plus la valeur est élevée, plus la diversité est grande.
 DS [%] : Dominance = somme des abondances relatives des trois taxons les plus abondants.
 T [%] : Proportion de formes tératologiques (malformations des valves, 100 % = total des valves comptées).
 DI-CH : Valeur de l'indice des diatomées 2012-2023 selon le module Diatomées niveau R de l'OFEV (2007a).
 Couleurs = classes de qualité du cours d'eau selon le système modulaire gradué de l'OFEV (2007a).

Code station	Cours d'eau	Taxa	H	DS	T	DI-CH			
		- 2023	- 2023	[%] 2023	[%] 2023	2012	2015	2019	2023
CH_084_JU	Allaine	26	2.6	80	1.8	4.2	4.3	4.1	3.3
CH_085_NE	Areuse	26	2.9	68	0.0	3.1	1.6	1.3	2.3
CH_086_GE	Arve	28	3.8	50	0.0	2.8	3.8	4.5	3.1
CH_087_JU	Birs	35	3.7	52	0.4	3.2	3.5	2.5	3.7
CH_088_JU	Doubs	32	3.9	42	0.0	4.0	3.2	2.8	3.7
CH_089_SO	Dünnern	24	2.7	72	0.0	4.1	3.3	3.3	3.1
CH_091_GR	Inn	34	3.9	50	0.0	1.7	1.9	1.5	1.5
CH_092_BE	Kander	17	2.6	72	0.0	2.9	1.6	3.5	2.0
CH_093_LU	Kleine Emme	29	2.9	65	0.0	3.4	3.2	2.8	3.2
CH_094_BE	La Suze	17	3.5	46	0.0	3.3	3.2	2.7	2.7
CH_095_GR	Landquart	26	3.3	61	0.0	3.1	2.5	3.0	1.4
CH_098_TI	Maggia	25	3.1	62	0.0	1.4	1.1	1.3	1.6
CH_099_TI	Moesa	28	3.4	59	0.0	2.8	1.2	1.6	1.8
CH_100_SZ	Muota	31	3.4	62	0.0	2.3	2.4	2.4	2.3
CH_101_UR	Reuss	32	3.6	56	0.6	2.2	1.1	1.7	1.7
CH_106_BE	Saane	23	2.9	66	0.8	3.1	2.7	3.4	3.1
CH_107_FR	Sarine	29	2.3	81	0.4	1.8	1.8	2.0	1.8
CH_111_AG	Wigger	37	3.8	55	0.0	4.2	3.9	3.6	3.9
CH_114_BE	Emme	25	3.3	63	0.0	3.0	2.3	1.8	2.1
CH_115_AI	Sitter	35	3.7	53	0.0	2.5	2.3	2.1	2.2
CH_119_NE	Seyon	26	3.5	56	0.0	5.3	4.7	4.4	5.9
CH_123_TI	Maggia	24	1.9	86	0.0	1.6	1.1	1.2	1.2
CH_126_VD	Mentue	30	3.5	57	0.4	4.6	4.3	3.8	4.3
CH_127_VD	Talent	29	3.9	44	0.0	5.7	5.3	3.4	4.6
CH_128_VD	Promenthouse	25	2.6	77	0.2	3.1	2.1	1.5	1.8
CH_129_VD	Boiron de Morges	28	3.9	47	0.0	4.7	3.4	4.1	4.2
CH_130_VD	Aubonne	28	3.1	64	0.0	2.6	1.2	2.9	2.6
CH_131_VD	Veveyse	51	4.7	30	0.0	3.5	2.0	2.3	2.9
CH_132_VD	Grande Eau	30	3.9	39	0.0	2.2	1.6	1.7	2.0
CH_133_BE	Simme	16	3.0	61	0.0	1.5	1.2	1.7	2.1
CH_134_BE	La Birse	19	3.6	50	0.0	4.1	3.1	2.9	2.7
CH_135_AR	Urnäsch	30	3.5	61	0.0	2.8	2.9	2.5	3.4
CH_136_AG	Küntenerbach	17	3.1	61	0.0			3.6	3.0
CH_137_AG	Möhlbach	28	3.6	55	0.0			3.5	3.8
CH_138_BE	Chrümmlisbach	23	3.3	59	0.0			3.5	3.6
CH_139_BE	Ballmoosbach	35	4.0	46	0.0			3.1	3.9
CH_140_FR	Le Bainoz	37	3.7	54	0.0			4.5	4.6
CH_141_JU	Ervaratte	30	3.2	60	0.0			2.9	2.8
CH_143_SG	Zapfenbach	39	3.9	53	0.0			2.8	3.5
CH_144_SG	Mittlerer Seegraben	30	3.0	66	0.0			2.8	2.1
CH_145_SH	Landgrabe	26	3.3	59	0.0			4.7	4.9
CH_146_SH	Beggingerbach	27	3.9	40	0.0			3.5	3.8
CH_147_TG	Eschelisbach	24	3.4	57	0.0			3.5	3.9
CH_148_TG	Salmsacher Aach	33	3.7	52	0.0			3.4	4.1
CH_149_TI	Vedeggio	28	3.8	50	0.0			2.7	3.9
CH_150_VD	Ruisseau Gi	12	1.5	88	1.6			4.3	2.7
CH_151_VD	Le Combagnou	27	2.3	86	0.4			4.7	4.0
CH_152_VS	Canal D'Uvrier	21	3.0	62	0.0			4.0	2.2
CH_153_NE	Doubs	-	-	-	-			3.7	-
CH_154_LU	Ron	26	2.9	66	0.0			2.9	4.0
CH_901_SO	Limpach	18	2.8	73	0.0				4.0
CH_902_BE	Urtenen	32	3.8	51	0.0				3.3
CH_903_NE	Sorge	27	3.8	46	0.2				3.2
CH_904_VD	Eau Noire de Perroy	34	2.8	76	0.0				3.7

Tableau C : Résultats des analyses des diatomées par station NAWA TREND Biologie 2023.

Taxa : Nombre de taxons (espèces, variétés).
 Diversité H : Diversité H selon Shannon & Weaver (1949), en log de base 2. Plus la valeur est élevée, plus la diversité est grande.
 DS [%] : Dominance = somme des abondances relatives des trois taxons les plus abondants.
 T [%] : Proportion de formes tératologiques (malformations des valves, 100 % = total des valves comptées).
 DI-CH : Valeur de l'indice des diatomées 2012-2023 selon le module Diatomées niveau R de l'OFEV (2007a).
 Couleurs = classes de qualité du cours d'eau selon le système modulaire gradué de l'OFEV (2007a).

Code station	Cours d'eau	Taxa	H	DS	T	DI-CH			
		- 2023	- 2023	[%] 2023	[%] 2023	2012	2015	2019	2023
CH_905_SG	Äächeli	27	3.1	69	0.0				2.7
CH_906_SH	Zwärenbach	25	3.7	48	0.0				4.2
CH_908_SO	Mülibach	21	3.2	59	0.0				4.3
CH_909_LU	Wyna	29	3.3	62	0.0	pas de données			
CH_910_VS	Canal de Brig	31	3.0	70	0.0				2.3
CH_911_GE	La Seymaz	26	1.7	87	0.0				4.7

Tableau D : Résultats du contrôle de qualité des dénombrements de diatomées NAWA TREND Biologie 2023 (Doubles comptages). Comptage régulier (en haut) et comptage double (en bas).

Taxa : Nombre de taxons (espèces, variétés).
 Diversité H : Diversité H selon Shannon & Weaver (1949), en log de base 2. Plus la valeur est élevée, plus la diversité est grande.
 DS [%] : Dominance = somme des abondances relatives des trois taxons les plus abondants.
 T [%] : Proportion de formes tératologiques (malformations des valves, 100 % = total des valves comptées).
 DI-CH : Valeur de l'indice des diatomées 2012-2023 selon le module Diatomées niveau R de l'OFEV (2007a)
 Couleurs = classes de qualité du cours d'eau selon le système modulaire gradué de l'OFEV (2007a).

Code station	Cours d'eau	Taxa	H	DS [%]	T [%]	DI-CH
CH_028_SG	Glatt	23	2.7	73	0.2	4.2
CH_047_ZH	Reppisch	37	3.5	56	0.0	4.9
CH_074_NW	Engelbergeraa	24	2.7	76	0.0	1.2
CH_085_NE	Areuse	26	2.9	68	0.0	2.3
CH_086_GE	Arve	28	3.8	50	0.0	3.1
CH_119_NE	Seyon	26	3.5	56	0.0	5.9
CH_138_BE	Chrümmlisbach	23	3.3	59	0.0	3.6
CH_140_FR	Le Bainoz	37	3.7	54	0.0	4.6
CH_151_VD	Le Combagnou	27	2.3	86	0.4	3.9
CH_901_SO	Limpach	18	2.8	73	0.0	4.0

Code station	Cours d'eau	Taxa	H	DS [%]	T [%]	DI-CH
CH_028_SG	Glatt	23	2.9	71	1.0	4.0
CH_047_ZH	Reppisch	36	3.5	58	1.4	5.0
CH_074_NW	Engelbergeraa	21	2.3	83	0.2	1.1
CH_085_NE	Areuse	28	2.2	77	0.4	1.9
CH_086_GE	Arve	37	3.6	54	0.0	3.6
CH_119_NE	Seyon	31	3.5	49	0.0	5.6
CH_138_BE	Chrümmlisbach	35	3.7	52	0.2	3.8
CH_140_FR	Le Bainoz	27	3.5	57	0.0	5.0
CH_151_VD	Le Combagnou	28	3.0	72	0.0	3.8
CH_901_SO	Limpach	22	2.7	76	0.8	4.4