

Rapport technique **DIATOMÉES et aspect général**

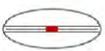
Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Juillet 2017

Document n°. 1311-B-01

Date version initiale 13.1.2017

Date version finale : 12.7.2017

PhycoEco   
Laboratoire d'algologie

Dr. François Straub · Rue des XXII-Cantons 39  
CH-2300 La Chaux-de-Fonds (Suisse)  
fstraub@phycoeco.ch · www.phycoeco.ch

**AquaPlus**

AquaPlus AG · Gotthardstrasse 30 · CH-6300 Zug  
Fon +41 41 729 30 00 · Fax +41 41 729 30 01  
admin@aquaplus.ch · www.aquaplus.ch

---

**Editorial**

Mandant : Office fédéral de l'environnement OFEV, division Eau, CH-3003 Berne. L'OFEV est un service du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC)

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

Auteurs : Joachim Hürlimann (AquaPlus AG)  
François Straub (PhycoEco)

Collaborateurs : Lukas Taxböck, Margrit Ensner Egloff, Ernst Roth (AquaPlus AG)

Remarque : Cette étude et ce rapport ont été réalisés sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Seul le mandataire est responsable du contenu du texte.

## Table des matières

	page
<b>Résumé</b>	<b>1</b>
<b>1 Etat initial, mandat et objectifs</b>	<b>2</b>
<b>2 Fondements, méthodes et procédures</b>	<b>3</b>
2.1 Fondements	3
2.2 Méthodes	5
2.3 Procédures	5
<b>3 Caractéristiques des stations</b>	<b>7</b>
<b>4 Résultats et discussions sur l'aspect général</b>	<b>10</b>
<b>5 Résultats et discussions sur les diatomées</b>	<b>15</b>
5.1 Caractérisation des communautés de diatomées	15
5.2 Composition spécifique	19
5.3 Tératologie	23
5.4 Indications de qualité biologique (valeurs de l'indice DI-CH)	27
5.5 Adaptation à la stations	36
5.6 Diatomées et paramètres chimiques	37
5.7 Diatomées et aspect général	39
5.8 Assurance qualité des analyses de diatomées de 2015	41
<b>6 Recommandations pour l'optimisation et le développement futur du programme NAWA</b>	<b>42</b>
6.1 Stations de mesures	42
6.2 Le module Aspect général	44
6.3 Le module Diatomées	45
6.4 Actualisation de la liste taxonomique	46
<b>7 Bilan</b>	<b>48</b>
<b>8 Bibliographie</b>	<b>49</b>
<b>9 Glossaire et abréviations</b>	<b>52</b>
<hr/>	
<b>Annexes</b>	<b>53</b>
A1: Liste des stations de mesures du programme NAWA 2015	54
A2: Caractérisation des stations de mesures NAWA pour la période de 2011 à 2015	56
B1: Résultats par station NAWA pour 2015	58
B2: Résultats de l'assurance qualité : second comptage pour certaines stations de 2015	59

**Annexes électroniques** : tous les procès-verbaux de terrain et de laboratoire, ainsi que les photos des stations, sont fournis sous forme électronique.

## Résumé

Le rapport ci-dessous fait partie du projet et programme de mesures NAWA TREND biologie. Il comprend les parties **Aspect général** et **Diatomées** de la seconde période d'analyses (année 2015).

Les prélèvements de diatomées ont été réalisés et étudiés dans **88 stations praticables** en 2015, dans lesquelles l'aspect général a aussi été relevé. Les études ont été menées conformément aux modules de l'OFEV Aspect général et Diatomées (Niveau R). Les prélèvements ont été réalisés au printemps conjointement à ceux des invertébrés benthiques.

Pour **l'assurance qualité** tous les intervenants ont participé à un atelier avant le début des campagnes de terrain (prélèvements, procédures). En outre, une liste commune de taxons a été fournie et 11 dénombrements à double ont été réalisés. L'ensemble des calculs d'indices et des interprétations ont été contrôlés. L'ensemble des données, relevés et photographies sont conservés sous forme électronique (4 sauvegardes). Les échantillons de diatomées sont aussi conservés à 3 endroits.

L'**aspect général** de l'eau courante est avant tout perturbé par de la mousse permanente (dans 27% des 88 stations). Les nuisances principales relevées dans le lit des cours d'eau sont les déchets (62 %) et le colmatage (47 %). Ces observations correspondent à ce qui était attendu et concordent avec les résultats d'autres programmes de surveillance.

La **biodiversité** des 88 prélèvements est élevée : les dénombrements de 500 valves par échantillon ont livré **223 taxons**. Cela représente 42% des 526 taxons fréquents en rivières d'Europe centrale.

Des malformations **tératologiques** sont principalement relevées sur le Plateau et dans le Jura. Dans les Alpes, les diatomées ne sont que rarement mal formées, comme nous l'avons déjà trouvé lors de la 1<sup>ère</sup> campagne (2011-2014). Des malformations ont été constatées dans 30 stations, soit 98 valves attribuées à 20 taxons. Par rapport à l'ensemble des 44'000 valves dénombrées, cela correspond à une proportion de 0.2% (1<sup>ère</sup> campagne : 0.4 %). Ainsi la proportion est moindre que pour la période précédente.

Des **valeurs de DI-CH < 4.5** ont été trouvées dans 84 stations (95% des stations). Dans 58% d'entre-elles les eaux sont de très bonne qualité et bonnes dans 37%. Dans les 4 stations restantes, les valeurs de DI-CH indiquent des conditions insatisfaisantes. Bien que dans 95 % des cas les communautés indiquent des eaux de très bonne ou bonne qualité, seules 42 % d'entre-elles sont conformes aux lieux. Ainsi l'indice DI-CH reflète la qualité chimique de l'eau et non pas la conformité typologique des communautés des cours d'eau, comme cela est recommandé par les objectifs écologiques de l'OEaux, annexe 1.

**Tendance** : par rapport à la campagne de 2012 l'aspect général et l'indice DI-CH (diatomées) indiquent une amélioration, qui, d'après le suivi annuel des 20 stations, est probablement une tendance plutôt qu'un hasard.

Les **procédures** ont fait leur preuve. Des ajustements sont proposés pour les modules Aspect général (échelles) et Diatomées (valeurs D et G).

## 1. Etat initial, mandat et objectifs

Le présent rapport est un volet du projet NAWA TREND (OFEV 2013, 2016). Il comprend les parties "Diatomées" et "Aspect général" de 2015, qui constitue la 2<sup>ème</sup> campagne de relevés. Les autres modules biologiques, "Macrophytes", "Macrozoobenthos" et "Poissons", sont traités d'une manière similaire et font l'objet de rapports techniques séparés. L'état initial et la description du présent mandat figurent dans le cahier des charges de l'offre (BAFU 2014) :

*"La loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) oblige, selon l'art. 50, la Confédération et les cantons à examiner les résultats des mesures prises sur la protection des eaux et informer le public sur l'état de celle-ci. L'article 57 oblige la Confédération à effectuer des relevés d'intérêt national sur, entre autres, la qualité des eaux superficielles. Selon l'art. 58, l'exécution des relevés nécessaires à la présente loi incombe aux cantons, qui doivent communiquer les résultats aux services fédéraux compétents.*

*L'observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA) doit atteindre les objectifs suivants :*

- *Une base pour la vue d'ensemble à moyen et long terme de l'état de la qualité des eaux de surface et son évolution ;*
- *Une vue d'ensemble simple, uniformisée et permettant des comparaisons sur tout le territoire national ;*
- *Mise à disposition des données pour l'identification précoce des changements posant problème et pour le pilotage de la politique nationale en matière de protection des eaux ;*
- *Mise à disposition un corpus de données uniformisées pour des études détaillées;*
- *Contrôle de l'efficacité des mesures actuelles et futures appliquées dans la protection des eaux et dans d'autres domaines."*

Le présent mandat porte sur la coordination des relevés diatomées de 2015, la prise des échantillons, la préparation, la détermination des diatomées, l'assurance qualité et l'élaboration d'un rapport technique.

Les aspects suivants sont traités dans le présent rapport :

- Listes des tâches réalisées (méthode appliquée, procédure) ;
- Discussion des résultats de l'aspect général;
- Explications sur l'assurance qualité des analyses des diatomées;
- Evaluation des résultats de 2015 au point de vue des DI-CH, nombre de taxons, diversité, tératologie, espèces dominantes, taxons étrangers, adaptation aux stations, en relation avec l'utilisation du sol, proportion d'eau usée, situation et taille des bassins versants, paramètres chimiques.
- Comparaison des résultats de 2015 avec ceux des relevés précédents 2011-2014 ;
- Bilan et recommandations pour la prochaine campagne de relevés.

## 2 Fondements, méthodes et procédures

### 2.1 Fondements

La base de ce rapport est constituée par les prélèvements de diatomées réalisés en 2015. Les diatomées de 88 stations ont été étudiées. Un récapitulatif des échantillons analysés par année est donné dans le **tableau 2.1**, ainsi que leurs mandants et les opérateurs. La liste des stations étudiées figure dans le **tableau 2.2** et les données de détail qui les concernent se trouvent dans l'**annexe A**. Les listes de dénombrements, ainsi que les brefs commentaires rédigés sur ces listes, ne sont pas donnés en annexe à cause de leur ampleur. Ils sont livrés à l'OFEV sous forme électronique.

**Tab. 2.1 : liste de tous les échantillons de diatomées par année et en totalité, ainsi que leurs mandants, leurs préparations et leurs analyses.**

An-née	Nombre d'échantillons	Mandant	Région, canton	Préparation	Opérateur <sup>1</sup>
2011	10	OFEV	Est	AquaPlus AG	AquaPlus AG
	10	OFEV	Ouest	AquaPlus AG	PhycoEco
2012	8	canton	AG	AquaPlus AG	AquaPlus AG
	4	cantons	NW, OW, SZ, UR	AquaPlus AG	AquaPlus AG
	13	canton	ZH	canton ZH	canton ZH
	32	OFEV	Est <sup>2</sup>	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 <sup>3, 4</sup>	AquaPlus AG	PhycoEco
	<i>97 échantillons en 2012, dont 8 prélevés à double</i>				
2013	10	OFEV	Est	AquaPlus AG	AquaPlus AG
	10	OFEV	Ouest	AquaPlus AG	PhycoEco
2014	10	OFEV	Est	AquaPlus AG	AquaPlus AG
	10	OFEV	Ouest	AquaPlus AG	PhycoEco
2015	8	canton	AG	AquaPlus AG	AquaPlus AG
	2	cantons	SZ, UR	AquaPlus AG	AquaPlus AG
	13	canton	ZH	AquaPlus AG	AquaPlus AG
	28	OFEV	Est <sup>2</sup>	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
	20	OFEV	Ouest <sup>3, 4, 5</sup>	AquaPlus AG	PhycoEco
<i>88 échantillons en 2015, pas de prélèvements à double</i>					
<b>total</b>	<b>245</b>	<b>échantillons de 2011 à 2015 (y compris prélèvements à double)</b>			
<b>Assurance qualité</b>					
2012	8	OFEV	est et ouest AQ terrain : prélèvements à double		
* dont NAWA SPEZ (Mentue mars 2012)					
2012	10	OFEV	est et ouest AQ labo : vérification des comptages		
2015	11	OFEV	est et ouest AQ labo : vérification des comptages		

20 stations ont été échantillonnées chaque année.

AQ = assurance qualité.

<sup>1</sup> Identification, dénombrement, rédaction des commentaires succincts

<sup>2</sup> Est : cantons AI, AR, BL, BS, GR, LU, SG, SO, TG, TI, ZG et VD (Mentue 2012)

<sup>3</sup> Ouest : cantons BE, FR, JU, VS

<sup>4</sup> Lüttschine ID 097 non échantillonnée

<sup>5</sup> Aare ID 055 non échantillonnée

**Tab. 2.2 : liste des stations triées par canton et par code (ID).**

Le nombre de prélèvements est donné pour chaque station par année. Chaque année, des prélèvements ont été réalisés dans 20 des 89 stations. Dans 8 stations, des prélèvements dédoublés ont été réalisés en 2012. En 2015, le prélèvement n'a plus été réalisés à la station Brienzwiler sur l'Aar (CH\_055\_BE).

Canton	ID	Cours d'eau, Lieu	(1)					(2)				
			2011	2012	2013	2014	2015	2011	2012	2013	2014	2015
AG	CH_032_AG	Pfaffnern, Rothrist		1							1	
	CH_033_AG	Wyna, Suhr		1							1	
	CH_035_AG	Surb, Döttingen		1							1	
	CH_036_AG	Sissle, Eiken		1							1	
	CH_039_AG	Suhre, Suhr		1							1	
	CH_079_AG	Aabach, Niederlenz		1							1	
	CH_111_AG	Wigger, Zofingen		1							1	
	CH_034_AG	Bünz, Möriken		1	2	1	1	1				
AI	CH_115_AI	Sitter, Appenzell Sittertal		1	2	1	1	1	1			
AR	CH_135_AR	Urnäsch, Kubel		1							1	
BE	CH_007_BE	Emme, Gerlafingen		1							1	
	CH_055_BE	Aare, Brienzwiler		1								
	CH_056_BE	Engstlige, ob. Frutigen		1	1	1	1	1	1			
	CH_058_BE	Chise, ob. Oberdiessbach		1	1	1	1	1	1			
	CH_059_BE	Gürbe, vor Mündung in Aare		1							1	
	CH_060_BE	Sense, Thörishaus		1	1	1	1	1	1			
	CH_062_BE	Urtenen, bei Schalunen		1							1	
	CH_063_BE	Langete, Mangen, vor Rot		1							1	
	CH_092_BE	Kander, unt. Wfg Hondrich		1							1	
	CH_094_BE	La Suze, Bienne		1							1	
	CH_106_BE	Sarine, Marfeldingen		1							1	
	CH_114_BE	Emme, Emmenmatt		1							1	
	CH_133_BE	Simme, Latterbach		1	1	1	1	1	1			
	CH_134_BE	La Birse, La Roche St. Jean		1							1	
BL	CH_067_BL	Ergolz, Augst		1							1	
BS	CH_002_BS	Birse, Birskopf		1							1	
FR	CH_054_FR	Sionge, Vuippens		1							1	
	CH_107_FR	Sarine, Broc		1	1	1	1	1	1			
GE	CH_086_GE	Arve, Ecole de médecine		1							1	
GR	CH_091_GR	Inn, S-chanf		1							1	
	CH_095_GR	Landquart, Felsenbach		1							1	
JU	CH_068_JU	Sorne, Delémont		1							1	
	CH_069_JU	Scheulte, Vicques		1							1	
	CH_084_JU	Allaine, Boncourt		1							1	
	CH_087_JU	Birse, Les Riedes-Dessus		1							1	
	CH_088_JU	Doubs, Ocourt		1	1	1	1	1	1			
LU	CH_014_LU	Reuss, Lucerne, Sortie du lac		1							1	
	CH_093_LU	Kleine Emme, Littau		1							1	
	CH_116_LU	Ron, Hochdorf		1							1	
NE	CH_085_NE	Areuse, Boudry		1	1	1	1	1	1			
	CH_119_NE	Seyon, Valangin		1							1	
NW	CH_074_NW	Engelbergeraa, Oberdorf		1							1	
OW	CH_012_OW	Sarneraa, Kägiswil		1							1	
SG	CH_023_SG	Steinach, Mattenhof		1	1	1	1	1	1			
	CH_025_SG	Sitter, Leebrugg		1							1	
	CH_026_SG	Thur, Golfplatz		1							1	
	CH_027_SG	Necker, Letzi		1	1	1	1	1	1			
	CH_028_SG	Glatt, Buechental		1							1	
SO	CH_009_SO	Limpach, Kyburg		1							1	
	CH_011_SO	Lüssel, Breitenbach		1							1	
	CH_089_SO	Dünnern, Olten		1							1	
SZ	CH_100_SZ	Muota, Ingenbohl		1	2	1	1	1	1			
TG	CH_070_TG	Murg, Frauenfeld		1	1	1	1	1	1			
	CH_071_TG	Lauche, Matzingen		1							1	
	CH_072_TG	Chemmenbach, Märstetten		1							1	
	CH_073_TG	Salmsacher Aach, Salmsach		1	1	1	1	1	1			
TI	CH_098_TI	Maggia, Locarno							1			1
	CH_099_TI	Moesa, Lumino							1			1
	CH_123_TI	Maggia, Brontallo							1			1
UR	CH_101_UR	Reuss, Attinghausen							1			1
VD	CH_020_VD	Venoge, Les Bois							1			1
	CH_021_VD	Thièle, Yverdon							1			1
	CH_022_VD	Broye, Domdidier							1			1
	CH_126_VD	Mentue, Mauguettaz *							2			1
	CH_127_VD	Talent, Chavornay							1	2	1	1
	CH_128_VD	Promenthouse, Gland, Route Suisse							1			1
	CH_129_VD	Boiron de Morges, Tolochenaz							1			1
	CH_130_VD	Aubonne, Allaman							1	2	1	1
	CH_131_VD	Veveyse, Vevey							1			1
	CH_132_VD	Grande Eau, Aigle							1			1
VS	CH_015_VS	Rhône, Brig							1			1
	CH_016_VS	Vispa, Visp							1			1
	CH_017_VS	Rhône, Sion							1			1
	CH_018_VS	Dranche, Martigny							1	1	1	1
ZG	CH_075_ZG	Lorze, Frauenthal							1			1
	CH_076_ZG	Lorze, Letzi							1	1	1	1
ZH	CH_040_ZH	Limmat, Hönggersteg							1			1
	CH_041_ZH	Töss, Freienstein							1			1
	CH_042_ZH	Sihl, Sihlhölzli							1			1
	CH_043_ZH	Glatt, Rheinsfelden							1			1
	CH_044_ZH	Glatt, Abfluss Greifensee							1			1
	CH_045_ZH	Aabach, Mönchaltorf							1			1
	CH_046_ZH	Aa, Niederuster							1			1
	CH_047_ZH	Reppisch, Dietikon							1			1
	CH_048_ZH	Jona, Rüti							1			1
	CH_050_ZH	Thur, Andelfingen							1			1
	CH_065_ZH	Sihl, Hütten							1			1
	CH_049_ZH	Furtbach, nach ARA Otelfingen							1	2	1	1
	CH_066_ZH	Töss, Rämismühle (Zell)							1	2	1	1

<b>Nombre de stations par année</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>88</b>
<b>Nombre de prélèvements par année</b>	<b>20</b>	<b>97</b>	<b>89</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>88</b>
<b>Nombre de prélèvements dédoublés</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>* Programme NAWA SPE : prélèvements dédoublés dans la Mentue</i>						
<b>Nombre de prélèvements de 2011-2015</b>						<b>245</b>

(1) 1<sup>ère</sup> campagne  
(2) 2<sup>ème</sup> campagne

## 2.2 Méthodes

Les études ont été réalisées conformément aux indications du Système modulaire gradué de la Confédération (OFEFP 1998a).

## 2.3 Procédures

Deux ateliers ont été organisés pour harmoniser les relevés de terrain, afin que ceux-ci soient réalisés conformément au module Diatomées (niveau R) et aux conditions cadre de l'OFEV (détermination des tronçons de rivières, coordonnées, photos, protocoles des relevés de terrain, commentaires brefs, listes de dénombremments, dénominations des fichiers). Il ont eu lieu le 22 janvier 2015 au bord de la Rot (St. Urban, LU) et le 23 janvier 2015 au bord du Talent (Chavornay, VD).

Les **prélèvements** ont été réalisés au printemps conjointement à ceux de macro-zoobenthos. Les stations ont été photographiées en même temps que les prélèvements de diatomées (OFEV 2007a). L'aspect général a été relevé conformément au module OFEV 2007b. Pour le diagnostic des aménagements des rives et du lit des rivières, l'écomorphologie a été relevée conformément au module OFEFP 1998b.

Les phases suivantes, c'est-à-dire la préparation des échantillons, l'identification, le dénombrement et le relevé des formes tératologiques ont été réalisés par des spécialistes des diatomées. Il s'agit de François Straub (PhycoEco), Joachim Hürli-mann, Lukas Taxböck et Margrit Enser Egloff (tous chez AquaPlus AG), ainsi qu'Arielle Cordonier (canton de Genève). **Tous ces intervenants** participent chaque année à l'atelier "*Diatomées*" de l'association S.A.M / A.S.E.M<sup>1</sup> à La Chaux-de-Fonds et réalisent le test d'inter-calibration organisé dans ce cadre.

La **préparation des échantillons** a été réalisée de manière variable :

- chez AquaPlus AG : cuisson avec HCl / cuisson avec H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, adjonction de KNO<sub>3</sub> à chaud
- canton de Genève : adjonction d'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / passage au four à 60 °C pendant 24 heures / adjonction d'HCl
- chez PhycoEco: adjonction d'HCl et d'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> à froid pendant 4-6 semaines.

Les détails concernant ces procédés figurent dans le rapport d'AquaPlus & Phyco-Eco (2014c) et dans Straub (1981). Nous ne savons pas dans quelle mesure ces différents procédés influent sur les résultats. Il faudrait les tester pour le savoir. Nous partons du principe que leur influence est minime sur la composition des assemblages. Par contre, la température du four à moufle ne doit pas être trop élevée, pour éviter des déformations des valves des diatomées.

Le **dénombrement** des échantillons a été réalisé à l'aide des flores valables pour la Suisse et l'Europe centrale. Il s'agit principalement des flores d'Europe centrale (Krammer & Lange-Bertalot 1986-1991 et les nouvelles éditions, Hofmann et al.

---

<sup>1</sup> Journées d'études des taxa critiques pour l'indice diatomique DI-CH. Organisées et conduites par l'Association suisse pour l'étude de la microflore S.A.M. / A.S.E.M. Les organisateurs, Dr. François Straub, PhycoEco et Dr. Joachim Hürli-mann, AquaPlus AG, sont par ailleurs les rédacteurs de ce rapport.

2011) ainsi que la littérature spécialisée pour certains groupes. Pour cela, nous renvoyons aux indications données dans le module Diatomées (niveau R) de l'OFEV et à la bibliographie. L'ensemble des dénombrements ont été réalisés en suivant la nouvelle taxonomie (selon Hofmann et al. 2011).

Le relevé des formes **tératologiques** (malformation des valves) a été effectué selon les 4 types décrits ci-dessous (chap. 5.3) ainsi que dans le rapport d'AquaPlus & PhycoEco (2014c).

L' **assurance qualité** a été réalisée avec les approches suivantes :

- atelier de terrain pour les prélèvements (voir ci-dessus).
- dénombrements dédoublés. : 11 échantillons ont été dénombrés par deux intervenants différents et les listes ainsi que les valeurs des indices ont été comparées.
- échantillons aléatoires : l'ensemble de certaines listes de dénombrements a été contrôlé en fonction de singularités. Au besoin, les listes ont été reprises par examen microscopique.

La **saisie des résultats** a été faite via la banque de données BIS du bureau AquaPlus AG. En outre, chaque liste de comptage a été éditée en format Excel et envoyée à l'OFEV.

L'**archivage** des échantillons préparés ainsi que des préparations microscopiques a été réalisé à trois endroits, c'est-à-dire dans les collections d'AquaPlus AG et de PhycoEco ainsi que dans celle de l'OFEV (conservée à l'heure actuelle auprès d'AquaPlus AG à Zoug en attendant une autre convention avec l'OFEV).

Les **évaluations** ont été faites conformément au module Diatomées (niveau R) de l'OFEV sur la base des fréquences relatives des diatomées. En plus de la valeur de DI-CH (2<sup>ème</sup> étalonnage), le nombre de taxons, la diversité H selon Shannon (log en base 2) et la proportion de formes tératologiques ont été déterminés dans toutes les communautés. Par ailleurs, ces évaluations tant sur le plan taxonomique qu'au niveau des indices ou de la conformité typologique des communautés, ont été appréciées en fonction des objectifs écologiques de la loi (OEaux, annexe 1).

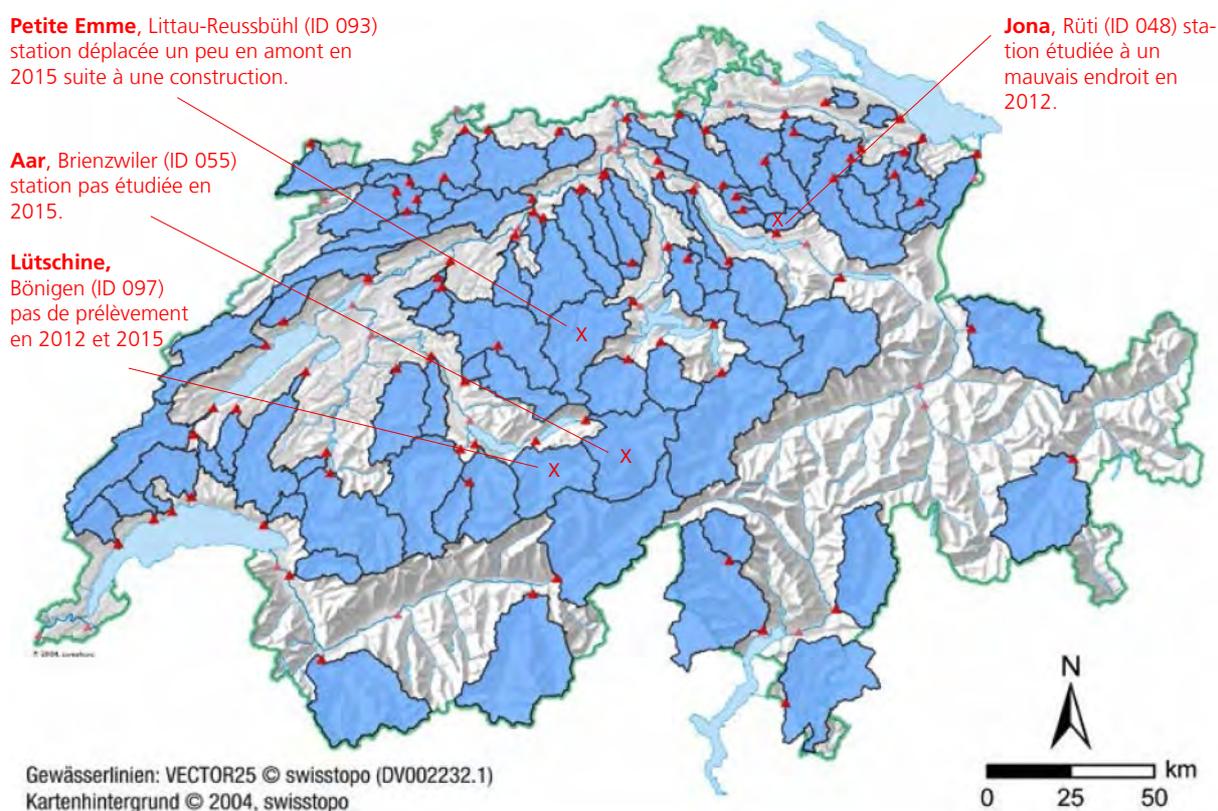
Les évaluations au point de vue des paramètres déterminants sont basées sur le catalogue des caractéristiques des bassins versants (BV) fournis par l'OFEV. Cette compilation donne entre autres pour chaque station la surface et l'altitude moyenne du BV, l'hydrologie, l'écomorphologie, l'utilisation du territoire, la localisation biogéographique et le débit d'étiage. Les mêmes paramètres que dans le rapport de la première campagne ont été utilisés (AquaPlus & PhycoEco 2014d).

### 3 Caractéristiques des stations

Le réseau du programme NAWA comprend 111 stations en tout (**figure 3.1**). Parmi elles, 88 stations praticables ont été étudiées avec les diatomées (**annexe A : tableau A1**). Les fleuves profonds (comme l'Aar, la Linth, le Rhône à Genève, le Rhin antérieur et postérieur, le Haut-Rhin, le Tessin) n'ont pas été étudiés au point de vue biologique, car il manque des méthodes standardisées pour cela.

Deux stations ont été légèrement déplacées en 2015 (voir la **figure 3.1** et le chapitre 5.1). Ces changements n'ont probablement pas eu d'effet marqué sur la qualité des résultats, ni sur les interprétations.

Les intervalles de valeurs de quelques paramètres pour les 88 stations sont présentés **dans le tableau 3.1** et à la **figure 3.2**. Le plus petit bassin versant a une surface de 25 km<sup>2</sup> (Steinach, Mattenhof CH\_023\_SG) et le plus grand 3'372 km<sup>2</sup> (Rhône, Sion CH\_017\_VS). Pour 71 (= 81 %) des 88 tronçons les numéros d'ordre des cours d'eau (NOCE) sont de 4, 5 ou 6. De petits cours d'eau (NOCE 1 et 2), ainsi que les plus grandes rivières de Suisse (NOCE 9) n'ont pas été étudiés.



**Fig. 3.1** : situation géographique des stations étudiées (programme NAWA, triangles rouges) et leur bassin versant (surfaces bleues, sans les bassins versants > 1'000 km<sup>2</sup>). Carte provenant de OFEV (2013).

Des indications détaillées pour chaque station sont données dans l'**annexe B** ainsi que dans le concept publié par l'OFEV (OFEV 2013). Les résultats des autres études chimiques et biologiques figurent dans les rapports spécialisés de chaque module (macrozoobenthos, macrophytes et poissons). Ils peuvent également être consultés pour caractériser les stations.

**Tab. 3.1 : caractéristiques des 88 stations sur la base de quelques paramètres.**

Voir à la fig. 3.2 la représentation des gradients pour toutes les stations.

#### Hydrologie

Q<sub>347</sub>: débit d'étiage

Q<sub>m</sub>: débit moyen annuel

#### Utilisation du sol

Forêt : Surfaces boisées

Agr. Agriculture

S. npr. Surfaces non productives (eaux, végétation et surfaces non productives, glaciers, etc.)

Urb. Urbanisation

UGB Unités de gros bétail par km<sup>2</sup>

#### Autres paramètres

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

Cat. EU : Catégories d'eaux usées, part d'eau usée en débit d'étiage Q<sub>347</sub>

in. : inconnu

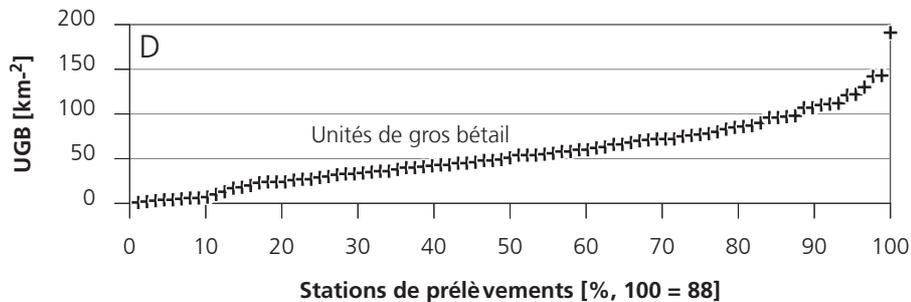
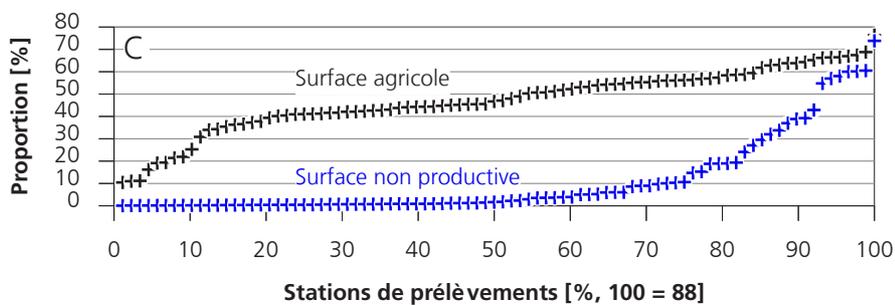
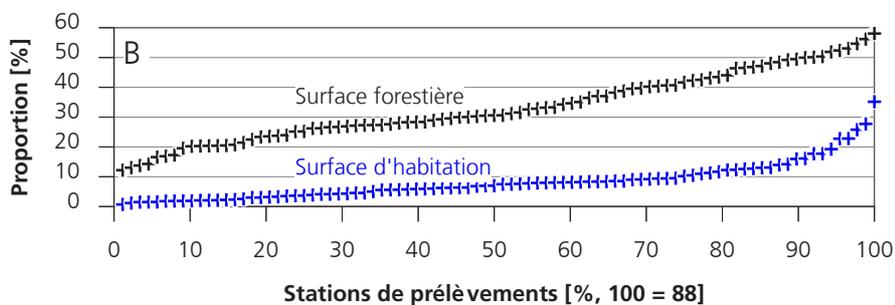
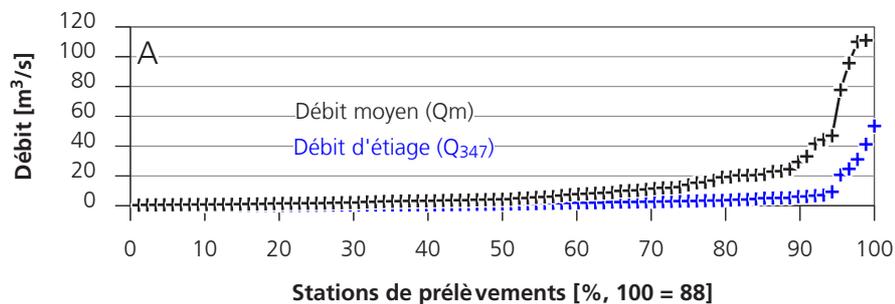
Paramètre	Unité	Nb. de stations	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum
Surface	km <sup>2</sup>	88	25	214	413	3372
Q <sub>347</sub>	m <sup>3</sup> /s	88	0.01	1.1	3.7	54
Q <sub>m</sub>	m <sup>3</sup> /s	88	0.37	4.3	12.8	111

#### Utilisation du sol (proportions)

Forêt	taux [%]	88	12	31	33	58
Agr.	taux [%]	88	10	47	47	76
S. npr.	taux [%]	88	0.1	2	11	74
Urb.	taux [%]	88	0.7	7	8	35
UGB	Nombre/km <sup>2</sup>	88	1	53	57	191

Paramètre	Unité	Nb. de stations	No d'ordre des cours d'eau (NOCE selon Strahler)								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
NOCE	Nombre	88	0	0	3	21	25	25	12	2	0
	Taux [%]	88	0	0	3	24	28	28	14	2	0
	Cumul [%]	88	0	0	3	27	56	84	98	100	100

Paramètre	Unité	Nb. de stations	Part d'eau usée en débit d'étiage [classes en %]					in.
			0	0-10	10-20	20-50	>50	
Cat. EU	Nombre	88	9	38	10	19	11	1
	Taux [%]	88	10	43	11	22	13	1
	Cumul [%]	88	10	53	65	86	99	100



**Fig. 3.2 : représentation graphique des gradients hydrologiques (A) et d'utilisation du sol (B, C, D) par bassin versant.**

Voir le tableau 3.1 pour les abréviations et les définitions des paramètres.

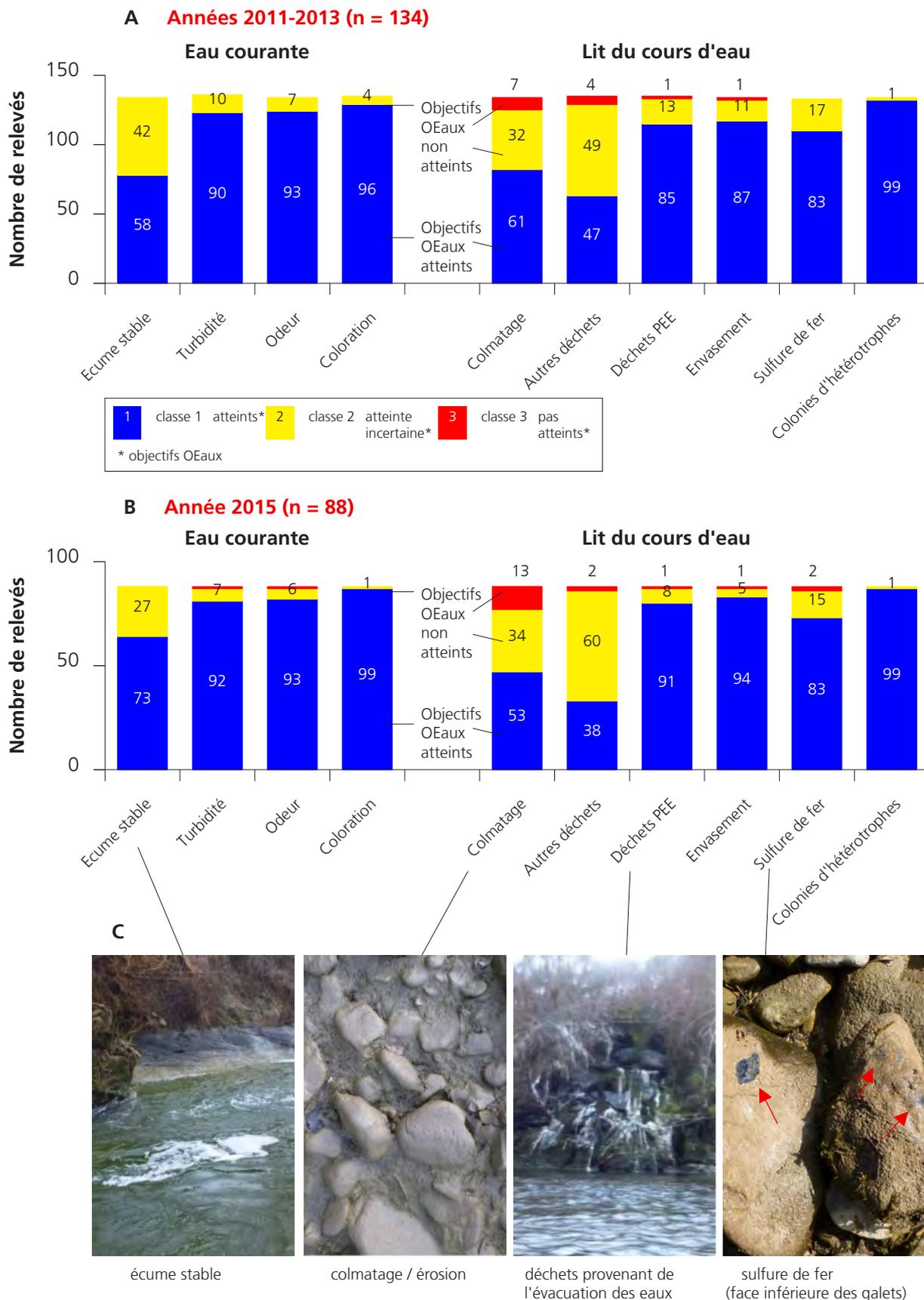
## 4 Résultats et discussions sur l'aspect général

L'aspect général caractérise en premier lieu un tronçon de cours d'eau du point de vue des atteintes classiques liées à l'évacuation des eaux usées. Le relevé de l'aspect général est un outil très performant pour évaluer rapidement, lors d'une visite sur le terrain, l'état d'un cours d'eau à l'aide d'aspects visuels, tactiles et olfactifs. Ainsi cette approche est utilisée en routine comme dans les programmes de monitoring biologique et d'études d'impact de l'évacuation des eaux (p. ex. planification générale de l'évacuation des eaux, PGEE). L'aspect général est fondé sur des observations de terrain jusqu'au contrôle microscopique des colonies de micro-organismes hétérotrophes. Il comprend des caractéristiques de l'eau courante (écume stable, turbidité, coloration, odeur) et du lit des rivières (colmatage, déchets abandonnés ou provenant des égouts, envasement, sulfure de fer, micro-organismes hétérotrophes). L'odeur peut aussi provenir des sédiments fins. C'est particulièrement le cas lors d'impacts de drainages de routes ou de décharges (odeurs de substances organiques volatiles).

La **figure 4.1** indique qu'en 2015, comme pendant la période précédente, l'évaluation des paramètres concernant l'eau courante (turbidité, coloration, mousse, odeur; à gauche de la figure) est meilleure que celle des paramètres du lit. Ce constat peut être lié au fait que les relevés réalisés par temps sec et en l'absence de mise en fonction des déversoirs d'orage fournissent de meilleurs résultats pour ce groupe de paramètres. En revanche, les périodes sèches se caractérisent également par un manque de dynamique de l'hydrosystème et donc par une plus grande accumulation de matières dans le lit. Les paramètres colmatage, déchets, boues, sulfure de fer (à droite de la figure) sont de ce fait péjorés.

Les résultats comparés entre la période actuelle (2015) et la période précédente (2011-2013) sont présentés par descripteur sur la **figure 4.1**. Dans 55 des 88 stations, aucune nuisance n'a été trouvée dans l'**eau courante**. Dans 28 stations, une atteinte est constatée et dans 5 stations, deux atteintes. A part à une station dans laquelle l'odeur et la turbidité sont fortes, les nuisances relevées sont légères à moyennes, d'origines anthropique ou inconnue. Dans l'eau courante, l'atteinte de loin la plus fréquente est l'écume stable. Selon les périodes, dans 30 à 40% des stations, de l'écume stable est relevée en quantité faible à moyenne (classe 2) d'origines anthropique ou inconnue. De la turbidité artificielle ou de la coloration, ainsi qu'une odeur artificielle ne sont relevées que dans  $\leq 10\%$  de toutes les stations pendant les deux périodes d'étude.

Par rapport à celle qui touche l'eau courante, la part des atteintes au **lit du cours d'eau** est nettement plus importante. Seules 19 des 88 stations ne présentaient aucune nuisance. Parmi les 69 stations restantes, 28 comptabilisaient une atteinte, 28 avec deux atteintes, 11 avec trois atteintes et même 2 stations avec 3 à 4 atteintes (Arve, école de médecine, CH\_086\_GE et Muota, Ingenbohl, CH\_100\_SZ). Les déchets solides déposés dans le lit du cours d'eau, sur les rives ou accrochés dans la végétation riveraine constitue la nuisance fréquente (50 à 60% des cas selon les périodes). Ces déchets sont soit déposés par les passants ou entraînés vers l'aval lors de crues, jusqu'à ce qu'ils soient retenus par des branchages ou par d'autres structures.



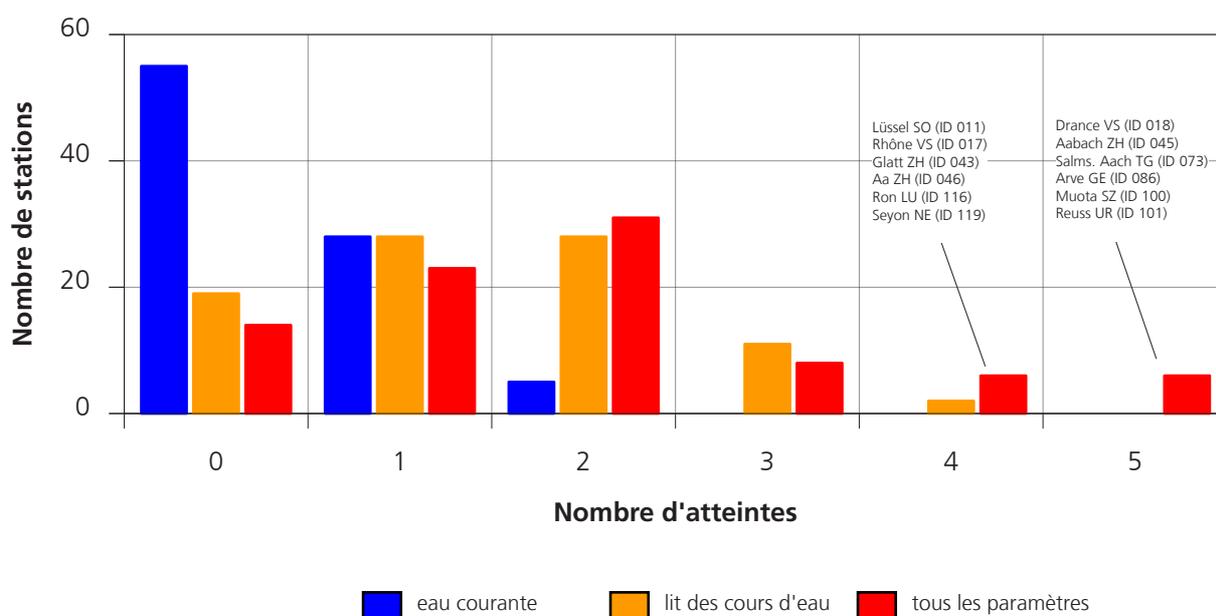
**Fig. 4.1 : évaluation des 10 descripteurs d'aspect général pour l'ensemble des stations NAWA en 2011-2013 (A d'après AquaPlus & PhycoEco 2014) et pour 2015 (B) ainsi que des illustrations (C). Evaluation selon le module Aspect général de l'OFEV. Les valeurs figurant sur les histogrammes indiquent les % de chaque classe.**

Le colmatage du lit a été observé dans environ 40 à 50% des stations. Dans environ 10% l'atteinte est marquée (classe 3). Les autres descripteurs ont été relevés moins fréquemment. Des taches de sulfure de fer sont cependant présentes dans 17% des stations (au cours des deux périodes), c'est-à-dire plus fréquemment que les déchets provenant de l'évacuation des eaux (9 à 14%), l'envasement (6 à 12%) ou les colonies de micro-organismes hétérotrophes (1%).

Comme causes du colmatage, les émissaires lacustres (naturels) sont évoqués et la faible dynamique, parfois les encroûtements calcaires ainsi que les fluctuations des niveaux d'eaux liées au turbinage, la morphologie (canaux) ou les gravières. Mais dans la plupart des relevés, des indications quand aux causes manquent, sauf dans le cas des déchets, où la remarque "rejet d'eau usée" est fréquente. Les déchets abandonnés sont souvent qualifiés par "emballages" et les déchets provenant de l'évacuation des eaux sont précisés par "papier WC".

En comparant les résultats des campagnes 2012 et 2015, on constate une amélioration, même sur l'abondance de déchets abandonnés. Seule la prochaine campagne dira dans quelle mesure c'est une tendance ou un hasard.

Le nombre de nuisances, trouvé par station dans l'eau courante et dans le lit des cours d'eau, ainsi que le total des atteintes est représenté graphiquement à la **figure 4.2** pour l'année 2015. Les stations dans lesquelles 4 ou 5 nuisances ont été trouvées sont mentionnées. On trouve dans ces stations presque constamment du colmatage, des déchets et des taches de sulfure de fer et dans presque la moitié d'entre-elles de l'écume stable, de la turbidité et/ou des odeurs artificielles.



**Fig. 4.2 : nombre d'atteintes à l'aspect général par station pour les deux compartiments "eau courante" et "lit des cours d'eau" ainsi que pour tous les paramètres confondus en 2015.**

Les stations qui présentent à la fois 4 ou 5 nuisance sont mentionnées sur le graphe.

Dans le **tableau 4.1**, les évaluations concernant l'écume stable (eau courante) et le colmatage (lit des cours d'eau) sont reprises pour les 20 stations étudiées chaque année. Ces deux nuisances, qualifiées d'anthropiques ou d'origine artificielle, ont été relevées fréquemment (**figure 4.1**). Alors que l'écume n'est toujours relevée qu'en quantité "faible /moyenne", le colmatage du lit peut parfois être important comme dans les stations de la Drance (ID 018, VS) et du Talent (ID 127, VD). Les relevés annuels ne présentent pas de typologie claire et généralisable au point de vue de la constance des paramètres. Dans certaines stations il n'y a jamais d'écume stable ou de colmatage, à d'autres endroits une nuisance est relevée régulièrement chaque année, alors qu'ailleurs ces nuisances ne sont constatées qu'épisodiquement.

Dans le **tableau 4.2**, le nombre de nuisances par station et par relevé est donné pour les 20 rivières étudiées chaque année. Dans une seule station, sur l'Engstlige (ID 056, BE), aucune nuisance n'a jamais été relevée. Par contre dans plusieurs stations, plus de deux atteintes sont relevées chaque année. Une tendance à l'amélioration se dégage apparemment sur la Bünz, la Töss, l'Areuse, le Doubs et éventuellement sur le Talent, alors qu'une dégradation se dessine dans la Drance, la Muota et éventuellement la Simme.

**Tab. 4.1 : aspect général. Ecume stable en eau courante et colmatage du lit dans les 20 stations étudiées chaque année depuis 2011.**

L'écume stable en eau courante et le colmatage du lit sont deux atteintes relevées très fréquemment.

**Légende**

- 1 classe 1 atteints\*
  - 2 classe 2 incertains\*
  - 3 classe 3 pas atteints\*
- \* objectifs de l'OEaux

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

**Tab. 4.2 : aspect général. Nombre d'atteintes par station et par relevé dans les 20 stations étudiées chaque année depuis 2011.**

**Légende du graphique**

L'épaisseur des traits indique le nombre de nuisances et les traits bleus correspondent aux valeurs maximales.

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

## 5 Résultats et discussion sur les diatomées

Les communautés de diatomées identifiées sont décrites ci-après et les indications biologiques de qualité des eaux qu'elles fournissent y sont discutées. Par ailleurs, des informations sont données sur certains taxons.

### 5.1 Caractérisation des communautés de diatomées

Dans les 88 échantillons de 2015, 223 **taxons** différents ont été identifiés. Cela représente 42% des 526 taxons fréquents d'eau courante en Europe centrale présentés par Hofmann et al. (2011, voir le tableau 4 p. 575 à 592). Pour l'ensemble du programme NAWA depuis le début (2011-2015, 245 prélèvements), 303 taxons ont été identifiés dans les dénombrements, ce qui représente 58% des taxons donnés par Hofmann et al. (2011).

Parmi ces 223 taxons, 66 d'entre-eux (30%) n'apparaissent que dans un échantillon, 128 (57%) dans moins de cinq et 14 (16%) dans plus de 50. *Achnanthydi-um minutissimum* a la plus grande répartition. Ce taxon figure dans le 88 dénombrements. Cette espèce est très largement répandue en Suisse, comme d'ailleurs en Europe centrale. Il s'agit de l'espèce la plus fréquente et la plus largement répandue d'après Hofmann et al. (2011) et dans la banque de données BIS. Ce taxon tolère des conditions environnementales très diverses, mais ne supporte pas les fortes charges organiques.

En 2015, le **nombre de taxons** par échantillon va de 14 (dans le Drance à Martigny, CH\_018\_VS) à 53 (dans l'Engstlige en amont de Frutigen, CH\_056\_BE) avec une médiane de 31 taxons (**figure 5.1**). Comme on peut le voir à la **figure 5.2**, le nombre de taxons et plus encore la diversité H de chaque échantillon selon Shannon, sont très dépendants de la somme des fréquences relatives des trois taxons les plus abondants (nommée ici "*somme de dominance*"). Lorsque cette somme des 3 espèces les plus abondantes atteint plus de 70%, il est rare que la communauté compte plus de 30 taxons sur les 500 valves comptées.

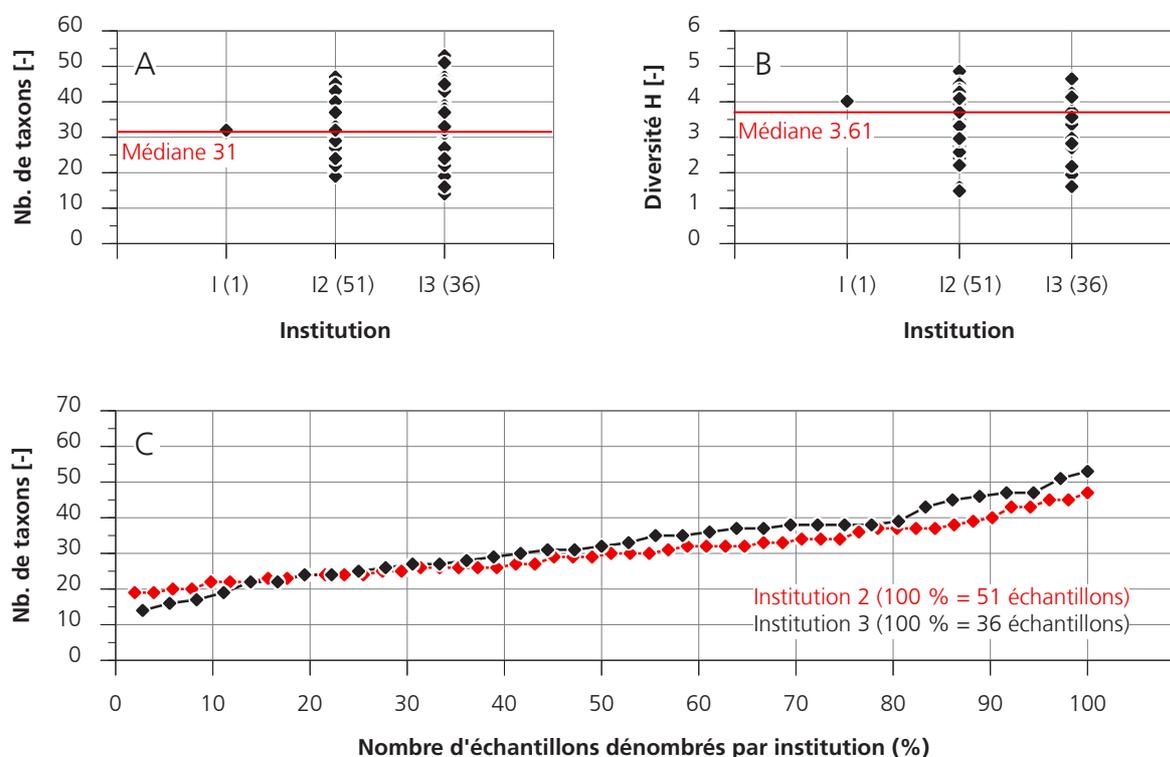
La dépendance envers la somme de dominance est connue et correspond à notre attente. Elle est liée à la méthode de comptage. Etant donné que nous dénombreons 500 valves pour établir la valeur du DI-CH, les espèces rares ont d'autant moins la chance d'être comptabilisées que la proportion des espèces abondantes est élevée. Si la somme de dominance dépasse 90%, le nombre de taxons tombe avec une forte probabilité en dessous de 20. Cette dépendance est encore plus marquée pour la **diversité H**. Ainsi la diversité H diminue d'une unité pour une augmentation de 20% de la somme de dominance (**figure 5.2**).

Sur la **figure 5.3**, des caractéristiques importantes des communautés de diatomées sont représentées pour 2012 et 2015. On remarque que les tendances sont très proches autour des médianes. Par contre les valeurs élevées extrêmes diffèrent nettement dans certains cas.

Aucune corrélation n'a été trouvée entre la taille des rivières (critère : **n° d'ordre des cours d'eau**, NOCE) et le nombre de taxons (**figure 5.2**). Cela pourrait changer si nous avions le même nombre de résultats pour toutes les classes de NOCE. Par rapport aux rivières habituelles de faible profondeur et de 2 à 5 m de large, on peut s'attendre à un nombre plus élevé d'espèces : dans les rivières plus grandes, particulièrement aux émissaires des lacs et dans les petits ruisseaux dans lesquels la surface des rives est plus importante que celle occupée par l'eau courante. De manière plus générale, le nombre de taxons ne présente pas de corrélation évidente avec l'altitude, la surface des bassins versants, la biogéographie, l'écomorphologie, le débit, les unités gros bétail ou l'occupation du territoire (forêts, habitations, agriculture, surfaces non productives). Nous renonçons donc à présenter et à commenter ces grandeurs.

Les **Institutions** qui ont dénombré les diatomées, ont trouvé en moyenne les nombres suivants de taxons sur l'ensemble de leurs comptages :

Institution	Nb. d'échantillons par institution	Moyenne du nb. de taxons
Institution 1 (canton de Genève) :	1	32
Institution 2 (AquaPlus AG) :	51	30
Institution 3 (PhycoEco):	36	32
Pour l'ensemble des prélèvements	88	31

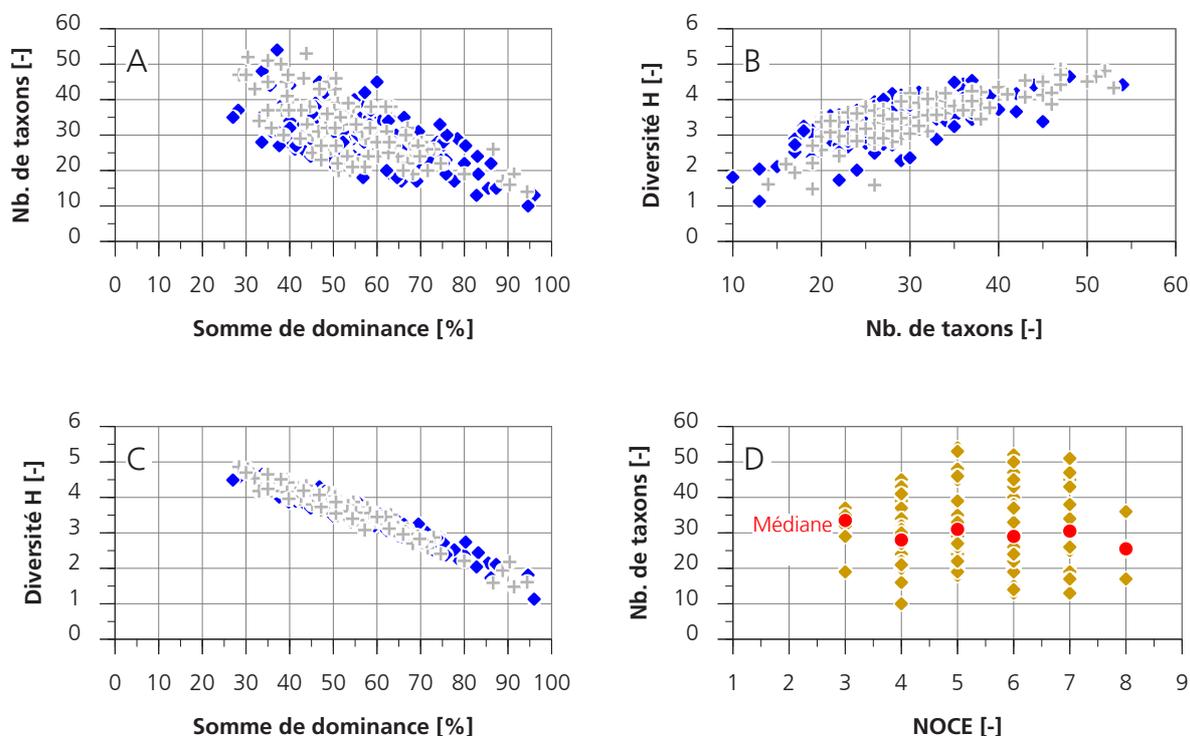


**Fig. 5.1 : nombre de taxons (A, C) et diversité H (B) en fonction des institutions qui ont fait les comptages.**

Institutions : I1 = institution 1 : canton de Genève (Arielle Cordonier), I2 = institution 2 : AquaPlus AG (Joachim Hürlimann, Margrit Ensner Egloff, Lukas Taxböck), I3 = institution 3 : PhycoEco (François Straub); données entre parenthèses = nombre d'échantillons dénombrés par institution.

L'examen du nombre de taxons trouvés par les trois institutions ne met pas en évidence d'anomalie manifeste (**figure 5.1**). L'institution 3 a trouvé à peine plus de taxons. Les différences sont cependant faibles, si bien qu'elles ne nécessitent pas d'explication. Nous partons du principe qu'il y a de réelles différences de nombres, que celles-ci sont d'une part liées aux différents cours d'eau et d'autre part dépendantes de différences dans l'appréciations de taxa infraspécifiques (variations, formes, races) ou des espèces groupées (au sens du DI-CH).

**Bilan : le nombre de taxons d'un dénombrement est dépendant des proportions des trois espèces les plus abondantes (= somme de dominance) ainsi que du nombre de valves comptées. La somme de dominance est un critère de la structure d'une communauté, comme c'est le cas de la diversité. Plus une communauté est stable, plus la somme de dominance est faible. Lorsqu'une communauté est encore en phase de colonisation, la somme de dominance est élevée.**



**Fig. 5.2 : nombre de taxons (A, D) et diversité H (B, C) par rapport à différents paramètres.** Somme de dominance = somme des fréquences relatives (%) des trois taxons les plus abondants, NOCE =  $n^{\circ}$  d'ordre des cours d'eau selon Strahler (1952). Symboles bleus : données de 2011-2014, symboles gris : données de 2015 (y c. assurance qualité), symboles bruns : données de 2011-2015.

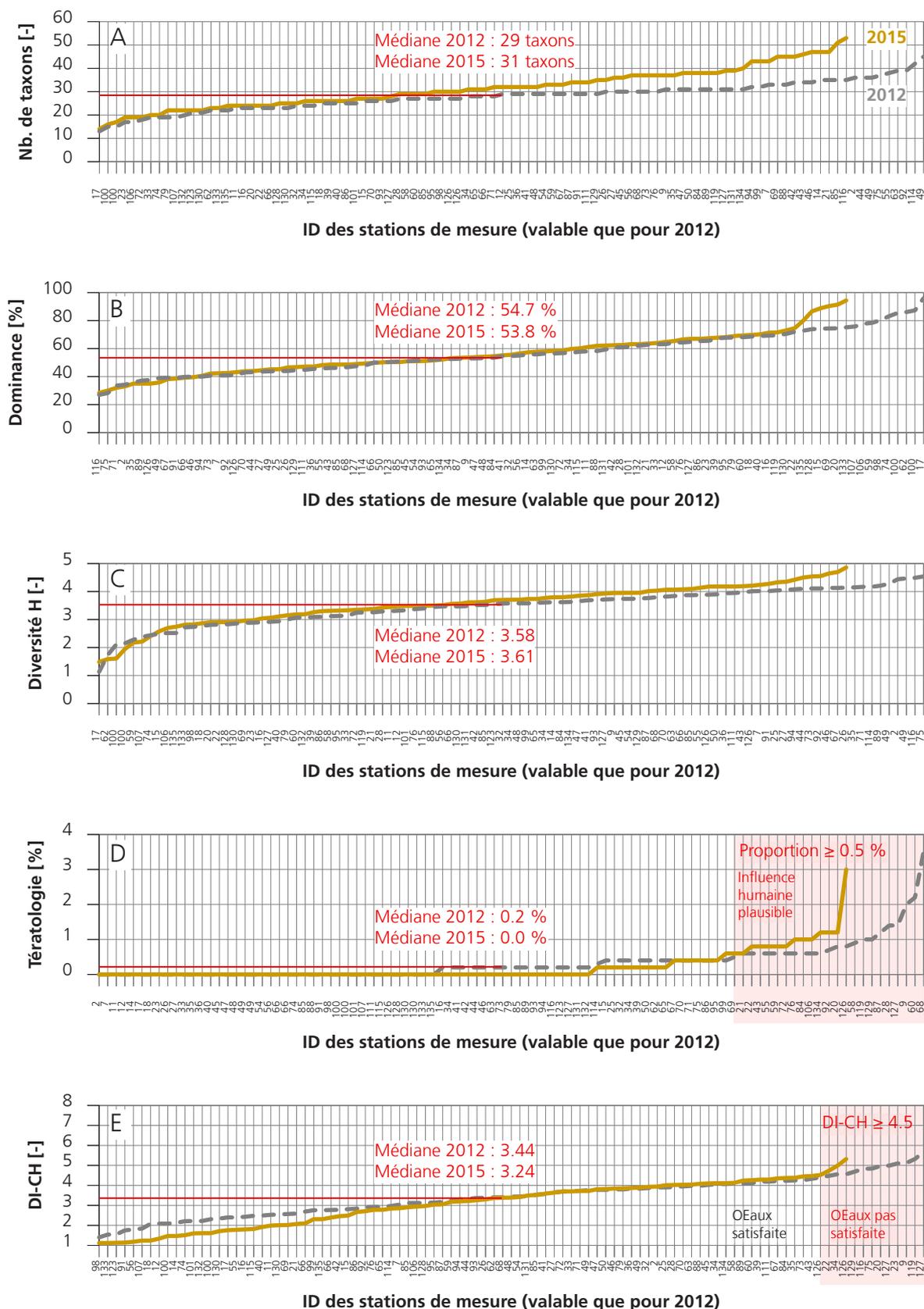


Fig. 5.3 : distribution de paramètres caractéristiques des communautés de diatomées pour tous les prélèvements de 2012 (courbe grise) et de 2015 (courbe brune). Dominance = somme des fréquences relatives (%) des trois taxons les plus abondants. Voir le chap. 5.3 pour des précisions sur la tératologie et le chap. 5.4 pour le DI-CH.

## 5.2 Composition spécifique

Dans les 88 prélèvements de 2015, 223 taxons ont été identifiés. Parmi eux, 41 taxons (18 % des 223 taxons) présentent au moins une fois une abondance relative de 10 % ou plus. Ils sont désignés comme **espèces principales** dont la liste est donnée dans le **tableau 5.1**. Dix taxons (4 %) présents avec des abondances minimales de 5% sont désignés comme **espèces accompagnantes**. Ces 51 espèces principales et accompagnantes (23 %) forment ensemble en moyenne le 93 % de la somme des abondances relatives dans les échantillons (intervalle al-

**Tab. 5.1 : espèces principales (EP) des communautés de diatomées des 88 prélèvements NAWA de 2015.**

Classement selon le nombre d'occurrences. EP = espèces principales : taxons présents au moins une fois à une fréquence relative  $\geq 10\%$ . DVNR = code taxonomique selon la liste allemande. DVNR > 100'000 code des taxons qui ne figurent pas dans la liste allemande. Valeurs D et G selon le module diatomées de l'OFEV (OFEV 2007a). 28 des 40 espèces principales étaient déjà présentes pendant la première période d'étude (2011-2013).

Liste taxonomique	EP	DVNR	Val. D	Val. G	Occurrence	
	2011-2013	Code	Pour le DI-CH		Dans nb. d'échantillons	% maximal
Espèces principales EP (fréquence relative > 10 %)						
<i>Achnanthydium minutissimum</i> var. <i>minutissimum</i> (KUETZING) CZAR.	oui	26060	3	0.5	88	62.2
<i>Gomphonema olivaceum</i> var. <i>olivaceum</i> (HORNEMANN) BREB.	oui	6867	3	0.5	81	51.4
<i>Amphora pediculus</i> (KUETZING) GRUNOW	oui	6983	5	0.5	78	42.0
<i>Navicula cryptotenella</i> LANGE-BERTALOT	oui	6889	4	0.5	78	26.4
<i>Achnanthydium pyrenaicum</i> (HUSTEDT) KOBAYASI	oui	26005	1.5	1	77	74.0
<i>Nitzschia dissipata</i> (KUETZING) GRUNOW	oui	36151	3.5	1	73	20.8
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (KUETZING) LANGE-BERTALOT	oui	6186	6	0.5	69	12.2
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.MUELLER) BORY DE SAINT-VINCENT		6831	4	1	69	20.0
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> sensu K. & Lange-B. 1991		6726	5	1	64	14.4
<i>Navicula reichardtiana</i> LANGE-BERTALOT	oui	36134	4	1	62	18.2
<i>Navicula gregaria</i> DONKIN	oui	6015	5.5	1	60	17.6
<i>Reimeria sinuata</i> (GREGORY) KOCIOLEK & STOERMER		36212	3.5	1	56	15.8
<i>Encyonema minutum</i> (HILSE) D.G.MANN	oui	26208	2.5	2	54	10.4
<i>Diatoma problematica</i> LANGE-BERTALOT	oui	16207	5	2	49	15.4
<i>Nitzschia fonticola</i> var. <i>fonticola</i> GRUNOW	oui	6025	3.5	1	48	12.6
<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i> (HUSTEDT) LANGE-BERTALOT	oui	26472	6	1	46	21.2
<i>Navicula antonii</i> LANGE-BERTALOT		16653	5	1	45	19.6
<i>Achnanthydium lineare</i> sensu lato	oui	100225	1	8	42	39.2
<i>Gomphonema elegantissimum</i> REICHARDT & LANGE-BERTALOT		36276	2	4	42	23.4
<i>Amphora indistincta</i> LEVKOV		36245	3.5	1	40	11.0
<i>Diatoma vulgare</i> BORY DE SAINT-VINCENT	oui	6006	4	2	39	10.0
<i>Surirella neglecta</i> REICHARDT		100251	4.5	2	38	11.2
<i>Achnanthydium pfisteri</i> LANGE-BERTALOT		26074			37	11.8
<i>Navicula lanceolata</i> (C.AGARH) EHRENBERG	oui	6864	4.5	1	37	26.8
<i>Gomphonema tergestinum</i> (GRUNOW) M. SCHMIDT	oui	6897	3	2	36	10.4
<i>Encyonema silesiacum</i> var. <i>silesiacum</i> (BLEISCH) D.G.MANN	oui	16993	3	1	35	54.6
<i>Achnanthydium atomoides</i> MONNIER, LANGE-BERTALOT & ECTOR	oui	26003	3	2	33	12.4
<i>Achnanthydium delmontii</i> PERES, LE COHU & BARTHES		100244	1.5	1	32	78.4
<i>Nitzschia recta</i> var. <i>recta</i> HANTZSCH	oui	6029	3.5	2	32	12.4
<i>Fistulifera saprophila</i> (LANGE-BERTALOT & BONIK) LANGE-B.	oui	26618	7	2	31	14.6
<i>Diatoma ehrenbergii</i> KUETZING	oui	6208	2.5	1	23	15.0
<i>Achnanthydium rostropyrenaicum</i> JÜTTNER & COX		100247	1.5	1	22	13.2
<i>Diatoma moniliformis</i> ssp. <i>moniliformis</i> KUETZING	oui	6209	2	2	22	12.2
<i>Achnanthydium minutissimum</i> var. <i>jackii</i> (RABENHORST) LANGE-B.	oui	26063	1	8	21	46.2
<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>atomus</i> (KUETZING) LANGE-BERTALOT	oui	26469	6	1	18	27.8
<i>Gomphonema micropumilum</i> REICHARDT	oui	26420	2	4	13	29.0
<i>Platessa conspicua</i> (MAYER) LANGE-BERTALOT		26015	4	1	8	42.6
<i>Encyonopsis microcephala</i> (GRUNOW) KRAMMER	oui	26207	2	2	7	15.8
<i>Diatoma tenue</i> C.AGARH		6210	3.5	2	4	16.0
<i>Achnanthydium eutrophilum</i> (LANGE-BERTALOT) LANGE-BERTALOT		26024	3.5	2	3	13.6
<i>Achnanthydium gracillimum</i> (LANGE-BERTALOT) LANGE-BERTALOT	oui	26061	1	1	3	15.6

lant de 74.4 % à 100 %, avec 85 % des échantillons  $\geq 90$  %). Ces 51 taxons sont importants, particulièrement pour le calcul du DI-CH.

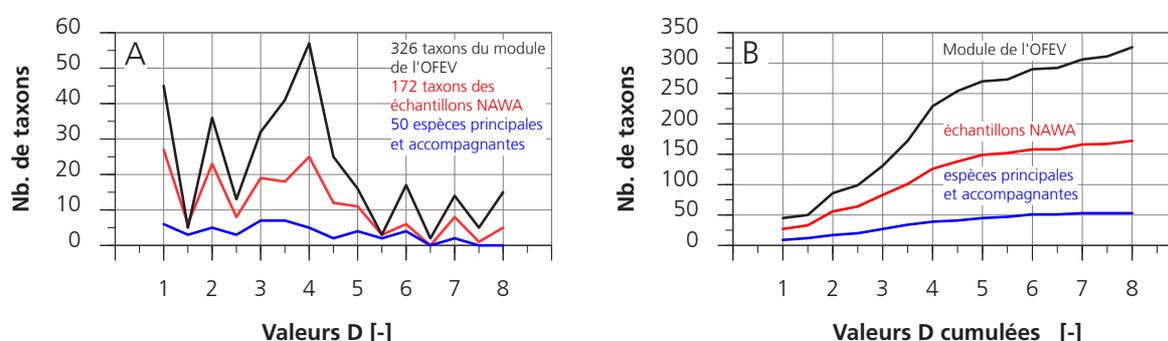
Sur les 223 taxons, des valeurs D et G peuvent être attribuées à 172 taxons (77 %) pour le calcul du DI-CH. Ces 172 taxons sont distribués en fonction des valeurs D à la **figure 5.4**. En comparaison, les 326 taxons du module diatomées de l'OFEV (OFEV 2007a) sont aussi distribués en fonction de ces valeurs D. On remarque que les taxons identifiés dans le cadre du programme NAWA ont la même répartition sur l'échelle des valeurs D que l'ensemble des taxons indicateurs. Pour environ 75 % des taxons NAWA qui ont une valeur D, cette valeur  $\leq 4$ . Ils représentent donc de très bonnes à bonnes conditions. Environ 25 % des espèces ont des valeurs D  $> 4$ . Elles représentent des conditions moyennes, médiocre ou mauvaises. On trouve la même répartition en fonction des valeurs D pour l'ensemble de la période d'étude (2011-2015 : 216 taxons).

Des **espèces planctoniques** ont été trouvées dans 23 prélèvements. Ces espèces figure dans le **tableau 5.2**. Les espèces les plus fréquentes sont *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis* et *Thalassiosira pseudonana* ou appartiennent aux genres *Cyclotella* (7 espèces) et *Stephanodiscus* (5 espèces).

Une fréquence maximale totale de 5.8% d'espèces planctoniques a été trouvée dans une station (Lorze, émissaire du lac de Zoug, ID 75 le 18.3.2015). Presque tous les prélèvements montrant une abondance relative des espèces planctoniques  $\geq 1$  % proviennent d'émissaires lacustres (**tableau 5.3**, stations en gras), à l'exception de la Gürbe en amont de la confluence avec l'Aar (ID 59) et de la Thur à Andelfingen (ID 50).

Quelques prélèvements contiennent un peu d'espèces planctoniques. Ils proviennent de stations situées loin à l'aval de lacs, ou qui ont, à grande distance de là, des retenues, des barrages ou de petits lacs dans leur bassin versant.

Les conditions environnementales des émissaires lacustres sont plus stables que dans les autres cours d'eau. C'est ce qu'illustrent les stations dans lesquelles on trouve de fortes proportions de plancton. Dans les stations où le plancton à des proportions  $> 5$  %, la somme de dominance des 3 espèces les plus abondantes est nettement inférieure à 50%, comme dans la période précédente (2011-2013). C'est une preuve qu'à ces endroits les espèces pionnières ne dominent pas.



**Fig. 5.4 :** répartition des 172 taxons ayant une valeur D, ainsi que des espèces principales et accompagnantes des échantillons NAWA en comparaison avec les 326 taxons indicateurs du module diatomées de l'OFEV (OFEV 2007a). A : nombre de taxons par valeur D. B : nombre cumulé de taxons le long de l'échelle des valeurs D.

Seules les espèces qui ont une valeur D sont reprises. Espèces principales : fréquence relative  $\geq 10$  %, espèces accompagnantes :  $\geq 5$  % et  $< 10$  %.

Les communautés de diatomées provenant d'émissaires lacustres présentent des fréquences relatives d'espèces planctoniques d'environ 2 à 13 %. La distance de la dérive de ces espèces vers l'aval est très variable et dépend de plusieurs facteurs (niveau trophique des lacs, densité du plancton, conditions d'écoulement, débit, dilution, retenues, etc.).

**Tab. 5.2 : espèces planctoniques des 88 prélèvements NAWA.**

Max. = fréquence relative maximale du taxon parmi les 88 prélèvements. % = fréquence relative. Voir le **tableau 5.3** pour la liste des émissaires lacustres.

Liste taxonomique espèces planctoniques	Nombre [d'échan- antillons]	Max. [%]	Occurrence Stations avec la fréquence relative maximale
<i>Asterionella formosa</i> HASSALL	10	1.8	Glatt, 043
<i>Cyclotella atomus</i> HUSTEDT	3	0.6	Aa, 064
<i>Cyclotella comensis</i> (Artengruppe) sensu lato	1	0.2	Reuss, 014
<i>Cyclotella costei</i> DRUART & STRAUB	6	0.8	Lorze, 075
<i>Cyclotella gordonensis</i> KLING et HAKANSSON	1	0.2	Lorze, 075
<i>Cyclotella meneghiniana</i> KUETZING	1	0.4	Lorze, 075
<i>Cyclotella ocellata</i> PANTOCSEK	2	0.6	Furtbach, 049
<i>Cyclotella radiosa</i> (GRUNOW) LEMMERMANN	4	0.2	diverses stations
<i>Fragilaria crotonensis</i> KITTON	1	0.2	Wigger, 111
<i>Stephanodiscus alpinus</i> HUSTEDT	2	0.4	Glatt, 044
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> GRUNOW	2	0.4	Sitter, 025
<i>Stephanodiscus minutulus</i> (KUETZING) GRUNOW in CLEVE & MOELLER	1	0.2	Glatt, 044
<i>Stephanodiscus neoastraea</i> HAKANSSON & HICKEL	1	0.4	Saane, 106
<i>Stephanodiscus parvus</i> STOERMER & HAKANSSON	6	3.6	Lorze, 075
<i>Thalassiosira pseudonana</i> HASLE & HEIMDAL	1	0.2	Doubs, 088

**Tab. 5.3 : stations où des espèces planctoniques ont été trouvées avec indication du lac situé à proximité.**

En gras, les stations avec une proportion de plancton  $\geq 1$  % et les genres représentés dont les espèces ont une fréquence relative  $\geq 1$  %.

Station	Lieu	ID	Lac	Genres
En gras, les stations avec une proportion de plancton $\geq 1$ %.				
Aa	Niederuster	46	Lac de Pfäffikon	<i>Cyclotella</i>
<b>Aabach</b>	<b>Niederlenz</b>	<b>79</b>	<b>Lac de Hallwil</b>	<i>Asterionella, Cyclotella</i>
Doubs	Ocourt	88	retenues	<i>Stephanodiscus, Thalassiosira</i>
Furtbach	aval STEP Otelfingen	49	Katzensee	<i>Asterionella, Cyclotella</i>
<b>Glatt</b>	<b>Rheinsfelden</b>	<b>43</b>	<b>Greifensee</b>	<b><i>Asterionella, Cyclotella, Stephanodiscus</i></b>
<b>Glatt</b>	<b>sortie du Greifensee</b>	<b>44</b>	<b>Greifensee</b>	<b><i>Asterionella, Cyclotella, Stephanodiscus</i></b>
<b>Gürbe</b>	<b>amont jonction Aare</b>	<b>59</b>	<b>Dittligsee, petits lacs</b>	<b><i>Asterionella</i></b>
Jona	Rüti	48	Egelsee, petits lacs	<i>Asterionella</i>
Limmat	Hönggersteg	40	Lac de Zürich	<i>Asterionella</i>
Limpach	Kyburg	9	petites pièces d'eau golf Erlenmatt	<i>Cyclotella</i>
<b>Lorze</b>	<b>Frauenthal</b>	<b>75</b>	<b>Lac de Zoug</b>	<b><i>Asterionella, Cyclotella, Stephanodiscus</i></b>
Muota	Ingenbohl	100	Barrages amont Quatre-Cantons	<i>Cyclotella, Stephanodiscus</i>
Reuss	Lucerne	14	Lac des Quatre-Cantons	<i>Cyclotella</i>
Reuss	Attinghausen	101	Barrages en amont du lac d'Uri	<i>Asterionella</i>
Saane	Marfeldingen	106	Lac de Schiffenen	<i>Stephanodiscus</i>
<b>Sarner Aa</b>	<b>Kägiswil</b>	<b>12</b>	<b>Lac de Sarnen</b>	<b><i>Cyclotella</i></b>
<b>Sitter</b>	<b>Leebrugg</b>	<b>25</b>	<b>Lac de Gübsen</b>	<b><i>Stephanodiscus</i></b>
Sitter	Appenzell Sittertal	115	Lacs de l'Alpstein	<i>Stephanodiscus</i>
Suhre	Suhr	39	Lac de Sempach	<i>Cyclotella</i>
<b>Thur</b>	<b>Andelfingen</b>	<b>50</b>	<b>Retenues, petits lacs</b>	<b><i>Asterionella, Stephanodiscus</i></b>
Töss	Rämismühle	66	Retenues, petits lacs	<i>Cyclotella</i>
Urtenen	à Schalunen	62	Moossee	<i>Cyclotella</i>
Wigger	Zofingue	111	petits lacs	<i>Fragilaria</i>

Parmi les **espèces exogènes** (= espèces non autochtones en Suisse) nous connaissons *Achnanthydium catenatum*, *A. delmontii* et une mutation de *Didymosphenia geminata*. Nous avons trouvé *Achnanthydium delmontii* dans 32 prélèvements et *Didymosphenia geminata* dans 12 de la série NAWA. Nous avons observé ces espèces dans 38 stations au total, avec la présence des deux à 6 endroits. Dans toutes les autres stations seule une de ces espèces était présente. A une exception près *Didymosphenia geminata* n'est représentée qu'à 0.2 % (= 1 valve sur 500 valves, l'exception étant la Sarner Aa, Kägiswil, ID 12, avec 1.0 %). *Achnanthydium delmontii* est nettement plus abondante : elle atteint à trois stations  $\geq 10$  % (espèce principale) et à 4 stations  $\geq 5$  % (espèce accompagnante). Elle se développe comme espèce principale dans la Limmat à Höggersteg (ID 40, 78.4 %), dans la Lorze à Letzi (ID 76, 59.2 %) et dans la Sihl au Sihlhölzli (ID 42, 24.6%).

Nous ne pouvons pas dire avec certitude si *Achnanthydium delmontii* est vraiment une espèce exogène. Elle a probablement été confondue avec *A. pyrenaicum* auparavant. Récemment, ce taxon a été remarqué en Suisse, en particulier aussi parce qu'il a été désigné comme exogène en France, mais la situation n'est pas claire. Ce taxon forme des peuplements nettement plus développés que les deux autres espèces.

En revanche *Didymosphenia geminata* a été trouvée à 12 stations dans le cadre des comptages de 500 valves. D'après la littérature ancienne, ce taxon (nommé *Gomphonema geminata* autrefois) a été trouvé en Suisse dans les massifs siliceux des Alpes valaisannes à Zermatt et dans le lac du Grand St. Bernard (Brun 1880). D'après Meister (1912) tout au moins, cette espèce n'avait pas été trouvée dans les Alpes Orientales suisses. Ce taxon est actuellement cosmopolite et bien implanté aussi en Suisse (**figure 5.5**). Ces dernières années nous en avons trouvé des colonies macroscopiques dans quelques stations (**figure 5.5 A**). Par rapport à l'ancienne, la forme actuelle représente probablement une mutation très concurrentielle. En Suisse nous avons observé ce taxon tout d'abord en 1999 dans l'Inn en Basse Engadine à Strada (tronçon à débit résiduel). Par la suite, chaque année nous l'avons trouvée dans de nouvelles stations. L'espèce préfère avant tout les grands cours d'eau à faible dynamique (émissaires lacustres, tronçon à débit résiduel, grands fossés de drainage, etc.). Les eaux de bonne à très bonne qualité des Alpes et des Préalpes (moyenne du DI-CH de 119 prélèvements = 2.2) sont colonisées préférentiellement (**figure 5.5 C**). En conditions optimales, le taxon peut produire des biomasses considérables. En Suisse ces dernières années, le nombre d'observations de peuplements macroscopiques a augmenté. Cependant, à notre connaissance, aucun développement extrême n'a été observé dans notre pays. Nous considérons cependant que cette algue peut aussi produire chez nous de très fortes biomasses, avec des dommages écologiques et économiques incertains. Les nuisances pourraient être : augmentation des fluctuations journalières de l'oxygène dissous (surproduction de jour et réduction nocturne), limitation des autres espèces, modification des zones de frai des poissons, colmatage des fonds, etc., mais aussi l'obturation de conduites d'eau et une augmentation de la sédimentation dans les retenues (formation de vase).

Plusieurs vecteurs assurent la dispersion des algues comme l'eau elle-même, les animaux (oiseaux, poissons) mais aussi des activités humaines (hydroélectricité, bateaux de plaisance, sports aquatiques, exploitations de graviers et de sédi-

ments, etc.). Des mesures de limitation de la dispersion ne sont donc guère possibles.

### 5.3 Tératologie

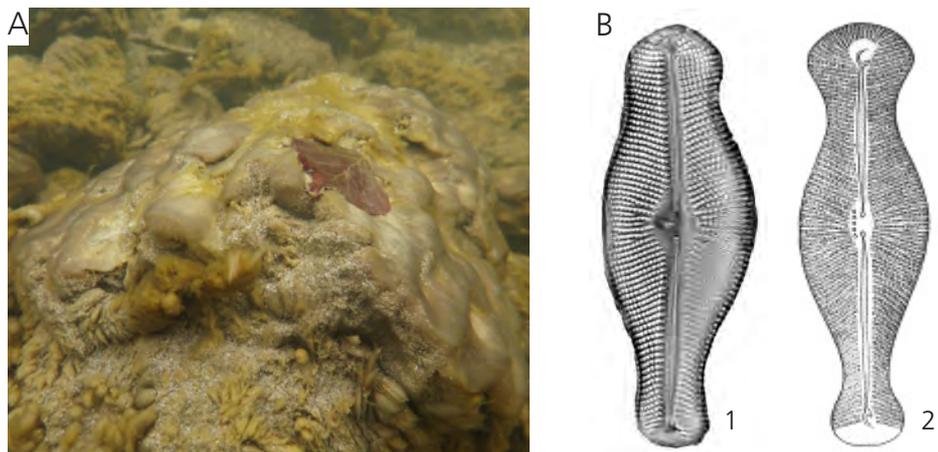
Les formes tératologiques sont des malformations des valves. Elles peuvent avoir des causes naturelles (p. ex. augmentation des rayons UV en montagne, chocs thermiques, carence en silice, densité cellulaire élevée, etc.), mais aussi anthropique (eaux usées, concentrations élevées en ammoniacque et en nitrites, métaux lourds, micropolluants, salinité élevée, radioactivité, etc.). Nous considérons que des proportions  $\geq 0.5\%$  dans les communautés (100 % = nombre de valves comptées, p. ex. 500 valves) peuvent avoir une origine humaine (Straub *et al.* 2014). Cependant les causes de tératologie sont peu connues.

**Fig. 5.5 A : *Didymosphenia geminata* dans le terrain** (vue subaquatique du peuplement de la Grande Schliere OW, 12.3.2016)

**et au microscope optique (5.5 B).**

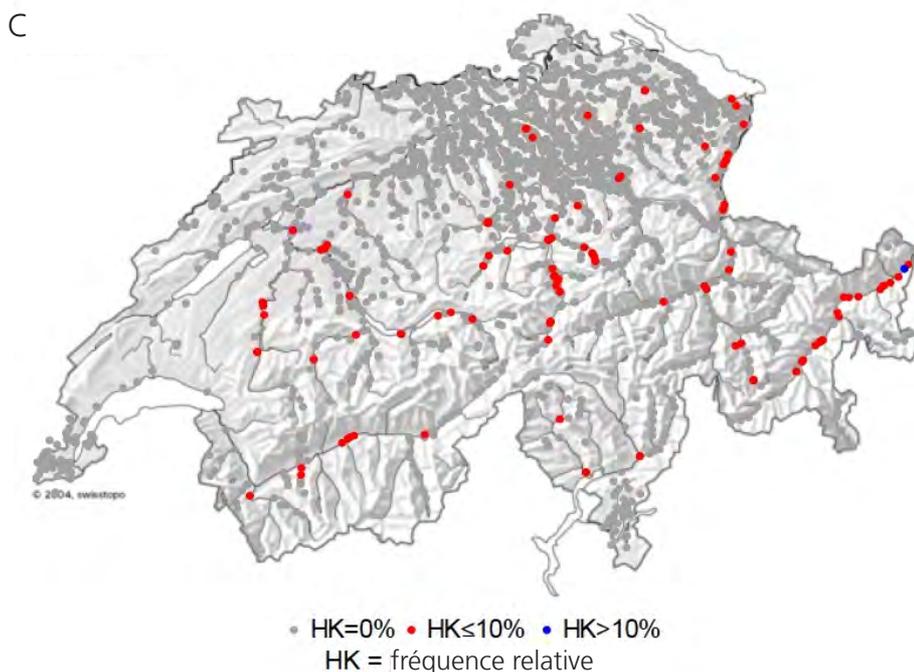
1: photo, longueur env. 70  $\mu\text{m}$ , AquaPlus AG

2: dessin d'après Meister (1912).



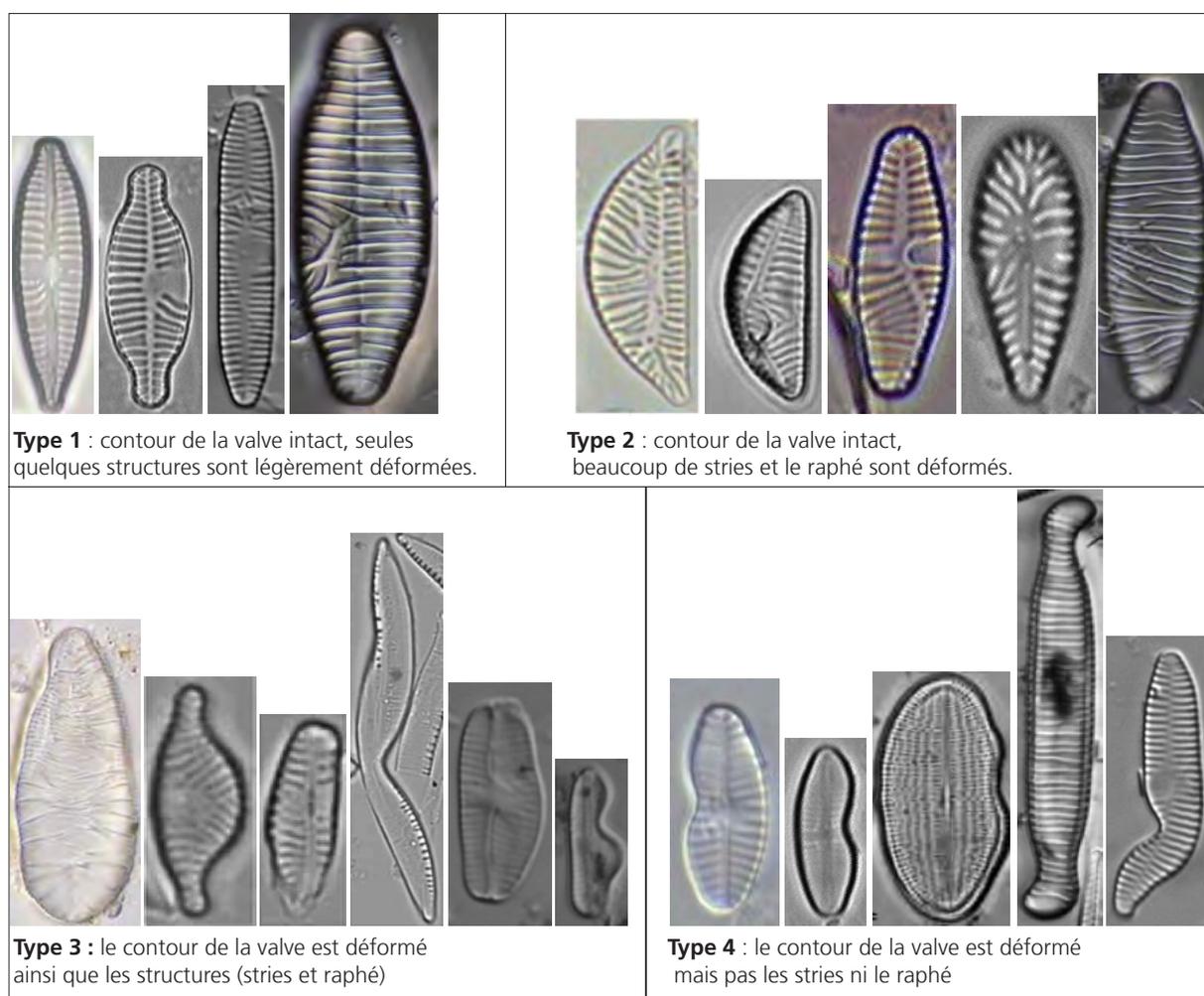
**Fig. 5.5 C : répartition de *Didymosphenia geminata* en Suisse selon la banque de données BIS d'AquaPlus AG.**

Jusqu'à présent, le taxon a été trouvé dans 132 des 7'633 prélèvements.



Une étude de la tératologie dans 42 STEP du canton de Zurich (bassins secondaires de décantation, exutoires, prélèvement d'avril 1989) a montré que la proportion peut être très élevée. Des fréquences relatives jusqu'à 13.2 % ont été trouvées (moyenne de 2.2 %,  $n = 42$ )<sup>2</sup>. Parmi ces 42 échantillons, seulement 6 ne présentaient aucune forme tératologique ou seulement un taux < 0.5 %.

Pour relever les formes tératologiques, 4 types ont été définis (**figure 5.6**). Ils sont basés sur des critères relativement bien visibles en microscopie optique. La valeur indicative de ces types n'a pas encore été totalement évaluée. Il est possible que l'on trouve les types 2 et 3 plutôt dans des eaux très polluées. La classification des taux de tératologie en 5 classes est issue de la série de données provenant des 42 échantillons de STEP, ainsi que de notre expérience personnelle.



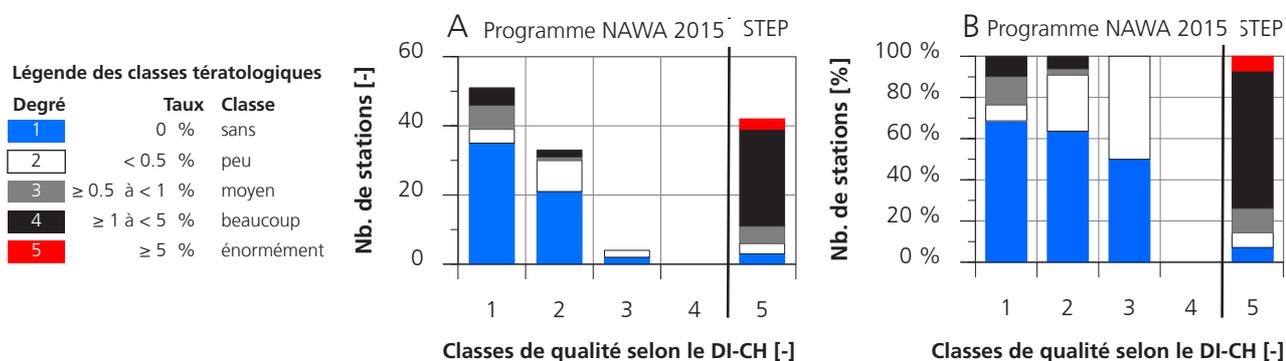
**Fig. 5.6 : types tératologiques (malformations des structures valvaires).**

Types retenus par S.A.M / A.S.E.M. (atelier d'identification des diatomées, La Chaux-de-Fonds, Association Suisse pour l'étude de la microflore), ainsi qu'AquaPlus AG & PhycoEco (2014c). Attention : les valves ne sont pas représentées à la même échelle. Les photos proviennent d'AquaPlus AG, Falasco *et al.* (2009), Rimet & Ector (2006) et Rimet *et al.* (2006).

<sup>2</sup> Déterminé dans le cadre de l'atelier "diatomées 2012 à La Chaux-de-Fonds" de l'Association Suisse pour l'Etude de la Microflore S.A.M. / A.S.E.M.

Nous distinguons les classes "sans" (0 %), "peu" (0 à < 0.5 %, somme des taux des 4 types), "moyen" (> 0.5 % à < 1.0 %), "beaucoup" ( $\geq 1$  % à < 5 %) et "énormément" ( $\geq 5$  %).

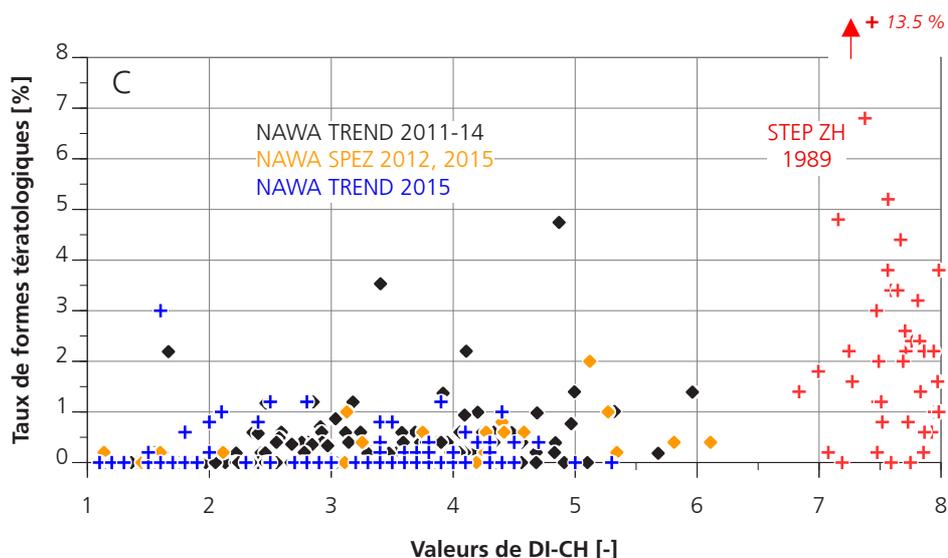
Dans la série des prélèvements NAWA de 2015 nous avons trouvé des taux de tératologie  $\geq 0.5\%$  dans 15 stations. Un taux maximal (somme des 4 types) de 3% a été relevé. Comme on peut le voir sur la **figure 5.7**, la proportion de malformations a tendance à augmenter proportionnellement à la valeur du DI-CH (**figure 5.7 C**), ou en fonction des classes de qualité des eaux (**figures 5.7 A et B**). Il faut cependant préciser que cette proportion n'est pas obligatoirement haute avec des valeurs élevées du DI-CH. Dans la série des 42 STEP (classe 5 "mauvaise" de qualité d'eau DI-CH > 6.5), nous avons aussi parfois trouvé des taux nuls ou faibles de



**Fig. 5.7 A et B : taux de formes tératologiques par classes de qualité d'eau déterminées par le DI-CH pour les échantillons de 2015.**

**A.** Nombre de stations par classes tératologiques et de DI-CH, **B.** Proportions de stations par classes tératologiques et de DI-CH.

Les deux séries de résultats sont représentées, provenant du programme NAWA de 2015 (88 échantillons, classes de qualité de 1 à 4) et des STEP zurichoises de 1989 (42 échantillons, classe de qualité 5).



**Fig. 5.7 C : taux de formes tératologiques en fonction des valeurs de DI-CH.**

Sur le graphe, figurent les résultats des programmes NAWA TREND de 2011-14 (157 échantillons) et de 2015 (88 échantillons), NAWA SPEZ de 2012 (15 échantillons) et de 2015 (22 échantillons), ainsi que des STEP zurichoises de 1989 (42 échantillons).

tératologie. Sur la **figure 5.7 C** on peut voir également que des taux relativement élevés ( $> 1\%$ ) peuvent être observés dans des eaux de bonne qualité, c'est-à-dire avec des valeurs de DI-CH faibles.

Dans quelle mesure le relevé des formes tératologiques dépend des opérateurs qui réalisent les dénombrements? Cette question a été documentée sur la base de tests comparatifs réalisés dans le cadre de l'atelier sur les diatomées à La Chaux-de-Fonds (2013) et des travaux issus du cours CAS sur le phytobenthos. Ces essais montrent que l'appréciation des formes tératologiques est très variable et dépend en grande partie de l'expérience des opérateurs. Dans le programme NAWA 2015, les 30 stations dans lesquelles des formes tératologiques ont été trouvées se répartissent sur les 3 institutions qui ont réalisé les comptages. Les institutions 2 et 3 ont réalisé la majorité des comptages. L'institution 2 a trouvé de la tératologie dans 14 échantillons en tout (= 27 % de ses comptages) et l'institution 3 dans 15 échantillons (= 41 % de ses comptages). Parmi les dénombrements qui comportent  $\geq 1\%$  de tératologie, cinq proviennent de l'institution 3 et deux de l'institution 2.

En tout, dans les 88 échantillons du programme, 98 valves mal formées ont été relevées, réparties parmi les 4 types tératologiques. Cela correspond à 0.2% de la totalité des 44'000 valves dénombrées (pour la période 2011-2014 : 0.4%). Ces

#### Légende des classes tératologiques

Degré	Taux	Classes
1	0 %	sans
2	$< 0.5\%$	peu
3	$\geq 0.5$ à $< 1\%$	moyen
4	$\geq 1$ à $< 5\%$	beaucoup
5	$\geq 5\%$	énormément



**Fig. 5.8 : répartition géographique des formes tératologiques (valves mal formées).**

Résultats du programme NAWA 2015. Les lignes brun clair délimitent les régions biogéographiques.

malformations ont été trouvées dans 20 taxons (2011-2014 : 24 taxons), dont principalement chez *Achnantheidium* (4 taxons), *Diatoma* (3 taxons) et *Fragilaria* (3 taxons). Les taxons suivants sont le plus souvent mal formés : *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae*, *Achnantheidium delmontii*, *A. minutissimum* var. *minutissimum*, *A. pyrenaicum* et *Diatoma vulgare*. Ces 5 taxons livrent 74 % de toutes les observations.

La répartition de ces 98 valves mal formées dans les 4 types tératologiques montre que le type 4 est nettement le plus fréquent (60 valves, 61 % de toutes les valves mal formées) par rapport aux 3 autres types (type 1 : 15 valves, type 2 : 16 valves, type 3 : 7 valves). Une grande partie de ces malformations consiste en des contours défectueux de valves (type 4).

La répartition géographique de la tératologie est donnée à la **figure 5.8**. Elle montre que les malformations sont nettement plus fréquentes sur le Plateau et dans le Jura, que dans les autres régions. Sur le flanc nord des Alpes, dans 3 stations le taux est > 0.5 %. Il s'agit d'Ingenbohl (ID 100) sur la Muota, de l'amont de Frutigen (ID 56) sur l'Engstlige et de Broc (ID 107) sur la Sarine. Dans les Alpes Centrales Orientales et Occidentales aucune fréquence élevée de malformations n'a été trouvée. Comme le nombre de stations y est faible, qu'elles sont situées sur de grosses rivières alpines (les petites rivières manquent) nous renonçons à tirer d'autres conclusions.

Une abondance > 2% de formes tératologiques n'a été trouvée qu'à Boudry (ID 85) sur l'Areuse.

#### **5.4 Indications de qualité biologique (valeurs de l'indice DI-CH)**

Les indications de qualité biologique des eaux ont été obtenues par le calcul de l'indice DI-CH. Celui-ci varie de 1 à 8 et a été étalonné avec des paramètres chimiques (OFEV 2007a). L'étalonnage a été réalisé avec la communauté épilithique vivant sur des galets de la taille du poing ou de la tête en eau courante. La présente étude a été entièrement réalisée conformément au module sur les diatomées de l'OFEV. Les valeurs de DI-CH obtenues à partir des communautés de diatomées dépendent donc en premier lieu des facteurs qui définissent la qualité chimique classique de l'eau. Il s'agit de l'utilisation du sol, la proportion d'eau usée, les unités de gros bétail, mais aussi la taille des bassins versants ou les zones biogéographiques. Du fait de la procédure choisie, ces valeurs n'ont que peu de liens avec les facteurs morphologiques (écomorphologie). En effet, la communauté épilithique a été choisie à dessein, car on peut la prélever en permanence dans le courant, contrairement aux communautés vivant sur les autres substrats (vase, sable, gravier, bois, mousses, macrophytes, etc.) ou à d'autres endroits amphibies des rives. Cependant, des événements hydrologiques violents avec charriage du sédiment peuvent avoir une influence. Ils obligent les communautés à se reconstituer, ce qui est assuré par la dominance d'espèces pionnières du genre *Achnantheidium* ou *Amphora*. Il s'agit principalement de petites formes à forte capacité de reproduction.

Des évaluations ciblées sont présentées ci-dessous. Elles permettent de donner un aperçu général des résultats. Les résultats individuels qui concernent les stations ne sont pas présentés ici. Nous renvoyons le lecteur aux commentaires brefs (voir les annexes électroniques de ce rapport).

A l'annexe B1 se trouve la liste de toutes les stations, ainsi que les résultats les plus importants obtenus en 2015.

Pour connaître la variabilité annuelle du DI-CH au cours du temps, 20 stations ont été analysées chaque année entre 2011 et 2015. Les valeurs de DI-CH de ces 20

**Tab. 5.4 : qualité biologique des eaux des 20 stations étudiées chaque année entre 2011 et 2015 (qualités exprimées en valeurs de DI-CH).**

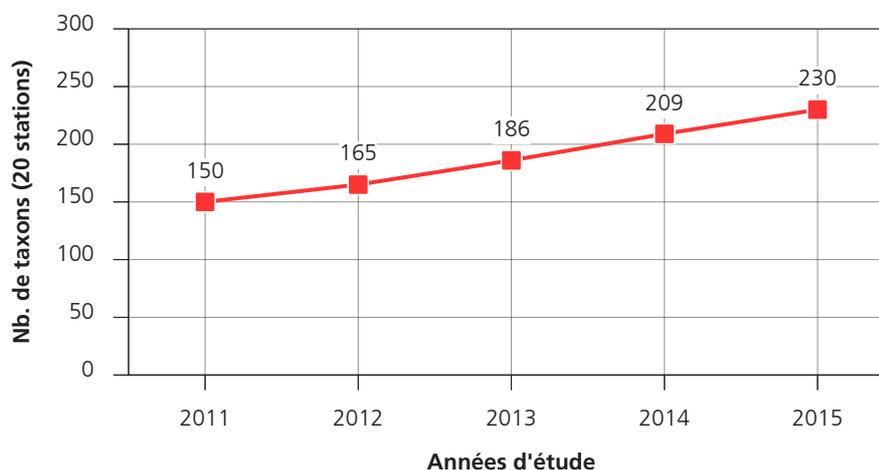
**Légende du DI-CH et des classes de qualité**

1 à < 3.5 très bon    ≥3.5 à <4.5 bon    ≥4.5 à <5.5 moyen    ≥5.5 à <6.5 médiocre    ≥6.5 bis 8 mauvais

Rivière, lieu	ID	canton	Valeurs du DI-CH					rouge = valeur pire bleu = meilleure valeur
			2011	2012	2013	2014	2015	
Drance, Martigny Bourg	18	VS	3.1	2.1	1.2	1.6	1.1	
Steinach, Mattenhof	23	SG	6.0	5.1	4.9	5.3	3.9	
Necker, Lütisburg - Letzi	27	SG	2.7	3.7	3.1	2.2	4.1	
Bünz, Möriken	34	AG	3.4	4.1	4.1	4.2	3.9	
Furtbach, nach ARA Otelfingen	49	ZH	4.3	3.8	4.4	4.4	4.4	
Engstlige, Chriesbaum	56	BE	2.5	1.8	1.9	1.4	1.8	
Chise, ob. Oberdiessbach	58	BE	3.6	4.1	4.1	3.2	4.4	
Sense, Thörishaus	60	BE	2.5	4.1	2.8	2.7	3.4	
Töss, Rämismühle (Zell)	66	ZH	2.0	2.8	2.5	1.7	1.5	
Murg, Frauenfeld	70	TG	3.4	4.0	3.7	4.1	3.9	
Salmsacher Aach, Salmsach	73	TG	4.2	4.3	4.4	4.2	4.1	
Lorze, Letzi	76	ZG	2.9	2.9	2.7	2.6	2.1	
Areuse, Boudry	85	NE	2.7	3.1	3.0	1.6	1.6	
Doubs, Ocourt-La Motte	88	JU	3.7	4.0	4.2	3.6	3.2	
Muota, Ingenbohl	100	SZ	2.3	2.3	2.2	2.0	2.4	
Sarine, Broc	107	FR	2.1	1.8	1.7	1.6	1.8	
Sitter, Appenzell Sittertal	115	AI	2.4	2.5	1.7	2.1	2.3	
Talent, Chavornay	127	VD	4.9	5.7	4.7	4.7	5.3	
Aubonne, Allaman	130	VD	3.0	2.6	3.2	2.2	1.2	
Simme, Laterbach	133	BE	1.9	1.5	1.3	1.3	1.2	

**Fig. 5.9 : flore cumulée des 20 stations analysées chaque année.**

Les nombres de taxons trouvés progressivement aux 20 stations figurent sur le graphe. La progression est linéaire, ce qui signifie qu'après 5 ans, l'inventaire spécifique n'est pas encore complet.



stations sont données dans le **tableau 5.4** et la flore cumulée sur la **figure 5.9**. Dans 13 des 20 stations, les diatomées indiquent les mêmes classes de qualité au cours des 5 ans (10 station "très bonne", 3 stations "bonne"). Dans ces 13 stations, les valeurs du DI-CH varient autour de 0.3 à 2.0 unités.

Dans les 7 autres stations, au cours des 5 ans, les indications ont une portée de 2 ou 3 classes de qualité d'eau, les valeurs du DI-CH fluctuant de 0.6 à 2.1 unités.

Nous ne savons pas avec certitude, si une modification soudaine du DI-CH représente un changement des conditions environnementales (qualité d'eau, crue, etc.) ou si elle dépend simplement de la marge d'erreur de la méthode.

Pour juger de l'erreur méthodologique il est déterminant d'en connaître les causes qui proviennent soit du terrain (prélèvement, variabilité d'une pierre à l'autre et au cours des jours, etc.), soit du laboratoire (traitement, qualité des préparations, répartition des valves sur le couvre-objets, etc.) ou encore du dénombrement (nombre de valves comptées, choix des chemins de dénombrement, déterminations, etc.). Sur la base des tests comparatifs et des prélèvements dédoublés nous savons que l'erreur standard est de  $\pm 0.1$  à  $\pm 0.5$  unités. Elle a été évaluée par exemple au cours du test réalisé par 9 diatomistes en 2013 sur des prélèvements de Rheinsfelden (ID 43) sur la Glatt<sup>3</sup>. Le DI-CH variait de 3.6 à 4.3 avec une erreur standard de  $\pm 0.21$ . Lorsque des prélèvements sont réalisés par différentes personnes dans une station, mais que les préparations et les dénombrements sont effectués par le même opérateur, les valeurs minimales et maximales du DI-CH diffèrent de 0.5 unités avec une erreur standard de  $\pm 0.2$  unités (Gürbe, atelier NAWA printemps 2011, 8 sous-échantillons, erreur standard  $\pm 0.17$ ; Rot, atelier NAWA automne 2011, 8 sous-échantillons dans le courant, erreur standard  $\pm 0.28$ ). Ainsi, dans la plupart des cas, des variations de plus de 0.5 unités ne semblent pas liées à la méthode.

De ce fait également, une tendance à l'amélioration ou à la dégradation ne peut pas être certifiée avant quelques années. Cependant, on peut considérer des variations de qualité comme effectives lorsque le DI-CH varie toujours dans la même direction ou d'un coup de plus de 0.5 unités. Parmi les 20 stations sur cinq ans, une tendance continue à l'amélioration de plus de 0.5 unités a été constatée à Martigny Bourg VS (ID 18) sur la Drance, à Mattenhof SG (ID 23) sur la Steinach, à Boudry NE (ID 85) sur l'Areuse, à Laterbach BE (ID 133) sur la Simme et à la rigueur à Rämismühle ZH (ID 66) sur la Töss, à Letzi ZG (ID 76) sur la Lorze et à Allaman VD (ID 130) sur l'Aubonne.

Une dégradation continue sur cinq ans de plus de 0.5 unités n'a été observée nulle part. Dans toutes les autres stations, des variations plus faibles soit dans le même sens ou en sens inverse ont été observées. Il n'est par rare par contre que le DI-CH varie d'une année à l'autre de plus de 0.5 unités, mais parfois en direction inverse.

Avec un seul prélèvement annuel nous ne pouvons pas aborder la variabilité saisonnière. Or la saisonnalité joue un rôle. Par la comparaison des résultats des analyses que nous avons faites au printemps et en automne dans 880 stations, il apparaît que dans 72% des cas, la qualité des eaux en automne est moins bonne

---

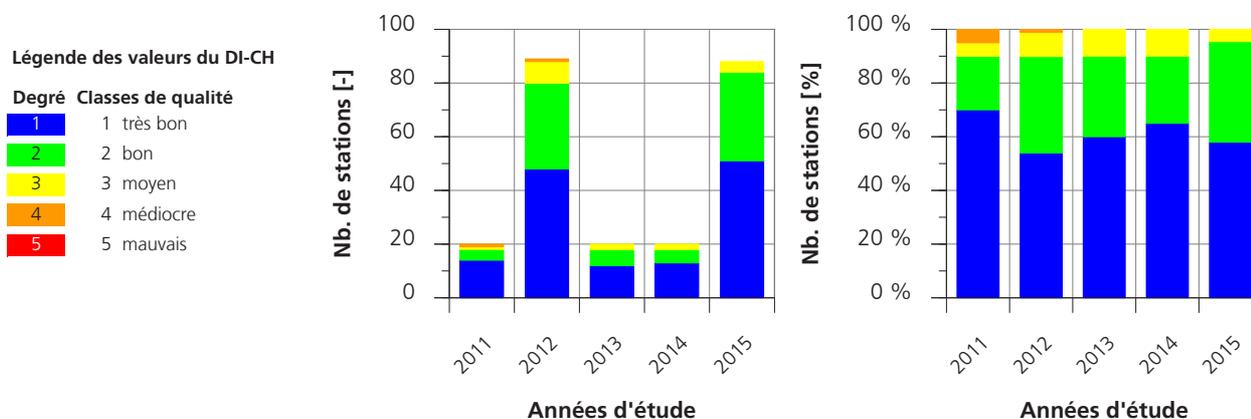
<sup>3</sup> *Évalué dans le cadre de l'atelier "Diatomées 2013 à La Chaux-de-Fonds" de l'Association Suisse pour l'Étude de la Microflore S.A.M. / A.S.E.M.*

qu'au printemps. Cela est valable pour des stations situées à moins de 1'000 m d'altitude et est indépendant des classes de qualité des eaux (déterminées par le DI-CH).

L'examen de la courbe de la flore cumulée (**figure 5.9**), montre que l'inventaire floristique des 20 stations n'est pas terminé. Cela est aussi lié à la méthode destinée à calculer le DI-CH (prélèvements sur les galets, dénombrement de 500 valves) et non pas à appréhender la biodiversité totale. Si nous avons également prélevé chaque année sur d'autres substrats que les pierres et compté plus de 500 valves, la courbe ne progresserait pas de manière linéaire mais aurait probablement tendance à s'aplatir.

La fréquence des classes de qualité indiquées par le DI-CH est donnée à la **figure 5.10** par année. La répartition est à peu près stable au cours des 5 ans. La classe 4 (médiocre) n'est apparue qu'en 2011 et 2012. La proportion annuelle des classes  $\geq 3$  (moyen, médiocre, mauvais) est toujours  $\leq 10\%$  par rapport aux stations étudiées. Sur l'ensemble des stations et pour toutes les années d'étude, seules 8 % des stations n'atteignent pas les objectifs écologiques de l'OEaux, annexe 1.

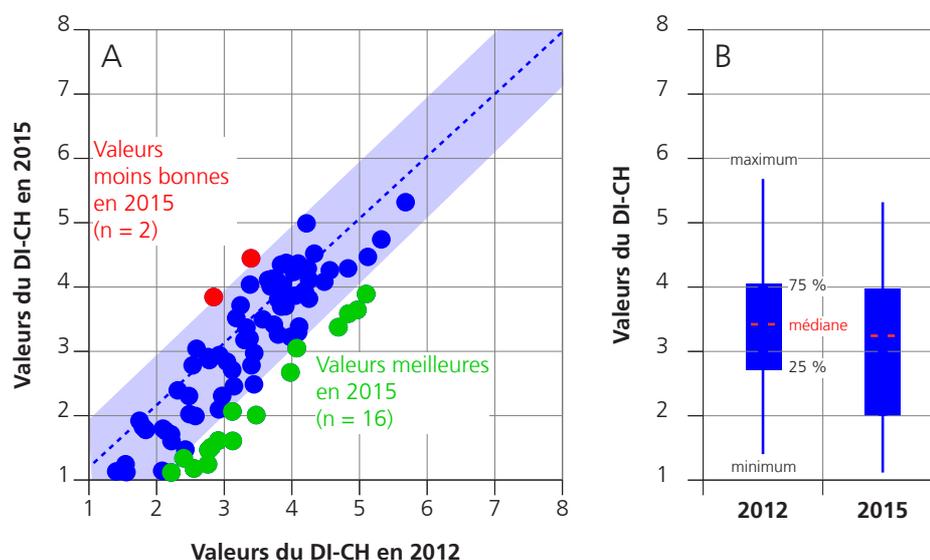
Les valeurs du DI-CH des deux programmes de 2012 et 2015 sont comparées à la **figure 5.11**. La comparaison montre que dans 18 stations sur 88 (20% des stations), le DI-CH a fortement varié, avec de nettes améliorations dans 16 stations et des dégradations dans 2 d'entre-elles. Les stations qui ont subi les plus grandes variations sont présentées sur la **figure 5.11 A**. Les valeurs de DI-CH de 2012 et 2015 à chaque station sont données en **annexe B1**. Dans l'ensemble, par rapport à 2012, la médiane s'est légèrement améliorée et le 25<sup>ème</sup> percentile nettement (**figure 5.11 B**). Les interprétations suivantes montreront dans quelle mesure c'est une tendance à l'amélioration ou un simple hasard. Une cause importante de cette amélioration est probablement indiquée par le taxon *Achnanthydium lineare* sensu lato. Cette espèce est très petite et indique une très bonne qualité d'eau. *A. lineare* a été observé en 2012 dans 14 stations (fréquence relative entre 0.2 et 9.2 %, jamais dominante), tandis qu'en 2015 elle l'était dans 42



**Fig. 5.10 : distribution des classes de qualité au cours des années.**

A gauche : nombre absolu de stations, à droite : répartition en pourcents. Nombre de stations par année : 2011, 2013, 2014 : 20 stations, 2012 : 89 stations, 2015 : 88 stations.

stations (fréquence relative entre 0.2 et 39.2 %, 11 fois comme dominante). Dans toutes les stations, dans lesquelles elle a été observée, les abondances sont plus élevées en 2015 qu'en 2012, à l'exception de deux stations (à S-chanf GR, ID 91, sur l'Inn et à Schalunen BE, ID 62, sur l'Urtenen). Ce taxon a avant tout progressé en 2015 à plus basse altitude (2012 : à 9 stations < 500 m, 2015 : 26 à stations < 500 m), ce qui a une influence sur le DI-CH. Il est possible que les valeurs D et G attribuées à cette espèce sont trop faibles, car elle n'était pas considérée comme indépendante lors du second étalonnage de l'indice. Un nouvel étalonnage de cette espèce est donc probablement nécessaire.



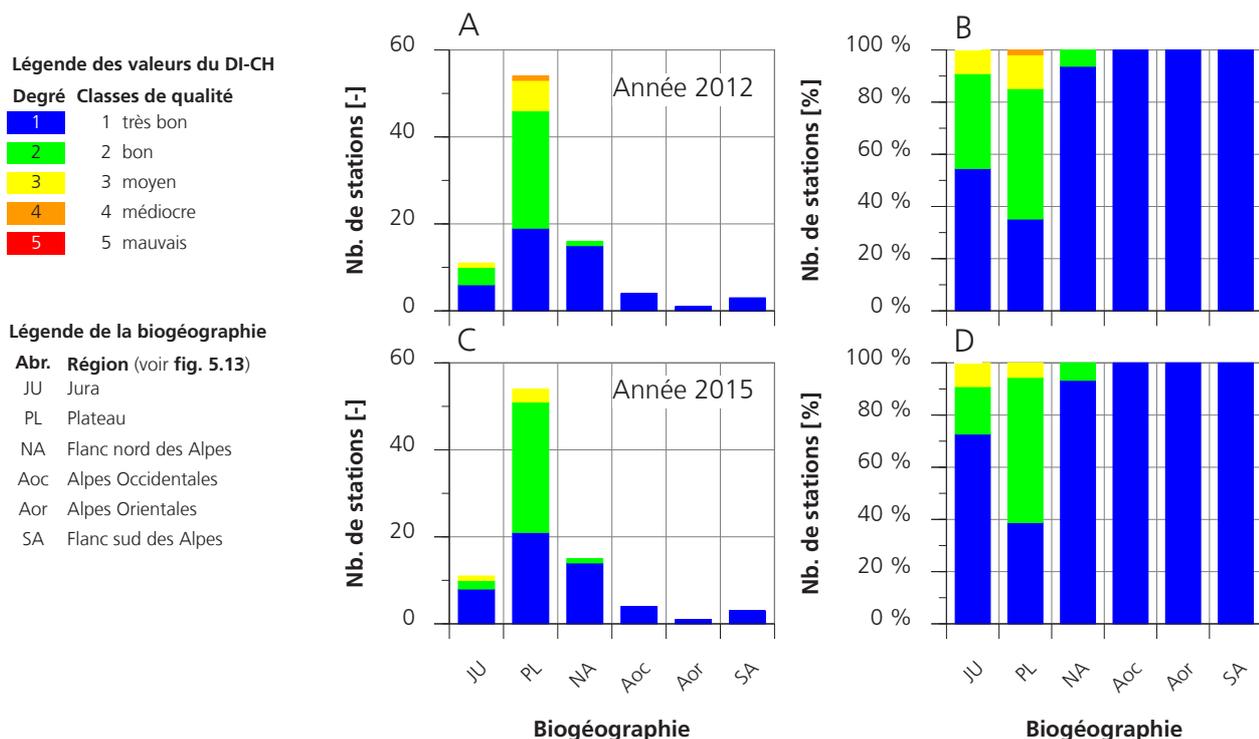
Rivières	ID	DI-CH 2012	DI-CH 2015	Etat	Remarques
Steinach	23	5.1	3.9	meilleur	dérivation d'eau polluée
Venoge	20	5.0	3.6	meilleur	
Lorze	75	4.8	3.6	meilleur	
Boiron de Morges	129	4.7	3.4	meilleur	réduction des pesticides
La Birse	134	4.1	3.1	meilleur	
Langete	63	4.0	2.7	meilleur	hausse notable d' <i>A. lineare</i>
Veveyse	131	3.5	2.0	meilleur	hausse notable d' <i>A. lineare</i>
Areuse	85	3.1	1.6	meilleur	hausse notable d' <i>A. lineare</i>
Promenthouse	128	3.1	2.1	meilleur	hausse notable d' <i>A. lineare</i>
Kander	92	2.9	1.6	meilleur	hausse notable d' <i>A. lineare</i>
Rhône	15	2.8	1.5	meilleur	hausse notable d' <i>A. lineare</i>
Töss	66	2.8	1.5	meilleur	
Moesa	99	2.8	1.2	meilleur	
Aubonne	130	2.6	1.2	meilleur	hausse notable d' <i>A. lineare</i>
Rhône	17	2.4	1.3	meilleur	hausse notable d' <i>A. lineare</i>
Reuss	101	2.2	1.1	meilleur	
Arve	86	2.8	3.8	pire	
Urtenen	62	3.4	4.4	pire	

**Fig. 5.11 : comparaison des valeurs de DI-CH en 2015 par rapport à 2012.**

**A :** distribution des couples de valeurs de DI-CH avec indications des variations les plus marquées (points rouges et verts). Voir l'**annexe B1** pour les valeurs de DI-CH en 2012 et 2015.

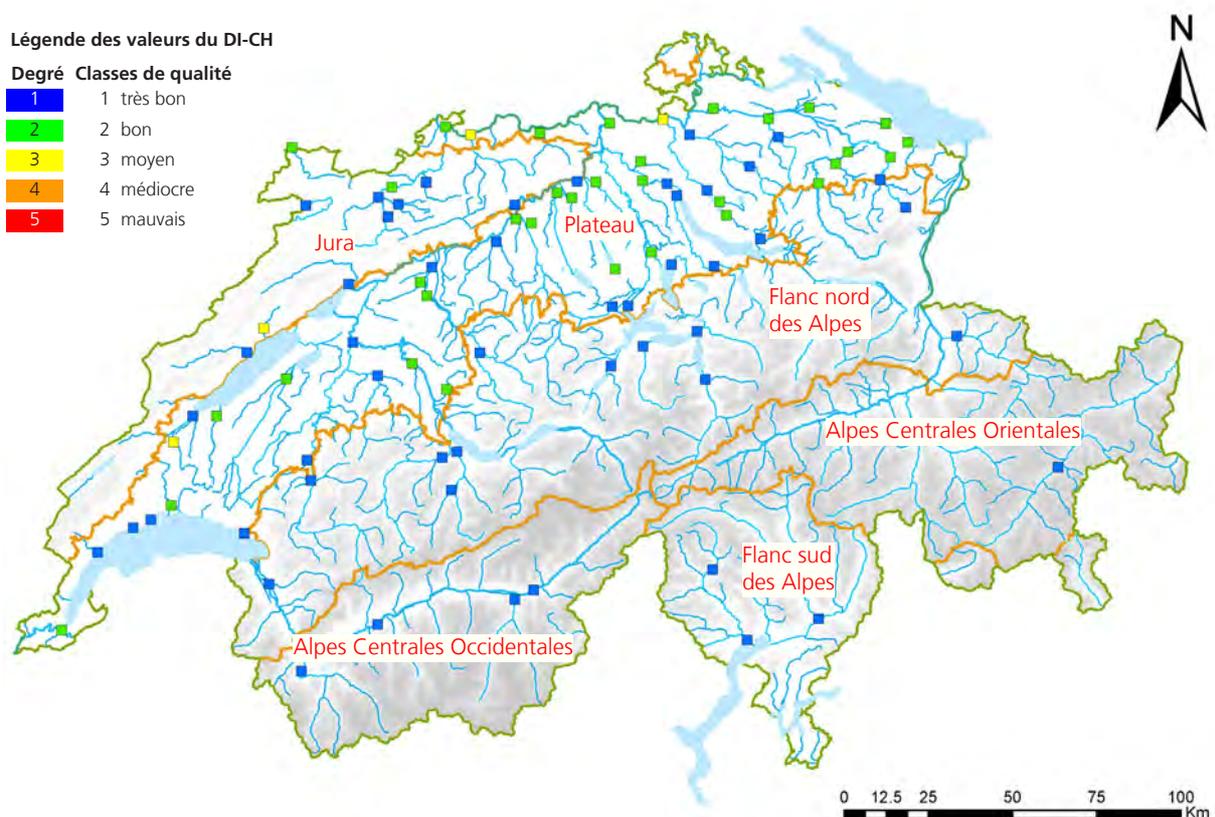
**B :** paramètres statistiques de la dispersion des valeurs de DI-CH par année.

**Tableau du bas :** liste des stations qui présentent les plus grandes variations par rapport à 2012.



**Fig. 5.12 : répartition des classes diatomiques de qualité par région biogéographique.** Voir la **figure 5.13** pour la situation des région biogéographiques.

**A, C** : nombre absolu de stations, **B, D** : répartition en %. Les résultats suivants sont donnés : **A, B** = NAWA 2012 (89 stations), **C, D** = NAWA 2015 (88 stations).



**Fig. 5.13 : répartition géographique des classes diatomiques de qualité basées sur les valeurs du DI-CH.**

Les valeurs du programme de 2015 sont représentées. Les lignes brun clair délimitent les régions biogéographiques. A l'**annexe B1**, les valeurs de DI-CH de 2012 et 2015 figurent pour chaque station à titre de comparaison.

La répartition des classes de qualité dans les régions biogéographiques est présentée avec les **figures 5.12** et **5.13**. La **figure 5.12** indique les proportions par région biogéographique en 2012 et 2015.

La répartition des classes de qualité est à peu près identique en 2015 et 2012, si ce n'est la disparition de la classe 4 sur le Plateau (médiocre, à Chavornay VD, ID 127, sur le Talent). Dans les 4 régions plus ou moins alpines, à une exception près, seule la classe 1 (très bon) apparaît. Dans l'espace alpin la densité de la population et l'activité agricole sont plutôt faibles. En plus, les rivières étudiées y sont importantes, si bien que la dilution des polluants éventuels est élevée et que l'impact sur les communautés de diatomées est faible.

La répartition géographique des classes de qualité est donnée à la **figure 5.13**. Elle montre très clairement que les stations problématiques se situent sur l'axe est-ouest de la Suisse, c'est-à-dire entre le Léman et le lac de Constance. Cependant sur le Plateau comme dans le Jura, le 90% de tous les échantillons indiquent des classes 1 "très bon" et 2 "bon" de qualité d'eaux.

Dans le cadre du programme de mesures NAWA, les conditions hydro-écologiques doivent être étudiées et analysées de façon à mettre en évidence les tendances à l'amélioration ou à la dégradation. Cela signifie aussi que des réactions, à des mesures prises sur les bassins versants (rénovation de STEP, extensification de l'agriculture, etc.), à des changements législatifs (protection des eaux, agriculture, ordonnance sur les substances, etc.), également à des changements régionaux ou locaux (précipitations, températures, changements climatiques, etc.), devraient être enregistrées par les diatomées, par exemple via le DI-CH ou par d'autres ca-

**Tab. 5.5 : évolution des valeurs de DI-CH dans les 8 stations NAWA du canton d'Argovie.**

Les valeurs de DI-CH sont arrondies. Source des valeurs de 1996 à 2009 : voir la page web [www.ag.ch/umwelt](http://www.ag.ch/umwelt) (Umweltinformationen > Wasser > Oberflächengewässer > Biologische Indikatoren für die Wasserqualität > Kieselalgen) et AquaPlus (2010). Les amplitudes de variations du DI-CH sur l'ensemble des années figurent dans la dernière colonne (= unités du DI-CH calculées sur la base des valeurs exactes de DI-CH).

#### Légende du DI-CH et des classes de qualité

1 à <3.5	très bon	≥3.5 à <4.5	bon	≥4.5 à <5.5	moyen	≥5.5 à <6.5	médiocre	≥6.5 à 8	mauvais
----------	----------	-------------	-----	-------------	-------	-------------	----------	----------	---------

Rivière, lieu	ID	Canton	Valeurs de DI-CH de 1996 à 2015																	Variations (arrondies)						
			1996	1997	1998	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		2015					
Saisonnalité (E = été, P = printemps)			E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	P	P	P	P	P	P					
Pfaffnern, Rothrist	32	AG		5.0		3.8		3.3		4.2		3.4		4.1							3.9				4.0	0.9
Wyna, Suhr	33	AG	6.0		4.8		4.3		4.6		4.3		3.8								3.7				4.1	1.8
Bünz, Möriken	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	2.2	
Surb, Döttingen	35	AG	5.2		4.4		4.6		3.9		4.5		4.1								4.3				3.8	1.4
Sissle, Eiken	36	AG	5.2		4.3		4.0		4.4				3.4		3.8						3.8				3.7	1.5
Suhre, Suhr	39	AG		5.0		5.2		4.4		4.9		4.9		4.1							4.2				3.9	1.1
Aabach, Niederlenz	79	AG		4.9		4.9		5.1		4.9		4.7	4.5								3.8				3.3	1.6
Wigger, Zofingen	111	AG	5.4		5.0		4.6		5.3				3.9		3.7						4.2				3.9	1.5
Moyenne par année			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	1.7	

ractéristiques des communautés (tératologie, proportion et répartition de certaines espèces indicatrices). Une tendance de ce type est mise en évidence par les variations observées dans les 8 stations NAWA du canton d'Argovie. Le **tableau 5.5** présente les valeurs de DI-CH relevées entre 1996 et 2015 dans ces stations.

Depuis 1996, chaque station a été étudiée 8 fois (12 fois à Möriken sur la Bünz), selon un rythme approximatif de deux ans. De 1996 à 2010 les prélèvements ont été réalisés en été (surtout en août) et depuis 2011 au printemps (mars). On voit d'une part qu'à chaque station les conditions se sont nettement améliorées et d'autre part que la moyenne annuelle du DI-CH a baissé de 5.6 à 3.8. Par ailleurs depuis 2008 à toutes les stations (sauf pour la Bünz, ID 34) les valeurs du DI-CH sont  $< 4.5$  (= classe 2 de qualité ou meilleure). Cela démontre que les mesures de protection des eaux (p. ex. restaurations de STEP) ont eu un effet bénéfique sur les diatomées et sur une partie du métabolisme aquatique. Cette série du canton d'Argovie illustre de manière convaincante les variations des communautés ne montrent de tendance que sur des périodes relativement longues. Des décalages à court terme à l'inverse de la tendance générale sont des phénomènes bien connus de ces dynamiques à long terme. Ils peuvent provenir d'événements naturels (p. ex. crue, transport sédimentaires, longue période chaude ou froide) ou de manifestations biologiques (p. ex. augmentation du broutage, attaque parasitaire, maladie, etc.).

La **figure 5.14** met en évidence des corrélations générales avec des paramètres liés à la taille des bassins versants. Les stations qui intègrent des bassins versants  $> 500 \text{ km}^2$  ne présentent presque jamais de valeur de DI-CH  $> 4.5$ . De même, des corrélations peuvent être faites avec le  $Q_{347}$  (étiage) et le  $Q_m$  (débit moyen annuel). Les résultats dépendent d'une part de la taille des bassins versants et mesurent d'autre part la dilution des éventuelles charges polluantes. Globalement, il ressort de la **figure 5.14** que la valeur du DI-CH est d'autant plus élevée que la taille du bassin versant est petite et que le débit est moindre. Ce n'est cependant pas valable pour toute la Suisse, mais se vérifie surtout sur le Plateau. A notre connaissance, dans les petits bassins versants préalpins et alpins (avec des NOCE 1 et 2), les classes de qualité 1 et 2 sont aussi bien représentées. Normalement, des valeurs de DI-CH  $> 4.5$  ne sont observées que lorsque le  $Q_{347} < 1 \text{ m}^3/\text{s}$  (rarement  $< 5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) ou le  $Q_m < 5 \text{ m}^3/\text{s}$  (rarement  $< 10 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Les débits sont plus élevés dans les bassins versants plus grands, où l'utilisation du sol est plus variée et la part de zones non productives plus grande. Dans ces cas, la probabilité de trouver des valeurs de DI-CH  $> 4.5$  est très réduite.

Dans la **figure 5.14**, les valeurs de DI-CH sont aussi mises en corrélation avec les unités de gros bétail et la proportion d'eau usée par débit d'étiage  $Q_{347}$ . Les deux représentations permettent globalement de conclure que plus les unités gros bétail et plus la proportion d'eau usée sont élevées, plus le DI-CH est élevé. Une proportion d'eau usée  $> 20 \%$  entraîne toujours des valeurs minimales de DI-CH de 3.0 ou plus élevées. C'est la même chose pour les nombres d'unités gros bétail. A partir de  $100 \text{ unités}/\text{km}^2$ , les valeurs de DI-CH sont de 3.0 ou pires.

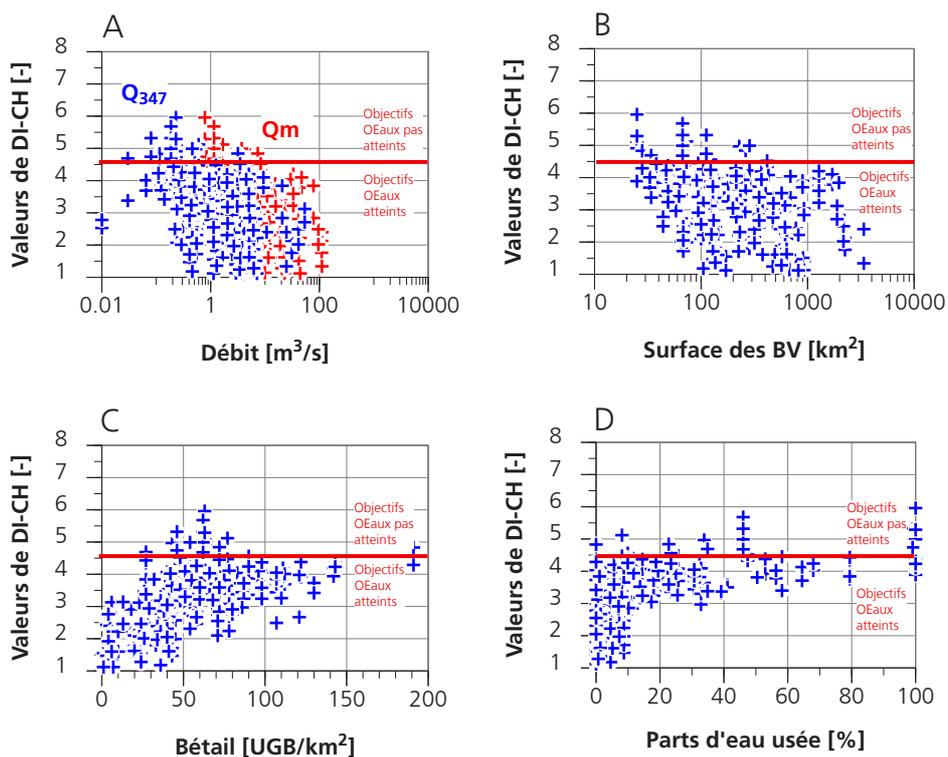


Fig. 5.14 : valeurs de DI-CH en fonction des (A) paramètres de débit ( $Q_{347}$  d'étiage, débit moyen annuel  $Q_m$ ), (B) surfaces des bassins versants (BV), (C) quantités de bétail (unités gros bétail (UGB) et (D) proportions d'eau usée par débit d'étiage  $Q_{347}$ . Les données proviennent des campagnes NAWA de 2011-15 (245 prélèvements).

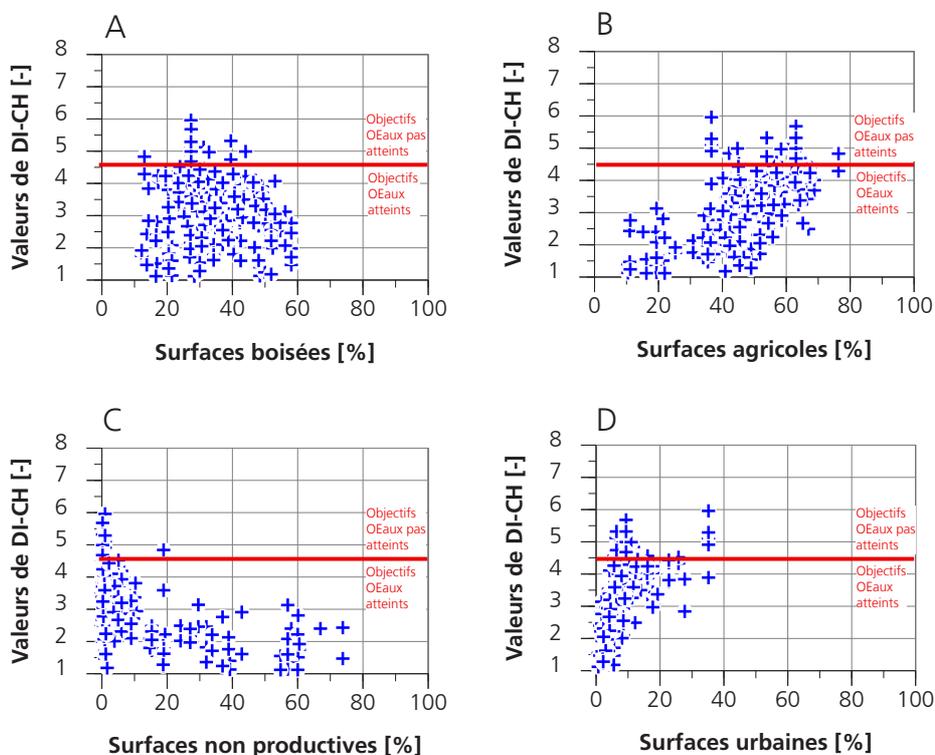


Fig. 5.15 : valeurs de DI-CH en fonction de plusieurs utilisations du sol (A- D). Les données proviennent des campagnes NAWA de 2011-15 (245 prélèvements).

Des valeurs plus élevées de DI-CH peuvent cependant aussi être observées lorsque la part d'eau usée ou les unités gros bétail sont moindres. Dans ces cas, d'autres facteurs entrent en ligne de compte comme l'utilisation du sol ou des combinaisons de paramètres (**figure 5.15**). Dans la **figure 5.15** certaines utilisations importantes des sol des bassins versants sont distribuées par rapport aux valeurs de DI-CH. Dans ces cas également, on peut conclure que plus les proportions de surfaces agricoles ou urbanisées sont importantes, plus les valeurs de DI-CH sont mauvaises. Inversement, plus les surfaces improductives sont importantes dans les bassins versants, meilleures sont les valeurs de DI-CH.

### 5.5 Adaptation à la station

Par la notion d'adaptation à la station, on tente d'estimer si une communauté est naturelle ou proche du naturel par rapport à la région, ou si elle ne l'est pas. Cette question est d'intérêt car il est spécifié dans l'article 1 de l'OEaux, annexe 1 que :

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

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

Paramètres de l'adaptation à la station	Plateau	Alpes <sup>1</sup>
<i>Paramètres atteints si :</i>		
<b>Valeurs de DI-CH</b>	< 4.5	< 2.0
<b>Somme des taxa avec valeur D</b>		
Valeur D ≥ 5.5	< 15%	< 10%
Valeur D < 2.5	> 10%	> 20%
<b>Structure</b>		
Dominance <sup>2</sup>	< 50%	< 50%
Nombre de taxa	> 18	> 18
Equitabilité	> 0.4	> 0.4

<sup>1</sup> Régions biogéographiques : flancs nord et sud des Alpes et Alpes Centrales.

<sup>2</sup> Avec une dominance > 50 % les valeurs D des taxons jouent un rôle supplémentaire.

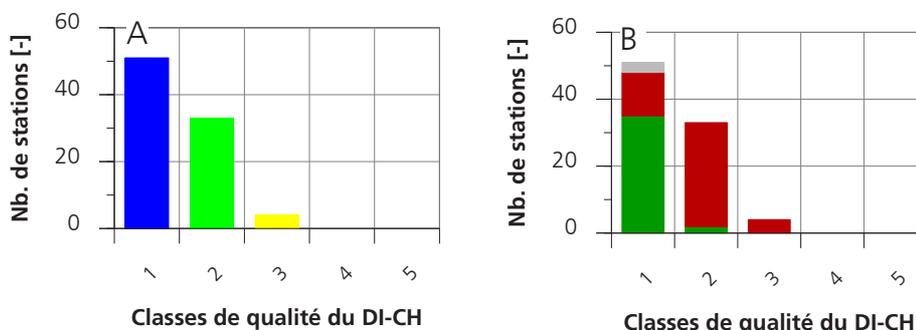
Sur la base de ces directives nous avons jugé les 88 communautés de diatomées au point de vue de l'adaptation à la station. Pour cela nous avons utilisé les valeurs du DI-CH, le nombre de taxons, l'équitabilité, les proportions d'espèces ayant une valeur D ≥ 5.5 et < 2.5, ainsi que le proportion maximale du taxon le plus abondant dans chaque prélèvement (= dominance). Des paramètres liés aux espèces et aux indices sont donc considérés, si bien que la structure des communautés aussi bien que des groupes indicatifs (DI-CH, groupes des valeurs D) sont utilisés pour l'évaluation (voir encart ci-contre). Cette démarche d'application est encore en développement. Néanmoins cela montre que l'exigence basée sur les communautés typiques de la station est nettement plus élevée que la simple attestation de qualité d'eau fournie par l'indice (valeurs de DI-CH).

**Légendes**

<b>Degré</b>	<b>Classes de qualité</b>
1	1 très bon
2	2 bon
3	3 moyen
4	4 médiocre
5	5 mauvais

<b>Degré</b>	<b>Adaptation à la station</b>
oui	conforme
flou	conditions incertaines
non	pas conforme



**Fig. 5.16 : A) répartition des classes de qualité selon le DI-CH, B) degré de conformité de l'adaptation à la station pour le programme 2015 (88 stations).**

A : nombre de stations par classes de qualité selon le DI-CH, B : nombre de stations avec les indications du degré de conformité des communautés (oui, flou, non) par classes de qualité des eaux.

Le nombre de stations par classe de qualité d'eau et le degré d'adaptation à la station par rapport aux valeurs du DI-CH sont présentés dans la **figure 5.16**, pour le programme de 2015 (88 stations). Alors qu'au point de vue du DI-CH dans 95 % des stations les conditions sont bonne à très bonnes, à peine 42 % d'entre-elles hébergent des communautés typiques des régions. En particulier pour la classe de qualité 2, presque toutes les communautés ne sont pas typiques des stations. Cela signifie qu'à ces stations, soit le DI-CH et la structure des communautés sont atypiques, soit la proportion d'indicateurs de charge est trop élevée, soit la proportion d'indicateurs d'eau propre est trop faible. On peut donc dire que les valeurs du DI-CH, conformément à l'étalonnage, satisfont pleinement les directives numériques de l'OEaux, annexe 2, mais pas les aspects biologiques de l'OEaux, annexe 1.

### 5.6 Diatomées et paramètres chimiques

Les communautés de diatomées sont déterminées par les conditions chimiques du milieu. Un facteur effectif est la teneur ionique. La **figure 5.17** est composée de quatre graphes avec la concentration de chlorures en fonction de divers paramètres diatomiques pour la période de 2011-2015. Pour la concentration en chlorures, la moyenne annuelle a été choisie par mesure de simplification. Une meilleure appréciation de l'impact chimique sur les diatomées serait possible, si l'on considérait encore d'autres grandeurs statistiques et d'autres fenêtres de prélèvements. La **figure 5.17** montre clairement que les "espèces dites d'eau propre" comme *Achnanthydium jackii* (groupe) et *A. pyrenaicum* (groupe), ainsi que toutes les espèces ayant une valeur D < 2.5 ne sont abondantes que lorsque la concentration moyenne annuelle de chlorures est faible (< 10 mg Cl<sup>-</sup>/l). De ce fait la valeur du DI-CH est aussi < 2.5, lorsque la concentration moyenne annuelle de chlorures est < 10 mg Cl<sup>-</sup>/l.

Par contre l'abondance des espèces d'eaux saumâtres et polluées ne présente pas de corrélation univoque avec la concentration de chlorures. Les nuages de points montrent cependant que l'abondance relative d'une partie de ce groupe d'espèces, ne croît à plus de 20% que lorsque la concentration moyenne annuelle est > 20 mg Cl<sup>-</sup>/l. Pour un fort développement des espèces d'eaux saumâtres, les concentrations en chlorures sont probablement trop faibles.

La concentration en nutriments est un autre facteur bien connu qui détermine la formation des assemblages de diatomées. Dans la **figure 5.18** nous avons aussi distribué, par mesure de simplification, la concentration moyenne annuelle d'azote total en fonction de divers aspects des communautés de diatomées. Avec ce paramètre également, le groupe d'espèces ayant une valeur D < 2.5, ainsi que les deux taxons *Achnanthydium jackii* (groupe) et *A. pyrenaicum* (groupe) n'apparaissent avec de fortes abondances que lorsque la concentration moyenne annuelle d'azote est environ < 2 mg N/l. De la même façon, les valeurs de DI-CH ne sont < 2.5 que lorsque la concentration moyenne annuelle d'azote est environ < 2.5 mg N/l. Le comportement des espèces plus ou moins autotrophes est particulièrement intéressant. Les espèces autotrophes utilisent de l'azote inorganique pour synthétiser leur substances organiques. Comme les espèces autotrophes ne sont abondantes que lorsque la concentration moyenne annuelle d'azote total est

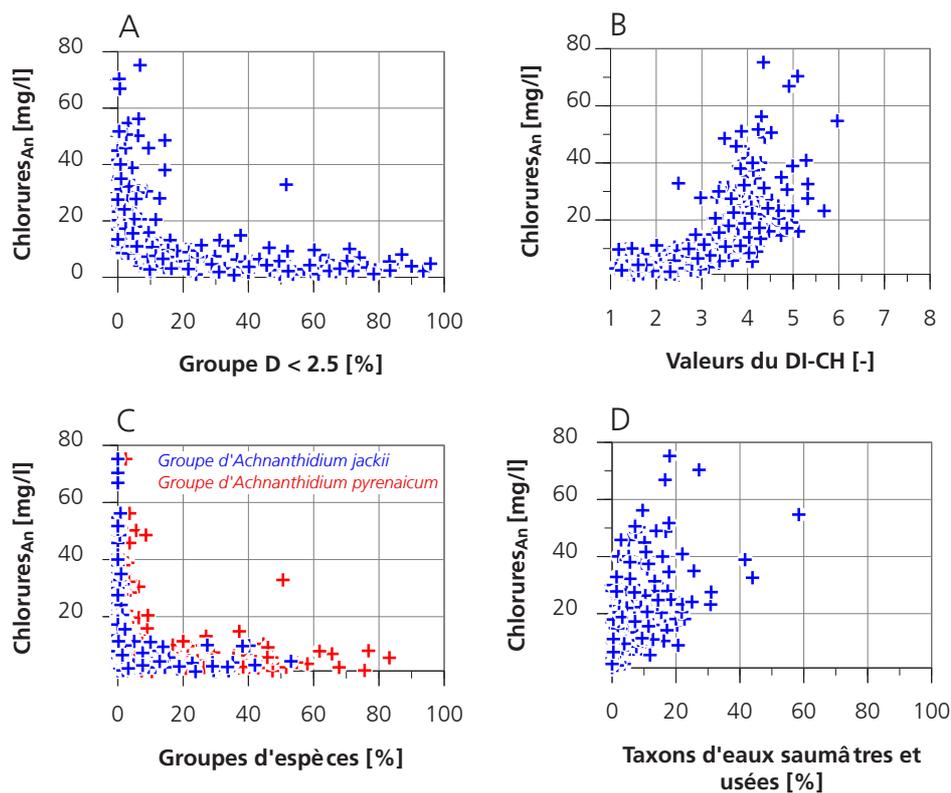


Fig. 5.17 : concentrations en chlorures (moyennes annuelles) en fonction (A) du groupe d'espèces avec une valeur D < 2.5, (B) des valeurs du DI-CH et (C, D) de caractéristiques spécifiques. Les données proviennent des campagnes NAWA de 2011-15 (245 prélèvements).

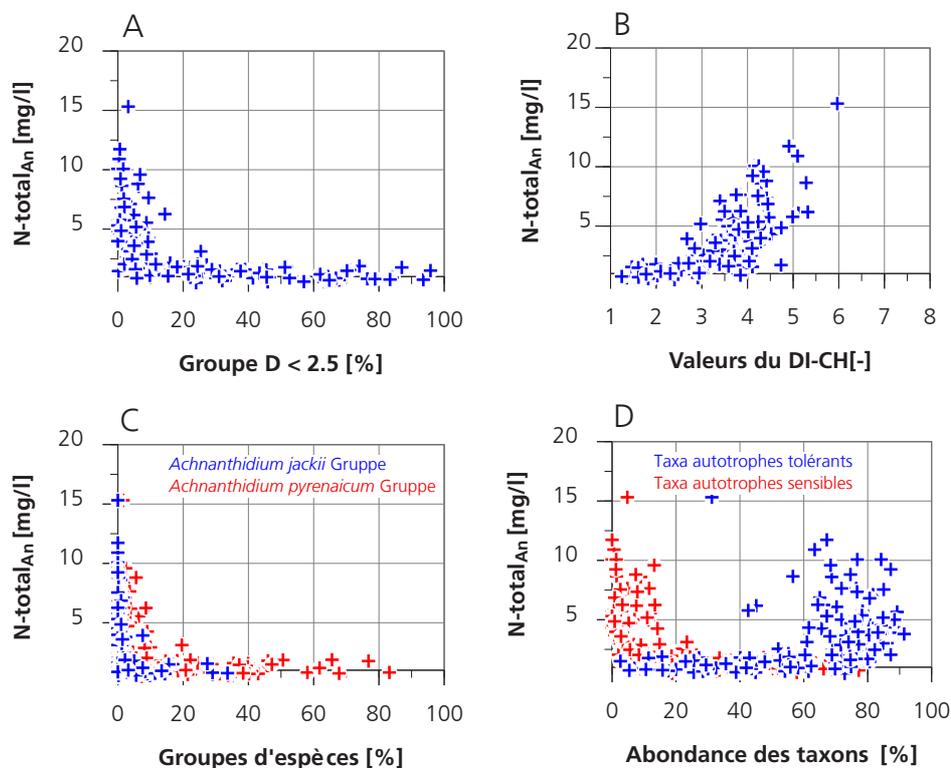
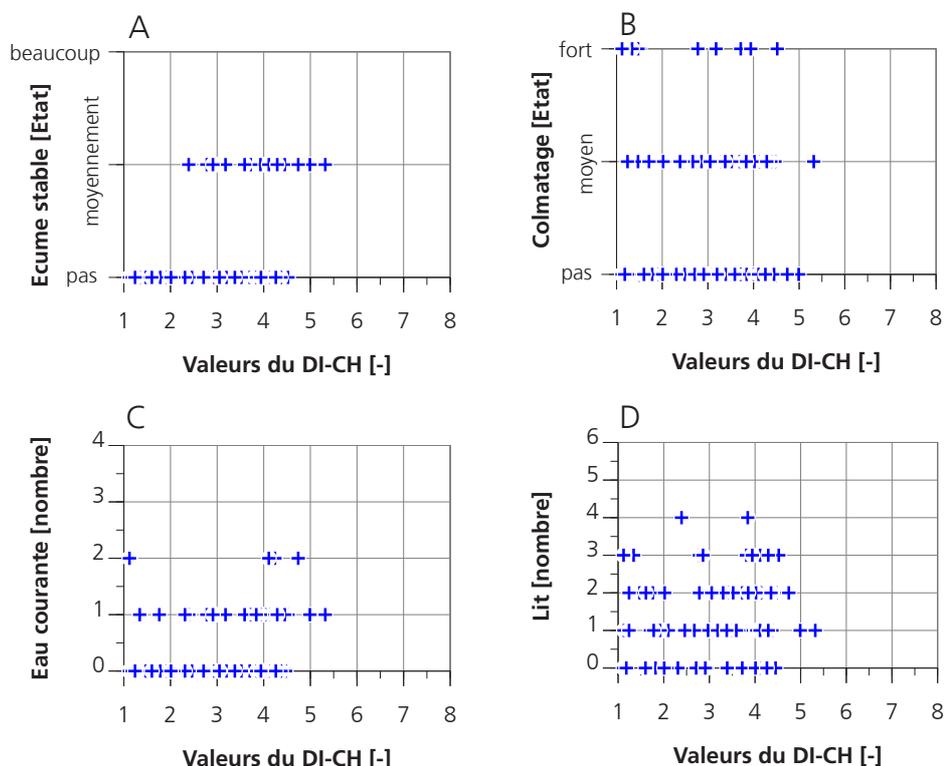


Fig. 5.18 : concentrations d'azote total (moyennes annuelles) en fonction (A) du groupe d'espèces avec une valeur D < 2.5, (B) des valeurs du DI-CH et (C, D) de caractéristiques spécifiques. Les données proviennent des campagnes NAWA de 2011-15 (245 prélèvements). Pour le classement des taxons autotrophes et hétérotrophes voir Van Dam et al. (1994).

< 2.5 mg N/l, nous présumons qu'alors l'azote ne se trouve que sous forme minérale (essentiellement sous forme de nitrates). Inversement, les proportions d'espèces plus ou moins hétérotrophes sont toujours basses, lorsque les concentrations moyennes annuelles sont faibles (< 2.5 mg N/l). Ces espèces, utilisent soit également de l'azote organique, ou tout au moins des composés réduits comme l'ammonium. Ce comportement pourrait être vérifié plus précisément par une analyse complémentaire des paramètres chimiques.

### 5.7 Diatomées et aspect général

Avec ses descripteurs, l'aspect général caractérise l'eau courante et le lit des cours d'eau. Ainsi l'aspect général décrit l'état de toute la zone immergée, mais avec le relevé des déchets, également l'état de la rive en dessus du niveau de l'eau. Il faut considérer les descripteurs de l'eau courante comme des caractéristiques momentanées. Par contre les paramètres décrivant le lit ont une valeur plus permanente. Conformément à la méthode, la communauté vivant sur les galets (de la taille du poing à celle de la tête) est prélevée à dessein car elle est tributaire de l'eau courante. C'est avec cette communauté que l'on peut le mieux estimer la qualité des eaux. Des facteurs comme les propriétés du lit, de la rive ou liés à la



**Fig. 5.19 : choix de paramètres de l'aspect général en fonction de valeurs du DI-CH.**

Les données proviennent de la campagne NAWA de 2015 (88 prélèvements).

**A** : écume stable = paramètre d'eau courante, **B** : colmatage = paramètre du lit. **C** : nombre de nuisances pour tous les paramètres (n = 4) d'eau courante et **D** : nombre de nuisances pour tous les paramètres (n = 6) du lit. Pour les détails de l'aspect général voir le chapitre 4.

variété des substrats, même les fonds envasés, sont moins pris en compte. Ainsi au point de vue de l'aspect général, les diatomées sont plutôt liées aux paramètres de l'eau courante. Comme les diatomées sont des indicateurs qui intègrent les variations de la qualité des eaux sur des semaines ou des mois, on peut considérer que leur valeur indicative a peu de lien avec celle de l'aspect général.

Sur la **figure 5.19** (A, B), un paramètre d'eau courante (écume stable) et un paramètre du lit (colmatage) sont représentés en fonction des valeurs du DI-CH. C'est pour ces deux paramètres que le nombre maximal d'atteintes dans la zone immergée des rivières qui a été trouvé. De même sur la **figure 5.19** (C, D) le nombre de nuisances trouvées par rapport aux descripteurs d'eau courante et du lit, sont aussi représentés en fonction des valeurs du DI-CH. Comme prévu, les graphes montrent que parmi les résultats NAWA de 2015, il n'y a quasiment pas de corrélation entre les atteintes relevées par l'aspect général et les valeurs de DI-CH. Tout au plus peut-on deviner, que dans les stations dans lesquelles le DI-CH est  $< 2.5$ , il n'y a pas d'écume stable. De même, à part une exception, deux types de nuisances qui se rapportent à l'eau courante ne sont observée qu'à des valeurs de DI-CH  $> 4.0$ .

Au point de vue du colmatage, les corrélations sont du même type. Cela confirme l'idée, que la surface des galets de la taille du poing à celle de la tête, sur laquelle les diatomées sont prélevées, est en soi un milieu stable. En plus, le colmatage peut être causé par une grande variété de phénomènes naturels ou artificiels. Ainsi, les fines glaciaires, les émissions lacustres, l'érosion et les concrétions calcaires d'origine biologique ou chimique peuvent être considérées comme naturelles. Ces phénomènes entraînent du colmatage, aussi bien que les purges de barrages, les déversements de vase à partir des STEP, les drainages, le ruissellement provenant des chaussées ou le pavage du lit. Ainsi, le colmatage du lit peut être la marque de processus écologiques totalement différents les uns des autres. Pour les organismes périphtiques comme les diatomées, les dépôts de vase, limon ou sable fin à la surface des galets impactent plus les communautés que le colmatage du lit. Par contre, les communautés d'invertébrés, qui vivent dans les espaces des sédiments, sont directement touchées par le colmatage.

Les atteintes d'autres descripteurs de l'aspect général davantage liés à la qualité des eaux, comme l'odeur d'eau usée, les colonies de micro-organismes hétérotrophes, la présence de sulfure de fer ou l'envasement du lit, sont peu fréquentes dans le jeu de données NAWA. De ce fait, en tout cas pour l'instant, nous ne pouvons pas les utiliser pour chercher des corrélations. Pour cela, il faut attendre des résultats supplémentaires des programmes futurs de suivi.

Une autre possibilité est de chercher des relations entre certains paramètres de l'aspect général et certaines espèces. Ainsi il y a de fortes chances que quelques espèces apparaissent en abondance, p. ex. lorsque le lit est envasé (espèces d'eaux usées, espèces épipéliquies) ou lorsque la turbidité dure longtemps avec son effet abrasif et d'assombrissement (espèces ombrophiles, espèces appliquées au substrat). De telles évaluations demandent cependant des jeux de données plus fournis, avec un grand nombre de cas comportant les nuisances correspondantes.

## 5.8 Assurance qualité des analyses de diatomées de 2015

L'assurance qualité (AQ) des analyses de diatomées est fondée sur les tests suivants :

- **Ateliers** de terrain au début de la période, avant les travaux de prélèvement, pour harmoniser les méthodes de relevé de l'aspect général, de prélèvement des diatomées et des invertébrés,
- **dénombrement à double** de 11 échantillons par 2 personnes différentes,
- **pointages** de l'ensemble des comptages pour certaines particularités taxonomiques, discussions entre les opérateurs à propos des taxons difficiles à identifier et parfois réalisation d'un nouveau dénombrement,
- **contôle** de tous les calculs (nombre de taxons, DI-CH, diversité),
- **divers** : unification de la mise en page (listes de comptages, commentaires succincts), contrôle des noms de tous les fichiers, adaptation du tableau de suivi.

**Institutions impliquées** : les dénombrements réalisés par les institutions impliquées sont présentés et analysés dans le chapitre 5.1. L'examen des comptages réalisés par les deux institutions qui en ont fait le plus, ne laisse pas transparaître de particularités manifestes (pour d'autres indications voir le chapitre 5.1).

**Comptages à double** : au 1<sup>er</sup> comptage des 11 échantillons, des valeurs du DI-CH de 3.5 à 5.3 ont été trouvées. La différence absolue entre les deux comptages est de <0.01 à 0.52 unités du DI-CH (**tableau 5.6**), la moyenne de 0.16, la médiane de 0.14 et l'erreur standard de 0.15 unité. Les résultats de ces comptages à double de 2015 sont un peu meilleurs que ceux des tests réalisés jusqu'à présent au point de vue des différences absolues (voir le **tableau 5.7**). Les différences entre le premier (celui de l'opérateur désigné) et le second comptage (AQ) correspondent à ce qui était prévu et sont aussi faibles que lors des tests de 2011-2013. Nous avons de ce fait conclu, après l'harmonisation taxonomique évoquée ci-dessus, que tous les premiers comptages sont valables.

**Tab. 5.6 : comptages à double de 11 échantillons. Valeurs du DI-CH des 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> comptages et différences pour les 11 stations. Les couleurs correspondent aux classes de qualité selon le module Diatomées (OFEV 2007a).**

Stations <sup>1</sup>	1 <sup>er</sup> comptage	2 <sup>ème</sup> comptage (AQ)	Différence <sup>2</sup>	Mandant
CH_127_VD	5.3	5.2	0.14	Canton
CH_119_NE	4.7	4.8	0.04	Canton
CH_023_SG	3.9	4.4	0.52 <sup>3</sup>	OFEV
CH_084_JU	4.3	4.4	0.07	OFEV
CH_062_BE	4.4	4.4	0.09	OFEV
CH_043_ZH	4.5	4.2	0.29	Canton
CH_058_BE	4.4	4.2	0.14	OFEV
CH_009_SO	4.5	4.2	0.26	OFEV
CH_033_AG	4.1	4.2	0.08	Canton
CH_002_BS	3.7	3.7	0.01	OFEV
CH_041_ZH	3.5	3.6	0.14	Canton

<sup>1</sup> Pour les noms des rivières voir l'annexe A1, la liste est classée par valeurs croissantes du DI-CH.

<sup>2</sup> Différences absolues.

<sup>3</sup> La raison de cette grande divergence est l'évaluation différente des petits taxons *Amphora indistincta*, *Achnantheidium saprophilum* et *Fistulifera saprophila*. Indices de Jaccard = 53%, de Renkonen = 73%, donc bonne ressemblance.

**Tab. 5.7 : paramètres de l'assurance qualité de 2011 à 2013 et 2015 en comparaison avec les tests d'inter calibration.**

Paramètres	Tests de calibration, etc. <sup>1</sup>	NAWA 2011-13 <sup>1</sup>	NAWA 2015 <sup>2</sup>
Nombre	76	17	11
Médiane	0.23	0.24	0.14
Erreur standard	0.19	0.21	0.15

<sup>1</sup> d'après AquaPlus AG & PhycoEco (2014b).

<sup>2</sup> d'après les données du **tab. 5.6** (différences).

## 6 Recommandations pour l'optimisation et développement futur du programme NAWA

Les commentaires suivants concernent le choix des stations, les méthodes utilisées et l'actualisation de la liste taxonomique. Nous ne revenons pas sur le déroulement des activités, c'est-à-dire la communication entre les mandants (OFEV, cantons) et les mandataires, la transmission et l'analyse des échantillons, la remise des résultats, l'interprétation de base (commentaires succincts et listes de dénombrements), l'archivage des échantillons et la centralisation de la gestion des résultats. Nous considérons que ces étapes se sont bien déroulées au moins pour le lot 2 (aspect général, diatomées et macrozoobenthos). Elles ont été éprouvées. Il est important que le minimum d'institutions et de personnes soient impliquées par lot. De même, les identifications et les comptages devraient être réalisées par le minimum d'opérateurs et toujours les mêmes. Ainsi, les délais fixés peuvent être tenus, la qualité exigée livrée, la communication menée directement et sans complication.

La plupart des sujets abordés ci-dessous ont été repris des rapports intermédiaires des étapes M1, M2 et M3. Ils peuvent être consultés en détails dans ces documents.

### 6.1 Stations de mesures

Le réseau actuel de **88 stations** a fait ses preuves. On peut réaliser les prélèvements partout et à part quelques petites exceptions, pendant les périodes favorables prescrites (fenêtres d'échantillonnage). Un décalage temporel est avant tout nécessaire en cas de raisons hydrologiques (fonte des neiges). Des précisions à ce sujet se trouvent dans les rapports intermédiaires M1 du 8 mars 2015 (AquaPlus AG & Aquabug 2015a), M2 du 26 novembre 2015 (AquaPlus AG & Aquabug 2015b) et M3 du 14 juin 2016 (AquaPlus AG & Aquabug 2016).

Comme en 2012, les prélèvements ont été reportés aux stations suivantes :

- Prélèvements réalisés en février 2015 : Landquart à Felsenbach GR (ID 95), Reuss à Lucerne LU (ID 14), Kleine Emme à Littau-Reussbühl LU (ID 93), Muota à Ingenbohl SZ (ID 100) et Reuss à Attinghausen UR (ID 101).
- Prélèvements réalisés en avril 2015 : Inn à S-chanf GR (ID 91).

A cause de conditions hydrologiques particulières, après consultation, le prélèvement dans le Doubs à Ocourt JU (ID 88) a été fait en dehors de la période prescrite (+ 4 jours).

Il est important de signaler les cas suivants :

Par rapport à 2012, conformément au cahier des charges, le prélèvement n'a pas été fait à **Brienzwiler sur l'Aar BE (ID 55)**. L'accès à cette station est dangereux à cause des variations de débits liées à l'exploitation électrique et à cause de la profondeur de la rivière.

Le prélèvement n'a pas été fait à **Rothenbrunnen sur le Rhin postérieur GR (ID 90)**, comme en 2012. Cette station a été introduite par erreur dans le cahier des charges.

A **Littau-Reussbühl sur la Kleine Emme LU (ID 93)** la station a dû être déplacée en amont à cause d'un chantier qui dure depuis plusieurs années. Les nouvelles coordonnées sont : 663'712 / 213'586 / altitude 434 m. Le déplacement de la station de nouveau vers l'aval lors du prochain programme dépendra de la nouvelle configuration des rives et du cours d'eau. Cela devra être décidé avant la 3<sup>ème</sup> campagne. Un argument pour le redéploiement, est que la nouvelle station pourrait avoir une écomorphologie plus naturelle que l'ancienne (de 2012) ou l'actuelle (de 2015).

En 2015, le prélèvement a été fait correctement à la station de **Rüti sur la Jona ZH (ID 48)**. En 2012, le prélèvement a visiblement été réalisé à un mauvais endroit. D'après Pius Niederhauser, AWEL ZH, les deux stations sont comparables, si bien que la confusion ne doit pas avoir eu d'effet important sur les listes taxonomiques.

En prévision d'un **développement du réseau des stations NAWA** nous pensons que les aspects suivants sont importants :

- **nouvelles stations dans les Alpes Centrales Orientales et Occidentales** : la signification de ces stations va probablement se développer avec les changements climatiques (fonte des glaciers et du permafrost, modifications de débits, variations de température de l'eau, variations de charges, migration des organismes, apparition de néobiotes).
- **stations de référence sur le Plateau** : il manque peut-être des stations de référence sur des rivières d'ordre NOCE 3 à 6 sur le Plateau. Il s'agit de stations dans un état naturel ou proche, sans nuisances aux points de vue écomorphologique, hydrologique et de charge polluante. Il est possible que de telles stations existent déjà dans le réseau NAWA, mais une analyse correspondante de leur qualification manque cependant.
- **intégration des grandes rivières** : dans le réseau actuel de mesures NAWA, les grandes rivières ne sont pas étudiées au point de vue biologique. C'est lié au fait que les prélèvements ne peuvent pas y être faits conformément au Système modulaire gradué, que les prélèvements dans les grandes rivières sont laborieux et demandent souvent de devoir plonger avec toutes les mesures de sécurité que cela exige. Cependant, la méthode d'étude biologique des grandes rivières existe. Elle est aussi utilisée en Suisse dans certains programmes de monitoring. Il serait de ce fait souhaitable, qu'au moins les résultats de ces recherches transparaissent dans les rapports NAWA. Cela demanderait probablement d'adapter les stations et l'époque de prélèvement de ces programmes de monitoring.
- **intégration de petits ruisseaux d'ordre NOCE 1 et 2** : dans le cadre du programme NAWA SPE de petits ruisseaux ont également été étudiés au point de vue biologique. Cela a été réalisé dans des stations impactées par de l'agriculture intensive et dans des stations de référence. Un choix ciblé de ces stations et au besoin d'autres pourrait élargir le réseau NAWA de la biologie, au moins avec les stations qui seront étudiées à l'avenir et régulièrement par les cantons.

## 6.2 Le module Aspect général

Les relevés ont été réalisés sans problème selon le module Aspect général de l'OFEV (2007b). Les conseils pour le développement futur du module ont déjà été présentés dans les rapports intermédiaires. Ces thèmes ont aussi été discutés par la coordination du projet (lot 4, option 1) au cours de plusieurs séances.

Les conseils sont résumés et complétés ici :

- **colmatage** : engager des spécialistes de la morphologie et de l'écologie des rivières pour préciser les relevés de terrain, afin que les observations soient plus standardisées, donc plus objectives et mieux affinées. Selon notre expérience, le paramètre "colmatage" apparaît très souvent comme "altéré" et nous supposons que bien des évaluations sont trop dépendantes de l'expérience des opérateurs. Cependant, les nouveaux relevés doivent aussi pouvoir être réalisés sans équipement particulier.
- **relevé séparé des déchets en fonction de leur emplacement** : on trouve souvent des déchets sur les rives des cours d'eau. On en trouve moins dans la zone immergée. Il serait souhaitable que les déchets soient relevés de manière séparée en fonction de leur emplacement : "en zone immergée" et "sur le rive". Au point de vue de la qualité des eaux nous considérons que les déchets immergés sont plus pertinents.
- **différenciation des matériaux des déchets** : en relation avec le problème des "microplastiques", il serait souhaitable de relever au moins séparément les déchets en plastique. Plus généralement on peut se demander s'il ne fallait pas désigner les matériaux des déchets (plastique, papier, métaux, verre, textiles, matériaux de construction, etc.) et pas seulement leur origine (sacs poubelles, emballages). Cependant le relevé séparé des déchets provenant de l'évacuation des eaux usées (papier WC, articles hygiéniques, etc.) doit être maintenu.
- **élargissement des graduations** : actuellement conformément au module d'aspect général, l'état des paramètres est relevé selon une échelle à 3 niveaux : "non", "peu/moyen" et "fort/beaucoup". On voit maintenant que dans la plupart des cas, lorsqu'une atteinte est observée, elle est qualifiée par le niveau 2 "peu/moyen". Une échelle à 5 niveaux, comme elle est déjà prévue pour les organismes hétérotrophes, donnerait une image plus différenciée de l'aspect général et augmenterait sa pertinence. Une extension des échelles serait également très utile aux relevés d'écologie des eaux du plan général d'évacuation des eau (PGEE) dans le cadre de la qualité biologique des cours d'eau.
- **adapter l'étendue des graduations** : plusieurs échelles indiquent des états qui n'apparaissent plus actuellement et qui de ce fait sont caduques. Il s'agit d'états que l'on pouvait observer dans les années 60 à 80. Ainsi nous ne trouvons quasiment plus d'états correspondant à beaucoup de vase, beaucoup d'écume stable ou beaucoup de colonies d'organismes hétérotrophes. Avec les exigences de ces échelles, qui ne sont constituées que de trois niveaux, il est plausible qu'actuellement, au moins pour ces aspects, les atteintes ne peuvent plus être diagnostiquées. Nous considérons qu'un ajustement des échelles sur la base de l'intensité des nuisances observées actuellement est approprié. A

notre point de vue, le succès des mesures prises par la politique de protection des eaux dépend aussi de l'adaptation des méthodes de relevé. Ce faisant, il est impératif de préserver les relevés qui ont été fait jusqu'à présent et de les transférer dans le nouveau système.

### 6.3 Le module Diatomées

Les prélèvements ont pu être effectués sans problème conformément au module Diatomées de l'OFEV (niveau R). Des pistes éventuelles destinées au développement du module ont déjà été présentées dans les rapports intermédiaires des différentes étapes. Ces thèmes ont aussi été discutés par la coordination du projet (lot 4, option 1) au cours de plusieurs séances. Ceux-ci sont résumés et complétés ici :

- **le comptage de 500 valves** : cet aspect a été conservé en 2015 et devrait l'être pour les programmes futurs, car il a été démontré à la suite du dépouillement des résultats de 2012, que sinon les nombres de taxons ne peuvent pas être comparés.
- **relevé de la tératologie** : jusqu'à nouvel avis, les malformations doivent être relevées à l'aide des 4 types présentés au chapitre 5.3. En complément les cellules initiales, qui sont produites à la suite de la reproduction sexuée, pourraient aussi être relevées, car elles donnent une indication sur l'état des populations (division par méiose ou par mitose). La signification de la tératologie est toutefois encore peu claire. Mais dès qu'un nombre suffisant de résultats sera à disposition (p. ex. de > 1'000 prélèvements) une étude ciblée séparée pourra être entreprise.
- **récolte de suffisamment de matériel brut** : parmi les prélèvements de 2015 en particulier, quelques échantillons et préparations microscopiques contenaient inhabituellement peu de diatomées. La quantité était parfois tellement faible, qu'une seule préparation utilisable a pu être confectionnée. Ainsi les archives ne contiennent pas toutes les préparations de bonne qualité. Ces cas concernent 13 stations dans lesquelles les densités de diatomées sont parfois très faibles : Emme (ID 7 et 114), Rhône (17), Töss (41), Engstlige (56), Sense (60), Langete (63), Sorne (68), Scheulte (69), Kander (92), Saane / Sarine (106, 107) et La Birse (134). Les comptages de diatomées ont cependant pu être réalisés pour toutes les stations NAWA, si bien que la qualité des résultats n'est pas affectée.

On peut résoudre ce problème si, suffisamment de matériel est récolté sur le terrain. Nous recommandons, dans les rivières peu productives avec du périphyton très fin, de gratter au moins 10 surfaces sur les galets. Si le périphyton est invisible à l'oeil nu, il faut gratter encore plus de pierres et même accepter de prélever du périphyton parmi les colonies d'*Hydrurus*, ou parmi les algues filamenteuses et les mousses.

- **estimer la densité cellulaire** : la densité cellulaire comme mesure quantitative est facile à relever et ne demande pas d'effort supplémentaire particulier. La densité cellulaire est une mesure importantes pour la compréhension de processus en écologie aquatique (croissance, productivité, charriage du sédiment, éro-

sion, ...), comme également pour estimer des impacts (variations de débits liées à l'exploitation électrique, gravières, etc.) Pour cela, la surface grattée sur le terrain (taille et nombre), les dilutions faites lors du traitement des échantillons et la surface de comptage doivent être notées. Ensuite, le calcul de la densité et celui de la biomasse (basé sur les biovolumes cellulaires des espèces) est simple et peu coûteux.

- **relevé des proportions de fragments et du degré d'érosion des valves des échantillons** : il est possible que ces aspects soient importants pour comprendre certains facteurs qui agissent sur les cellules, comme les micropolluants, l'impact de gravières ou de retenues, mais aussi de facteurs naturels comme le charriage des sédiments, la turbidité provenant des glaciers et le dépôt de sédiments fins. Il faut relever ces aspects de manière homogène et aussi tester dans quelle mesure les modes de prélèvements ou de traitement des échantillons ont une influence sur ces paramètres.
- **procédés d'exploitation des modes de vie** : jusqu'à présent les modes de vie n'ont été que modestement utilisés dans les évaluations. Cependant ces adaptations sont précieuses pour apprécier l'état des communautés. Ainsi, il existe des espèces qui forment des colonies, qui sont planctoniques, qui vivent isolées, qui colonisent les surfaces sous forme de patches, qui sont fixées avec des pédicelles muqueux ou de manière épiphytique sur des algues filamenteuses et des plantes aquatiques. Ces formes de vie indiquent si les communautés sont bien établies, perturbées ou en développement (par des espèces pionnières). L'état des communautés et la présence d'adaptations particulières indiquent l'impact de facteurs environnementaux. Ainsi, dans les tronçons à débits résiduels et d'éclusées ou dans les cours d'eau chargés en polluants toxiques, les espèces qui vivent en tubes muqueux sont avantagées. Dans leur protection muqueuse, elles peuvent supporter l'assèchement (en phase de débit résiduel) ou être protégée d'autres facteurs de stress. L'utilisation de ces adaptations comme indicateurs devrait gagner en importance (Rimet et al 2010, Rimet & Bouchez 2012). En Suisse cette approche est utilisée de cas en cas. Les types de formes de vie devraient être introduits dans les tableaux de calcul en plus des valeurs D et G, dans des colonnes complémentaires, en tant qu'information supplémentaire dans le module "Diatomées".
- **procédures d'évaluation de l'adaptation à la station** : l'adaptation à la station est considérée au sens de l'OEau, annexe 1 (objectifs écologiques), c'est-à-dire qu'on vérifie si telle communauté correspond à ce qui est naturel ou proche dans la région biogéographique considérée, dans quelle mesure elle se rapproche d'une structure référentielle à un type d'eau. Une bonne condition au sens du DI-CH ne signifie pas pour autant que la communauté est correctement adaptée à la station.

#### 6.4 Actualisation de la liste taxonomique

La liste taxonomique vient d'être révisée sur la base de la première période de 2011-2014, si bien qu'une bonne base était à disposition. Néanmoins après réception des dénombrements, la suite des travaux suivants a été entreprise et les listes taxonomiques des comptages ont été harmonisées (pour les détails, voir le rapport

intermédiaire M3, AquaPlus AG & Aquabug 2016). Le genre de révisions suivantes doivent être aussi faites de manière ciblée à l'avenir :

- où l'introduction des **variétés nominales** a du sens :  
p. ex. *Mayamaea atomus* var. *atomus* au lieu de *Mayamaea atomus*
- où avec raison sont nommés certains **taxons sensu DI-CH**, car leur acception taxonomique actuelle ne correspond plus à celle du 2<sup>ème</sup> étalonnage :  
p. ex. *Cocconeis placentula* var. *placentula* sensu DI-CH
- **révisions** de certains taxons :  
p. ex. *Fragilaria capitellata*-Sippen sensu Krammer & Lange-Bertalot (1986-1991) ont été nommées *F. recapitellata* chez Hofmann et al. (2011), ce qui est rarement correct, mais correspondent au nouveau taxon *F. candidagilae*. Lors des deux étalonnages ces formes étaient associées autrefois à *F. vaucheriae* (D 6, G 0.5).
- **scission de taxons** :  
p. ex. partage partiel d'*Achnantheidium minutissimum* var. *minutissimum* (D 3, G 0.5) dans les deux taxons *A. minutissimum* var. *jackii* (D 1, G 8) et *A. lineare* sensu lato (D 1, G 8).
- **Nouveau noms ou changements de noms de certains taxons** :  
*Stauroneis smithii* --> *Stauroneis separanda*  
*Reimeria uniseriata* --> *Reimeria sinuata*  
*Planothidium rostratum* --> *Planothidium rostratiformis*  
*Achnanthes biasolettiana* var. *sublinearis* sensu AquaPlus GRU-NOW in Van Heurck Type de Synopsis 11 (siehe Achnanthesbuch Tafel 43, Fig.30, 31) --> *Achnantheidium thienemannii*.

### Contrôle de l'étalonnage du DI-CH ainsi que de certaines valeurs D et G

De 2011 à 2015, 245 échantillons de diatomées ont été analysés. Pour la majorité d'entre eux, des mesures chimiques mensuelles sont à disposition. Ainsi, nous estimons approprié que l'étalonnage actuel du DI-CH soit vérifié. Dans cet ordre d'idées, les valeurs D et G de certains taxons devraient aussi être analysées. Les valeurs des taxons suivants devraient être vérifiées :

- les taxons abondants. Dans les résultats des programmes NAWA 55 taxons atteignent des abondances relatives  $\geq 10$  %. Ces taxons sont importants car ils jouent un rôle majeur dans le calcul du DI-CH.
- les taxons auxquels des valeurs D et G n'ont pas encore été attribuées et qui sont suffisamment abondants dans la série de résultats. Cela concerne  $\leq 20$  taxons.
- des taxons comme *Achnantheidium lineare* sensu lato ou *Amphora indistincta*, qui sont apparus suite à des révisions taxonomiques ou à l'éclatement d'anciens taxons, à qui on a attribué des valeurs D et G liés à l'ancienne taxonomie, donc dont les valeurs n'ont pas encore été testées par des données chimiques.

## 7 Bilan

Le programme 2015 a pu être exécuté sans difficulté aux points de vue de l'aspect général et des diatomées.

**Relevés de terrain** : les deux déplacements des stations de Littau-Reussbühl LU (ID 93) sur la Kleine Emme et de Rüti ZH (ID 48) sur la Jona, ainsi que le décalage dans le temps des prélèvements dans quelques stations à cause de la fonte des neiges, n'a pas eu d'influence sur la qualité des résultats et leur pertinence.

**Travaux de laboratoire** : ces travaux ont été exécutés dans difficulté.

**Archivage des échantillons** : l'archivage de 88 échantillons préparés et des 88 préparations microscopiques a été fait dans trois lieux (AquaPlus AG, PhycoEco et pour l'OFEV, stockés pour l'instant chez AquaPlus). La biomasse de quelques prélèvements étant tellement faible, que l'archivage de ceux-ci n'a pas pu être assuré à trois endroits avec des préparations suffisamment denses. A l'avenir, il faut prévoir de récolter plus de biomasse dans les stations peu productives.

**Conservation des données** : toutes les données ont été classées dans les fichiers prédéfinis, enregistrés sur DVD et déposés auprès de l'OFEV, de la coordination du projet (lot 4) et des mandataires AquaPlus AG et Aquabug. Ainsi les données sont conservées quatre fois de manière sécurisée.

**Exploitation des données** : conformément aux directives, la liste des stations avec leur coordonnées, les dates de prélèvements, les opérateurs et les résultats principaux (nombres de taxons, DI-CH, y compris l'assurance de qualité) se trouvent dans le tableau principal de résultats (Excel). Toutes les évaluations demandées dans le cahier des charges ont été réalisées. En outre, l'adaptation aux stations a été évaluée, puis débattue en fonction de paramètres chimiques choisis et de paramètres de l'aspect général.

**Résultats de l'aspect général** : l'eau courante est souvent altérée par de l'écume stable en quantité faible à moyenne (dans 27 des 88 stations), tandis que la turbidité (7 %), l'odeur (6 %) et la coloration (1 %) ne surviennent que rarement. Le lit des cours d'eau est souvent affecté par des déchets (62 %) et le colmatage (47 %). Le sulfure de fer (17 %), les déchets provenant de l'évacuation des eaux usées (9 %, papier WC), la vase (6 %) et les colonies d'hétérotrophes (1 %) sont des nuisances plus rares. Ces résultats correspondent à ce qui était attendu et rejoignent ceux d'autres programmes de monitoring.

**Résultats des diatomées** : à partir des 88 échantillons de diatomées de 2015, 223 taxons ont été trouvés, dans le cadre des comptages à 500 valves. Cela représente 42 % des 526 taxons fréquents dans les cours d'eau d'Europe centrale. Des malformations (tératologie) sont repérées dans 30 stations, soit 98 valves réparties dans 20 taxons. Alors que le DI-CH indique des conditions bonnes à très bonnes dans 95 % des stations, à seulement 42 % d'entre-elles, la communauté est adaptée à la station. L'indice DI-CH indique donc la qualité chimique des eaux et non pas le degré d'adaptation des communautés aux types d'eau.

**Tendance** : une tendance à l'amélioration par rapport à 2012 est mise en évidence par l'aspect général et par le DI-CH (diatomées). En se basant sur les résultats des études annuelles dans 20 stations, on peut dire que cette évolution est une tendance et non pas le fruit du hasard.

## 8 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 Seiten.
- AquaPlus AG & PhycoEco (2014a). Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA). Programme de mesures - Biologie / partie Diatomées. Questions fréquemment posées (FAQ). Rapport succinct en allemand et français, rapport sur mandat de l'OFEV, Office fédéral de l'environnement, Berne, 8 p.
- AquaPlus AG & PhycoEco (2014b). Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA). Programme de mesures - Biologie / partie Diatomées. Assurance de qualité. Rapport succinct en allemand et français, rapport sur mandat de l'OFEV, Office fédéral de l'environnement, Berne, 26 p.
- AquaPlus AG & PhycoEco (2014c). 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, Berne, 20 p.
- AquaPlus AG & PhycoEco (2014d). Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA). NAWA TREND Biologie 2011-2013, Teil Diatomeen Fachbericht, Bericht im Auftrag des BAFU, Bundesamt für Umwelt, Bern, 54 Seiten.
- AquaPlus AG & Aquabug (2015a). Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität NAWA – TREND Biologie. Los 2: MZB & DIA. Meilenstein M1: Zwischenbericht vom 8. März 2015, 18 Seiten.
- AquaPlus AG & Aquabug (2015b). Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität NAWA – TREND Biologie. Los 2: MZB & DIA. Meilenstein M2: Zwischenbericht vom 26. November 2015, 14 Seiten.
- AquaPlus AG & Aquabug (2016). Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität NAWA – TREND Biologie. Los 2: MZB & DIA. Meilenstein M3: Zwischenbericht vom 14. Juni 2016, 50 Seiten.
- BAFU (2014). Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität NAWA–TREND Biologie. Pflichtenheft Teil B: Für das WTO-Projekt (1495) 810 mit Publikation vom 28. Mai 2014 auf SIMAP, Bundesamt für Umwelt, Bern. 42 Seiten.
- Brun, J. (1880). Diatomées des Alpes et du Jura. Ed. H. Georg, Genève, 146 Seiten und 9 Tafeln.
- 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.

- Meister, F. (1912). Die Kieselalgen der Schweiz. Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft 4 (1), 254 Seiten.
- OFEFP (1998a). Système modulaire gradué. Information concernant la protection des eau No 26. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne, 41 p.
- OFEFP (1998b). Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau : Aspect général : Ecomorphologie (niveau R). Information concernant la protection des eau No 27, L'environnement pratique, 49 p.
- OFEV (2007a). Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau : Diatomées Niveau R (région). Office fédéral de l'environnement, Berne, L'environnement pratique No UV-0704-F, 132 p.
- OFEV (2007b). Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau : Aspect général. Office fédéral de l'environnement, Berne, L'environnement pratique No UV-0701-F, 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 No 1327 : 72 p. et annexe (liste des stations de mesures).
- OFEV (2016). Etat des cours d'eau suisses. Résultats de l'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA) 2011-2014. Office fédéral de l'environnement, Berne. Etat de l'environnement No. 1620 : 92 p.
- 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 Seiten.
- Rimet F. , Berthon, V. & Bouchez A. (2010). Formes de vie, guildes écologiques et classes de tailles des diatomées d'eau douce. INRA-Thonon, Rapport 290/10, 10 Seiten + Anhang.
- Rimet F. & Bouchez A. (2012). Life-forms, cell-sizes and ecological guilds of diatoms in European rivers. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 406 (01), 14 p.
- 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, p. 923–938.
- Straub, F. (1981). Utilisation des membranes filtrantes en téflon dans la préparation des Diatomées épilithiques. *Cryptogamie, Algologie* 2(2), 153.
- Straub, F. (2002). Note Algologique II. Apparition envahissante de la diatomée *Achnanthes catenata* Bily & Marvan (Heterokontophyta, Bacillario-

phyceae) dans le lac de Neuchâtel (Suisse). Bulletin de la Société neuchâtoise des sciences naturelles, 125: 59-65.

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.

Van Dam, H., Mertens, A., Sinkeldam, J. (1994). A coded checklist and ecological Indicator values of freshwater Diatoms from the Netherlands. Netherlands Journal of Aquatic Ecology 28 (1): 117-133.

### **Ouvrages d'identification**

Hofmann, G., Werum, M. & Lange-Bertalot, H. (2011): Diatomeen im Süßwasser - Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflorea Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie. Koeltz Scientific Books, D-61453 Königstein 908 Seiten.

Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1986-1991): Bacillariophyceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/1, 2/2, 2/3 und 2/4. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Lange-Bertalot, H. & Metzeltin, D. (1996): Oligotrophie-Indikatoren. Iconographia Diatomologica Volume 2, Koeltz Scientific Books, Königstein, 390 Seiten.

D'autres ouvrages figurent dans le cahier du module Diatomées (OFEV 2007a).

De nouveaux ouvrages sont publiés dans les séries suivantes :

- Diatoms of Europe
- Bibliotheca Diatomologica
- Iconographia Diatomologica

## 9 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.
Aspect général	Réunit les aspects concernant la qualité des eaux exigés par l'OEaux, annexe 2. Il s'agit de la vase, la turbidité, la coloration, l'écume stable, l'odeur, le sulfure de fer, le colmatage, les déchets provenant des eaux usées, les autres déchets ainsi que les colonies de micro-organismes hétérotrophes. Voir OFEV (2007b).
Benthos	Ensemble des êtres vivants qui colonisent le fond des milieux aquatiques.
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.
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.
Epilithon	Communauté des êtres vivants qui croissent autour des pierres.
Epipélon	Communauté des êtres vivants qui croissent sur le sédiment meuble.
Equitabilité	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, micro-polluants, fortes teneurs salines, radioactivité, etc.).
Valeur D	Valeur indicatrice spécifique entre 1 et 8. 1 = l'espèce vit dans des eaux très propres, 8 = l'espèce tolère 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.

## Annexes

### **A1 Liste des stations de mesures du programme NAWA 2015**

Données : station, rivières, lieu, canton, coordonnées, altitude, opérateur, -trice de terrain

### **A2: Caractérisation des stations de mesures NAWA pour la période de 2011 à 2015**

Données : station, rivières, lieu, canton, surface, type de régime d'écoulement, Q<sub>347</sub>, Q<sub>m</sub>, NOCE, catégorie d'eau usée

### **B1: Résultats par station NAWA pour 2015**

Données : station, rivières, lieu, canton, date de prélèvement, nombre de taxons, diversité H (log en base 2), somme de dominance, tératologie, valeur du DI-CH de 2012 et 2015

### **B2: Résultats de l'assurance qualité : second comptage pour certaines stations en 2015**

Données : station, rivières, lieu, canton, date de prélèvement, nombre de taxons, diversité H (log en base 2), somme de dominance, tératologie, valeur du DI-CH

**Annexes électroniques** : tous les procès-verbaux de terrain et de laboratoire (listes de comptages), les photos des stations et les commentaires succincts à propos des diatomées ont été livrés à l'OFEV et à la coordination du projet (lot 4) sur DVD sous forme électronique. Cette documentation sur les stations est très volumineuse (264 pages et 176 photos). De ce fait elle n'a pas été fournie en annexe imprimée.

**Tableau A1 : Liste des stations de mesures du programme NAWA 2015. Il s'agit des 88 stations qui ont été investiguées au points de vue des diatomées, macroinvertébrés et de l'aspect général.**

Les stations en rouge ont été légèrement déplacées par rapport au programme de 2012.

Station	Rivière, lieu	Canton	Coor. X	Coor. Y	Altitude	Opérateur
CH_002_BS	Birs, Birskopf	BS	613496	267409	250	J. Hürlimann
CH_007_BE	Emme, Gerlafingen	BE	609445	225330	444	S. Knispel
CH_009_SO	Limpach, Kyburg	SO	605997	220876	464	J. Hürlimann
CH_011_SO	Lüssel, Breitenbach	SO	607744	250786	390	J. Hürlimann
CH_012_OW	Sarneraa, Kägiswil	OW	662647	195819	461	J. Hürlimann
CH_014_LU	Reuss, Luzern Seeauslauf	LU	664315	212930	430	J. Hürlimann
CH_015_VS	Rhône, Brig	VS	639626	128790	659	R. Bernard
CH_016_VS	Vispa, Visp	VS	634030	125900	650	R. Bernard
CH_017_VS	Rhône, Sion	VS	593300	118455	489	R. Bernard
CH_018_VS	Drance, Martigny	VS	570614	104466	495	R. Bernard
CH_020_VD	Venoge, Les Bois	VD	532030	154088	384	P.-A. Chevalley
CH_021_VD	Thièle, Yverdon	VD	538389	180827	432	P.-A. Chevalley
CH_022_VD	Broye, Domdidier	VD	566183	191947	440	P.-A. Chevalley
CH_023_SG	Steinach, Mattenhof	SG	750755	262628	409	J. Hürlimann
CH_025_SG	Sitter, Leebrugg	SG	745537	258250	535	J. Hürlimann
CH_026_SG	Thur, Golfplatz	SG	732383	259206	475	J. Hürlimann
CH_027_SG	Necker, Letzi	SG	724298	250473	560	J. Hürlimann
CH_028_SG	Glatt, Buechental	SG	729400	256250	495	J. Hürlimann
CH_032_AG	Pfaffnern, Rothrist	AG	634429	239712	405	S. Knispel
CH_033_AG	Wyna, Suhr	AG	649071	246917	400	V. Lubini
CH_034_AG	Bünz, Möriken	AG	656434	251249	380	V. Lubini
CH_035_AG	Surb, Döttingen	AG	662285	268508	335	S. Knispel
CH_036_AG	Sissle, Eiken	AG	641500	265545	310	S. Knispel
CH_039_AG	Suhre, Suhr	AG	648700	247570	380	S. Knispel
CH_040_ZH	Limmat, Hönggersteg	ZH	679330	250317	397	P. Steinmann
CH_041_ZH	Töss, Freienstein	ZH	685998	264982	358	P. Steinmann
CH_042_ZH	Sihl, Sihlhölzli	ZH	682105	246843	410	P. Steinmann
CH_043_ZH	Glatt, Rheinsfelden	ZH	678123	269619	339	P. Steinmann
CH_044_ZH	Glatt, Abfluss Greifensee	ZH	691163	248330	436	P. Steinmann
CH_045_ZH	Aabach, Mönchaltorf	ZH	696928	240805	440	P. Steinmann
CH_046_ZH	Aa, Niederuster	ZH	694950	244939	441	P. Steinmann
CH_047_ZH	Reppisch, Dietikon	ZH	672809	252051	385	P. Steinmann
<b>CH_048_ZH</b>	<b>Jona, Rüti</b>	<b>ZH</b>	<b>705817</b>	<b>232990</b>	<b>428</b>	<b>P. Steinmann</b>
CH_049_ZH	Furtbach, nach ARA Otelfingen	ZH	671505	255848	420	P. Steinmann
CH_050_ZH	Thur, Andelfingen	ZH	693065	272893	359	P. Steinmann
CH_054_FR	Sionge, Vuippens	FR	572353	167639	684	R. Bernard
CH_056_BE	Engstlige, ob. Frutigen	BE	615246	158704	810	P. Stucki
CH_058_BE	Chise, ob. Oberdiessbach	BE	613807	188906	616	S. Knispel
CH_059_BE	Gürbe, vor Mündung in Aare	BE	603555	196625	511	S. Knispel
CH_060_BE	Sense, Thörishaus	BE	593370	193000	549	S. Knispel
CH_062_BE	Urtenen, bei Schalunen	BE	606960	217380	486	S. Knispel
CH_063_BE	Langete, Mangen, vor Rot	BE	628600	232897	449	S. Knispel
CH_065_ZH	Sihl, Hütten	ZH	693293	225364	687	P. Steinmann
CH_066_ZH	Töss, Rämismühle (Zell)	ZH	703828	255510	530	P. Steinmann
CH_067_BL	Ergolz, Augst	BL	620950	264930	261	J. Hürlimann
CH_068_JU	Sorne, Delémont	JU	593577	246286	410	P. Stucki
CH_069_JU	Scheulte, Vicques	JU	599461	244150	465	P. Stucki
CH_070_TG	Murg, Frauenfeld	TG	709510	269793	391	J. Hürlimann
CH_071_TG	Lauche, Matzingen	TG	712330	264343	445	J. Hürlimann
CH_072_TG	Chemmenbach, Märstetten	TG	721604	273121	419	J. Hürlimann

Tableau A1 : suite.

Station	Rivière, lieu	Canton	Coor. X	Coor. Y	Altitude	Opérateur
CH_073_TG	Salmsacher Aach, Salmsach	TG	744157	268389	410	J. Hürlimann
CH_074_NW	Engelbergeraa, Oberdorf	NW	672138	201829	456	J. Hürlimann
CH_075_ZG	Lorze, Frauenthal	ZG	674516	230487	390	J. Hürlimann
CH_076_ZG	Lorze, Letzi	ZG	680595	226069	421	J. Hürlimann
CH_079_AG	Aabach, Niederlenz	AG	655159	251068	365	V. Lubini
CH_084_JU	Allaine, Boncourt	JU	567887	261272	365	P. Stucki
CH_085_NE	Areuse, Boudry	NE	554430	199950	445	P. Stucki
CH_086_GE	Arve, Ecole de médecine	GE	499460	116790	375	SECOE
CH_087_JU	Birs, Les Riedes-Dessus	JU	597523	249370	386	P. Stucki
CH_088_JU	Doubs, Ocourt	JU	572017	243797	420	P. Stucki
CH_089_SO	Dünnern, Olten	SO	634000	244025	404	J. Hürlimann
CH_091_GR	Inn, S-chanf	GR	795320	165548	1650	E. Roth
CH_092_BE	Kander, unt. Wfg Hondrich	BE	616905	170230	620	P. Stucki
CH_093_LU	Kleine Emme, Littau	LU	663712	213586	434	J. Hürlimann
CH_094_BE	Suze, Biel	BE	584763	220291	430	S. Knispel
CH_095_GR	Landquart, Felsenbach	GR	765245	204813	560	J. Hürlimann
CH_098_TI	Maggia, Locarno	TI	703084	113851	200	J. Hürlimann
CH_099_TI	Moesa, Lumino	TI	724346	120161	235	J. Hürlimann
CH_100_SZ	Muota, Ingenbohl	SZ	688257	206189	436	J. Hürlimann
CH_101_UR	Reuss, Attinghausen	UR	690654	191880	445	J. Hürlimann
CH_106_BE	Sarine, Marfeldingen	BE	585905	203017	463	S. Knispel
CH_107_FR	Sarine, Broc	FR	573540	161640	685	R. Bernard
CH_111_AG	Wigger, Zofingen	AG	637194	238503	420	V. Lubini
CH_114_BE	Emme, Emmenmatt	BE	623712	199785	640	S. Knispel
CH_115_AI	Sitter, Appenzell Sittertal	AI	750019	243282	790	E. Roth
CH_116_LU	Ron, Hochdorf	LU	663861	224838	466	J. Hürlimann
CH_119_NE	Seyon, Valangin	NE	559534	207117	635	P. Stucki
CH_123_TI	Maggia, Brontallo	TI	692818	134910	622	J. Hürlimann
CH_126_VD	Mentue, Maugezettaz	VD	545390	180900	448	P.-A. Chevalley
CH_127_VD	Talent, Chavornay	VD	532670	173050	439	P.-A. Chevalley
CH_128_VD	Promenthouse, Gland Rte Suisse	VD	510084	140075	394	P.-A. Chevalley
CH_129_VD	Boiron de Morges, Tolochenaz	VD	526246	149629	375	P.-A. Chevalley
CH_130_VD	Aubonne, Allaman	VD	520715	147440	395	P.-A. Chevalley
CH_131_VD	Veveyse, Vevey	VD	553755	145728	376	P.-A. Chevalley
CH_132_VD	Grande Eau, Aigle	VD	561082	130535	386	P.-A. Chevalley
CH_133_BE	Simme, Latterbach	BE	612505	168441	640	P. Stucki
CH_134_BE	Birse, La Roche St. Jean	BE	596389	240411	475	P. Stucki
CH_135_AR	Urnäsch, Kubel	AR	742503	251590	593	J. Hürlimann

**Tableau A2 : Caractérisation des stations de mesures NAWA pour la période de 2011 à 2015.**

Q<sub>347</sub> : débit d'étiage  
 Q<sub>m</sub> : débit moyen annuel  
 NOCE : n° d'ordre des cours d'eau selon Strahler  
 Cat. EU : proportion d'eau usée en débit d'étiage (Q<sub>347</sub>)

Station	Rivière, lieu	Canton	Surface [km <sup>2</sup> ]	Régime d'écoulement	Q <sub>347</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>m</sub> [m <sup>3</sup> /s]	NOCE [≥1..9]	Cat. EU [%]
CH_002_BS	Birse, Birskopf	BS	897	pluvial jurassien	3.11	15.4	6	20-50
CH_007_BE	Emme, Gerlafingen	BE	926	pluvial supérieur	5.25	19.3	7	10-20
CH_009_SO	Limpach, Kyburg	SO	73	pluvial inférieur	0.60	1.7	5	0-10
CH_011_SO	Lüssel, Breitenbach	SO	44	pluvial jurassien	0.01	0.4	4	0
CH_012_OW	Sarneraa, Kägiswil	OW	284	nivo-pluvial préalpin	4.16	10.1	5	0-10
CH_014_LU	Reuss, Luzern, Seeauslauf	LU	2243	nival de transition	31.10	110.0	7	0-10
CH_015_VS	Rhône, Brig	VS	906	a-glacio-nival	6.75	41.6	7	0-10
CH_016_VS	Vispa, Visp	VS	778	b-glaciaire	4.09	16.9	6	0-10
CH_017_VS	Rhône, Sion	VS	3372	a-glacio-nival	24.70	111.0	7	0-10
CH_018_VS	Drance, Martigny	VS	676	a-glacio-nival	3.52	9.9	6	0-10
CH_020_VD	Venoge, Les Bois	VD	228	pluvial jurassien	0.53	4.2	4	20-50
CH_021_VD	Thièle, Yverdon	VD	475	nivo-pluvial jurassien	2.80	14.0	5	0-10
CH_022_VD	Broye, Domdidier	VD	429	pluvial jurassien	1.25	7.8	6	20-50
CH_023_SG	Steinach, Mattenhof	SG	25	pluvial inférieur	0.23	0.8	4	>50
CH_025_SG	Sitter, Leebrugg	SG	288	nivo-pluvial préalpin	1.85	10.3	6	20-50
CH_026_SG	Thur, Golfplatz	SG	690	nivo-pluvial préalpin	4.50	29.4	7	10-20
CH_027_SG	Necker, Letzi	SG	125	nivo-pluvial préalpin	0.46	3.3	6	0-10
CH_028_SG	Glatt, Buechental	SG	91	pluvial inférieur	0.48	3.1	6	>50
CH_032_AG	Pfaffnern, Rothrist	AG	47	pluvial inférieur	0.27	0.6	4	0
CH_033_AG	Wyna, Suhr	AG	120	pluvial inférieur	0.30	1.5	4	>50
CH_034_AG	Bünz, Möriken	AG	123	pluvial inférieur	0.51	1.7	5	20-50
CH_035_AG	Surb, Döttingen	AG	66	pluvial inférieur	0.28	0.9	4	20-50
CH_036_AG	Sissle, Eiken	AG	123	pluvial jurassien	0.12	1.9	5	20-50
CH_039_AG	Suhre, Suhr	AG	247	pluvial inférieur	1.43	3.7	5	20-50
CH_040_ZH	Limmat, Hönggersteg	ZH	2173	nivo-pluvial préalpin	41.20	95.7	8	0-10
CH_041_ZH	Töss, Freienstein	ZH	404	pluvial inférieur	2.43	8.9	6	20-50
CH_042_ZH	Sihl, Sihlhölzli	ZH	342	nivo-pluvial préalpin	2.70	6.8	7	10-20
CH_043_ZH	Glatt, Rheinsfelden	ZH	417	pluvial inférieur	3.48	8.3	6	20-50
CH_044_ZH	Glatt, Abfluss Greifensee	ZH	165	pluvial inférieur	1.62	4.4	6	20-50
CH_045_ZH	Aabach, Mönchaldorf	ZH	45	pluvial inférieur	0.20	1.1	4	>50
CH_046_ZH	Aa, Niederuster	ZH	63	pluvial inférieur	0.50	1.6	5	>50
CH_047_ZH	Reppisch, Dietikon	ZH	69	pluvial inférieur	0.26	1.2	4	>50
CH_048_ZH	Jona, Rüti	ZH	58	pluvial inférieur	0.50	2.1	5	20-50
CH_049_ZH	Furtbach, nach ARA O'fingen	ZH	38	pluvial inférieur	0.21	0.7	4	>50
CH_050_ZH	Thur, Andelfingen	ZH	1708	pluvial supérieur	9.33	47.0	7	20-50
CH_054_FR	Sionge, Vuippens	FR	44	pluvial supérieur	0.22	1.2	4	0
CH_056_BE	Engstlige, ob. Frutigen	BE	136	nival alpin	1.29	6.1	5	0-10
CH_058_BE	Chise, ob. Oberdiessbach	BE	49	pluvial supérieur	0.44	0.9	4	10-20
CH_059_BE	Gürbe, vor Mündung in Aare	BE	129	pluvial supérieur	0.77	2.6	5	10-20
CH_060_BE	Sense, Thörishaus	BE	351	nivo-pluvial préalpin	2.05	8.6	7	0-10
CH_062_BE	Urtenen, bei Schalunen	BE	94	pluvial inférieur	0.28	0.8	4	>50
CH_063_BE	Langete, Mangen, vor Rot	BE	131	pluvial inférieur	0.96	2.1	5	0-10
CH_065_ZH	Sihl, Hütten	ZH	259	nivo-pluvial préalpin	2.44	5.2	7	0-10
CH_066_ZH	Töss, Rämismühle (Zell)	ZH	129	pluvial supérieur	0.41	3.3	6	0-10
CH_067_BL	Ergolz, Augst	BL	285	pluvial jurassien	0.46	3.7	6	>50
CH_068_JU	Sorne, Delémont	JU	214	pluvial jurassien	1.02	4.3	5	n.v.
CH_069_JU	Scheulte, Vicques	JU	73	pluvial jurassien	0.31	1.5	5	0-10
CH_070_TG	Murg, Frauenfeld	TG	214	pluvial inférieur	0.94	4.1	6	20-50
CH_071_TG	Lauche, Matzingen	TG	62	pluvial inférieur	0.14	0.9	6	0
CH_072_TG	Chemmenbach, Märstetten	TG	33	pluvial inférieur	0.07	0.6	4	10-20
CH_073_TG	Salmsacher Aach, S'sach	TG	47	pluvial inférieur	0.11	0.8	4	>50
CH_074_NW	Engelbergeraa, Oberdorf	NW	225	nivo-glaciaire	2.49	12.5	5	0-10
CH_075_ZG	Lorze, Frauenthal	ZG	262	pluvial inférieur	3.17	7.4	6	20-50
CH_076_ZG	Lorze, Letzi	ZG	100	pluvial supérieur	1.13	3.0	6	0
CH_079_AG	Aabach, Niederlenz	AG	180	pluvial inférieur	0.73	2.5	4	20-50

Tableau A2 : suite.

Q<sub>347</sub> : débit d'étiage  
 Q<sub>m</sub> : débit moyen annuel  
 NOCE : n° d'ordre des cours d'eau selon Strahler  
 Cat. EU : proportion d'eau usée en débit d'étiage (Q<sub>347</sub>)

Station	Rivière, lieu	Canton	Surface [km <sup>2</sup> ]	Régime d'écoulement	Q <sub>347</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>m</sub> [m <sup>3</sup> /s]	NOCE [≥1..9]	Cat. EU [%]
CH_084_JU	Allaine, Boncourt	JU	212	pluvial jurassien	0.49	3.2	5	10-20
CH_085_NE	Areuse, Boudry	NE	378	nivo-pluvial jurassien	1.66	11.5	4	0-10
CH_086_GE	Arve, Ecole de médecine	GE	1971	nival de transition	20.70	77.7	5	0-10
CH_087_JU	Birse, Les Riedes-Dessus	JU	571	pluvial jurassien	2.54	10.9	6	10-20
CH_088_JU	Doubs, Ocourt	JU	1280	nivo-pluvial jurassien	5.05	33.1	5	0-10
CH_089_SO	Dünner, Olten	SO	234	pluvial jurassien	0.55	3.7	5	20-50
CH_091_GR	Inn. S-chanf	GR	616	b-glacio-nival	3.78	21.0	6	0-10
CH_092_BE	Kander, unt. Wfg Hondrich	BE	492	nivo-glaciaire	5.23	20.5	6	0-10
CH_093_LU	Kleine Emme, Littau	LU	478	nivo-pluvial préalpin	3.08	15.7	7	0-10
CH_094_BE	La Suze, Biel	BE	216	nivo-pluvial jurassien	2.04	8.0	3	0-10
CH_095_GR	Landquart, Felsenbach	GR	614	nival alpin	6.11	24.5	6	0-10
CH_098_TI	Maggia, Locarno	TI	927	nival pluvial méridional	2.92	22.9	7	0-10
CH_099_TI	Moesa, Lumino	TI	472	nival pluvial méridional	3.42	20.4	5	0-10
CH_100_SZ	Muota, Ingenbohl	SZ	317	nival de transition	2.67	19.1	6	0-10
CH_101_UR	Reuss, Attinghausen	UR	819	b-glacio-nival	7.11	44.3	6	0-10
CH_106_BE	Sarine, Marfeldingen	BE	1893	nivo-pluvial préalpin	53.50	12.0	8	0-10
CH_107_FR	Sarine, Broc	FR	636	nival de transition	5.12	23.2	7	0-10
CH_111_AG	Wigger, Zofingen	AG	369	pluvial inférieur	2.00	5.9	6	10-20
CH_114_BE	Emme, Emmenmatt	BE	231	nivo-pluvial préalpin	2.01	12.0	6	0-10
CH_115_AI	Sitter, Appenzell Sittertal	AI	68	nivo-pluvial préalpin	0.55	3.5	5	0
CH_116_LU	Ron, Hochdorf	LU	28	pluvial inférieur	0.12	0.6	3	0
CH_119_NE	Seyon, Valangin	NE	112	nivo-pluvial jurassien	0.08	0.8	4	>50
CH_123_TI	Maggia, Brontallo	TI	171	nival méridional	1.13	4.0	5	0
CH_126_VD	Mentue, Maugey	VD	105	pluvial jurassien	0.29	1.6	4	0-10
CH_127_VD	Talent, Chavornay	VD	67	pluvial jurassien	0.19	1.2	4	20-50
CH_128_VD	Promenthouse, Gland, Route Suisse	VD	121	nivo-pluvial jurassien	0.24	1.7	4	0-10
CH_129_VD	Boiron de Morges, Tolochenaz	VD	34	pluvial jurassien	0.03		3	20-50
CH_130_VD	Aubonne, Allaman	VD	105	nivo-pluvial jurassien	0.46	5.6	4	0-10
CH_131_VD	Veveyse, Vevey	VD	65	nivo-pluvial préalpin	0.29	2.0	5	0
CH_132_VD	Grande Eau, Aigle	VD	144	nival de transition	1.65	5.0	5	0-10
CH_133_BE	Simme, Lätterbach	BE	569	nival alpin	6.20	20.4	6	0-10
CH_134_BE	La Birse, La Roche St. Jean	BE	199	nivo-pluvial jurassien	0.89	3.3	5	10-20
CH_135_AR	Urnäsch, Kubel	AR	94	nivo-pluvial préalpin	0.41	2.9	5	0-10

**Tableau B1 : Résultats par station NAWA pour 2015.**

Nombre de taxons : nombre de taxons (espèces, variétés)  
 Diversité H : diversité H selon Shannon, C. & Weaver, W. (1949), calcul en log de base 2  
 SD [%] : somme de dominance = somme des abondances relatives des trois taxons les plus abondants  
 Tératologie [%] : proportion de formes tératologiques (valves mal formées, 100 % = nombre total de valves comptées)  
 Valeurs du DI-CH : valeur de l'indice diatomique selon le module Diatomées (niveau R) de l'OFEV (OFEV 2007a) pour 2012 et 2015. Couleurs = classes de qualité selon Système modulaire gradué de la Confédération (BAFU 2007a).

Station	Rivière, lieu	Can-ton	Date	Nb. de taxons	Diver-sité H	SD [%]	Tératolo-gie [%]	DI-CH 2015	DI-CH 2012
CH_002_BS	Birse, Birskopf	BS	17.3.2015	32	4.18	36	0.2	3.7	3.9
CH_007_BE	Emme, Gerlafingen	BE	9.3.2015	47	4.42	40	1.2	2.8	3.0
CH_009_SO	Limpach, Kyburg	SO	17.3.2015	39	3.80	51	0.0	4.5	5.1
CH_011_SO	Lüssel, Breitenbach	SO	17.3.2015	30	4.18	39	0.0	2.8	2.5
CH_012_OW	Sarneraa, Kägiswil	OW	17.3.2015	32	3.11	67	0.0	1.8	2.1
CH_014_LU	Reuss, Luzern, Seeauslauf	LU	18.2.2015	36	3.95	50	0.0	1.8	2.1
CH_015_VS	Rhône, Brig	VS	14.3.2015	17	1.94	89	0.2	1.5	2.3
CH_016_VS	Vispa, Visp	VS	14.3.2015	25	3.18	63	0.0	1.5	2.4
CH_017_VS	Rhône, Sion	VS	11.3.2015	38	3.49	59	0.0	1.3	2.4
CH_018_VS	Drance, Martigny	VS	11.3.2015	14	1.61	94	0.0	1.1	2.1
CH_020_VD	Venoge, Les Bois	VD	9.3.2015	29	3.48	57	0.0	3.6	5.0
CH_021_VD	Thièle, Yverdon	VD	16.3.2015	38	3.51	63	0.0	3.0	2.6
CH_022_VD	Broye, Domdidier	VD	17.3.2015	26	2.92	69	0.6	4.1	4.5
CH_023_SG	Steinach, Mattenhof	SG	10.3.2015	24	3.38	60	1.2	3.9	5.1
CH_025_SG	Sitter, Leebrugg	SG	10.3.2015	33	4.07	44	0.0	3.7	3.9
CH_026_SG	Thur, Golfplatz	SG	10.3.2015	30	3.93	45	0.2	4.0	3.4
CH_027_SG	Necker, Letzi	SG	10.3.2015	30	3.33	60	0.0	4.1	3.6
CH_028_SG	Glatt, Buechental	SG	10.3.2015	38	4.21	45	0.0	4.4	3.9
CH_032_AG	Pfaffnern, Rothrist	AG	17.3.2015	34	3.96	49	0.0	4.0	3.9
CH_033_AG	Wyna, Suhr	AG	12.3.2015	34	4.18	33	0.0	4.1	3.7
CH_034_AG	Bünz, Möriken	AG	12.3.2015	27	3.06	64	0.0	3.9	4.1
CH_035_AG	Surb, Döttingen	AG	17.3.2015	23	3.64	47	0.0	3.8	4.3
CH_036_AG	Sissle, Eiken	AG	17.3.2015	31	3.91	47	0.0	3.7	3.8
CH_039_AG	Suhre, Suhr	AG	17.3.2015	26	3.69	49	0.0	3.9	4.2
CH_040_ZH	Limmat, Hönggersteg	ZH	9.3.2015	26	1.59	87	0.2	2.0	2.5
CH_041_ZH	Töss, Freienstein	ZH	11.3.2015	47	4.86	28	0.8	3.5	3.6
CH_042_ZH	Sihl, Sihlhölzli	ZH	9.3.2015	34	3.62	54	0.0	2.9	2.3
CH_043_ZH	Glatt, Rheinsfelden	ZH	10.3.2015	43	4.54	32	0.4	4.5	4.3
CH_044_ZH	Glatt, Abfluss Greifensee	ZH	10.3.2015	45	4.55	35	0.4	3.4	3.3
CH_045_ZH	Aabach, Mönchalt Dorf	ZH	10.3.2015	26	2.87	73	0.4	4.2	4.0
CH_046_ZH	Aa, Niederuster	ZH	10.3.2015	29	2.90	67	0.0	3.8	3.8
CH_047_ZH	Reppisch, Dietikon	ZH	23.3.2015	24	3.43	58	0.0	4.0	3.8
CH_048_ZH	Jona, Rüti	ZH	24.3.2015	22	2.41	75	0.0	3.0	3.4
CH_049_ZH	Furtbach, nach ARA O'fingen	ZH	11.3.2015	45	4.50	39	0.0	4.4	3.8
CH_050_ZH	Thur, Andelfingen	ZH	11.3.2015	43	4.08	50	0.0	4.1	3.8
CH_054_FR	Sionge, Vuippens	FR	15.4.2015	28	2.81	70	1.2	2.5	3.4
CH_056_BE	Engstlige, ob. Frutigen	BE	9.4.2015	53	4.33	44	0.6	1.8	1.3
CH_058_BE	Chise, ob. Oberdiessbach	BE	7.3.2015	31	3.50	57	0.0	4.4	4.1
CH_059_BE	Gürbe, vor Mündung in Aare	BE	7.3.2015	38	3.87	55	0.0	3.7	3.2
CH_060_BE	Sense, Thörishaus	BE	8.3.2015	47	4.70	30	0.2	3.4	4.1
CH_062_BE	Urtenen, bei Schalunen	BE	7.3.2015	30	3.04	67	1.0	4.5	3.4
CH_063_BE	Langete, Mangen, vor Rot	BE	18.3.2015	31	3.26	62	0.0	2.7	4.0
CH_065_ZH	Sihl, Hütten	ZH	9.3.2015	26	2.75	71	0.0	2.9	2.9
CH_066_ZH	Töss, Rämismühle (Zell)	ZH	11.3.2015	24	3.15	65	0.0	1.5	2.3
CH_067_BL	Ergolz, Augst	BL	17.3.2015	20	3.49	51	0.0	5.0	4.2
CH_068_JU	Sorne, Delémont	JU	16.3.2015	46	4.19	43	0.0	2.8	3.4
CH_069_JU	Scheulte, Vicques	JU	16.3.2015	32	3.56	58	0.8	2.0	2.6
CH_070_TG	Murg, Frauenfeld	TG	13.3.2015	29	3.95	42	0.2	3.9	4.0
CH_071_TG	Lauche, Matzingen	TG	13.3.2015	20	2.58	72	0.0	3.4	3.7
CH_072_TG	Chemmenbach, Märstetten	TG	13.3.2015	22	3.49	51	0.2	4.0	3.7
CH_073_TG	Salmsacher Aach, S'sach	TG	10.3.2015	25	3.80	45	0.0	4.1	4.3
CH_074_NW	Engelbergeraa, Oberdorf	NW	17.3.2015	19	1.48	91	0.0	1.7	2.2
CH_075_ZG	Lorze, Frauenthal	ZG	18.3.2015	40	4.35	41	0.2	3.6	4.8
CH_076_ZG	Lorze, Letzi	ZG	18.3.2015	19	2.21	80	1.0	2.1	2.9
CH_079_AG	Aabach, Niederlenz	AG	12.3.2015	32	3.95	49	0.0	3.3	3.8

**Tableau B1 : suite.**

Nombre de taxons : nombre de taxons (espèces, variétés)  
 Diversité H : diversité H selon Shannon, C. & Weaver, W. (1949), calcul en log de base 2  
 SD [%] : somme de dominance = somme des abondances relatives des trois taxons les plus abondants  
 Tératologie [%] : proportion de formes tératologiques (valves mal formées, 100 % = nombre total de valves comptées)  
 Valeurs du DI-CH : valeur de l'indice diatomique selon le module Diatomées (niveau R) de l'OFEV (OFEV 2007a) pour 2012 et 2015. Couleurs = classes de qualité selon Système modulaire gradué de la Confédération

Station	Rivière, lieu	Can-ton	Date	Nb. de taxons	Diver-sité H	SD [%]	Tératolo-gie [%]	DI-CH 2015	DI-CH 2012
CH_084_JU	Allaine, Boncourt	JU	19.3.2015	35	3.85	52	0.4	4.3	4.2
CH_085_NE	Areuse, Boudry	NE	9.3.2015	27	2.91	69	3.0	1.6	3.1
CH_086_GE	Arve, Ecole de médecine **	GE	26.3.2015	32	4.02	50	0.4	3.8	2.8
CH_087_JU	Birse, Les Riedes-Dessus	JU	15.3.2015	37	4.03	43	0.0	3.5	3.2
CH_088_JU	Doubs, Ocourt	JU	19.4.2015	39	3.77	53	0.0	3.2	4.0
CH_089_SO	Dünner, Olten	SO	17.3.2015	23	2.91	68	0.0	3.3	4.1
CH_091_GR	Inn	GR	8.4.2015	37	4.18	38	0.0	1.9	1.7
CH_092_BE	Kander, unt. Wfg Hondrich	BE	9.4.2015	38	3.45	62	0.0	1.6	2.9
CH_093_LU	Kleine Emme, Littau	LU	18.2.2015	37	4.27	42	0.0	3.2	3.4
CH_094_BE	La Suze, Biel	BE	13.3.2015	35	3.82	48	0.0	3.2	3.3
CH_095_GR	Landquart	GR	18.2.2015	26	3.32	64	0.0	2.5	3.1
CH_098_TI	Maggia, Locarno	TI	4.3.2015	25	3.19	63	0.0	1.1	1.4
CH_099_TI	Moesa, Lumino	TI	4.3.2015	27	3.35	62	0.0	1.2	2.8
CH_100_SZ	Muota, Ingenbohl	SZ	25.2.2015	29	3.30	61	0.8	2.4	2.3
CH_101_UR	Reuss, Attinghausen	UR	25.2.2015	22	3.31	54	0.0	1.1	2.2
CH_106_BE	Sarine, Marfeldingen	BE	8.3.2015	36	3.70	49	0.0	2.7	3.1
CH_107_FR	Sarine, Broc	FR	10.4.2015	51	4.65	35	0.6	1.8	1.8
CH_111_AG	Wigger, Zofingen	AG	12.3.2015	33	3.74	52	0.0	3.9	4.2
CH_114_BE	Emme, Emmenmatt	BE	10.4.2015	37	4.24	35	0.0	2.3	3.0
CH_115_AI	Sitter, Appenzell Sittertal	AI	8.4.2015	32	3.71	58	0.0	2.3	2.5
CH_116_LU	Ron, Hochdorf	LU	18.3.2015	37	3.71	54	0.2	4.3	4.8
CH_119_NE	Seyon, Valangin	NE	8.4.2015	24	3.61	53	0.4	4.7	5.3
CH_123_TI	Maggia, Brontallo	TI	4.3.2015	24	2.96	65	0.0	1.1	1.6
CH_126_VD	Mentue, Mauguetz	VD	10.3.2015	22	3.36	56	0.0	4.3	4.6
CH_127_VD	Talent, Chavornay	VD	10.3.2015	27	3.73	47	0.0	5.3	5.7
CH_128_VD	Promenthouse, Gland, Route Suisse	VD	9.3.2015	43	4.07	47	1.0	2.1	3.1
CH_129_VD	Boiron de Morges, Tolochenaz	VD	12.3.2015	19	2.70	68	0.8	3.4	4.7
CH_130_VD	Aubonne, Allaman	VD	9.3.2015	16	2.18	90	0.0	1.2	2.6
CH_131_VD	Veveyse, Vevey	VD	9.3.2015	33	3.57	55	0.8	2.0	3.5
CH_132_VD	Grande Eau, Aigle	VD	9.3.2015	22	2.97	67	0.0	1.6	2.2
CH_133_BE	Simme, Latterbach	BE	9.4.2015	24	2.83	70	0.0	1.2	1.5
CH_134_BE	La Birse, La Roche St. Jean	BE	16.3.2015	45	4.13	49	0.0	3.1	4.1
CH_135_AR	Urnäsch, Kubel	AR	10.3.2015	37	4.09	50	0.0	2.9	2.8

**Tableau B2 : Résultats de l'assurance qualité. Second comptage pour certaines stations en 2015.**

Pour la légende voir le **tableau B1**.

Station	Rivière, lieu	Can-ton	Date	Nb. de taxons	Diver-sité H	SD [%]	Tératolo-gie [%]	DI-CH-Wert
CH_002_BS	Birse, Birskopf	BS	17.3.2015	37	3.96	40	0.0	3.71
CH_009_SO	Limpach, Kyburg	SO	17.3.2015	46	3.87	51	0.0	4.21
CH_023_SG	Steinach, Mattenhof	SG	10.3.2015	28	3.45	60	0.0	4.41
CH_033_AG	Wyna, Suhr	AG	12.3.2015	41	4.15	39	0.4	4.20
CH_041_ZH	Töss, Freienstein	ZH	11.3.2015	52	4.81	30	0.2	3.64
CH_043_ZH	Glatt, Rheinsfelden	ZH	10.3.2015	50	4.51	38	0.2	4.23
CH_058_BE	Chise, ob. Oberdiessbach	BE	7.3.2015	20	2.96	66	0.0	4.23
CH_062_BE	Urtenen, bei Schalunen	BE	7.3.2015	21	3.08	57	0.0	4.35
CH_062_BE	Urtenen, bei Schalunen	BE	7.3.2015	28	3.12	63	0.0	3.95
CH_084_JU	Allaine, Boncourt	JU	19.3.2015	27	3.55	51	1.0	4.36
CH_119_NE	Seyon, Valangin	NE	8.4.2015	20	3.37	54	0.0	4.78
CH_127_VD	Talent, Chavornay	VD	10.3.2015	21	3.40	54	0.0	5.18