



biol conseils SA
Rue de Lausanne 15
CH 1950 Sion
tél. : +41 27 205 60 71
e-mail : r.bernard@biolconseils.ch

PhycoEco
Laboratoire d'algologie
Rue des XXII – Cantons 39
CH 2300 La Chaux-de-Fonds
tél. : +41 79 321 23 24
e-mail : fstraub@phycoeco.ch

BINA SA
Balmerngasse
CH 3946 Turtmann
tél. : +41 27 933 98 98
e-mail : info@bimnasa.ch

Die Dala

Kampagne 2016

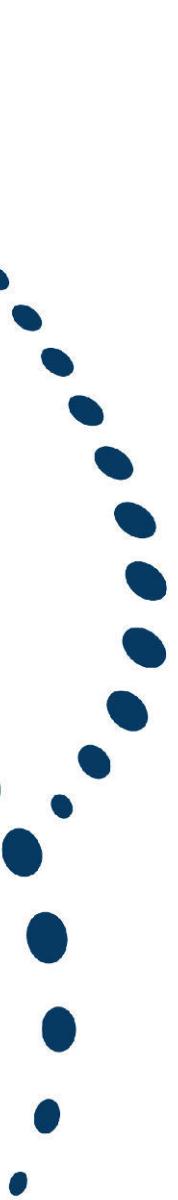
*Überwachung
der
Wasserqualität*

*Bericht und
Anhang*

April 2017



bioconseils



SEN-VS

Die Dala

Überwachung der Wasserqualität 2016

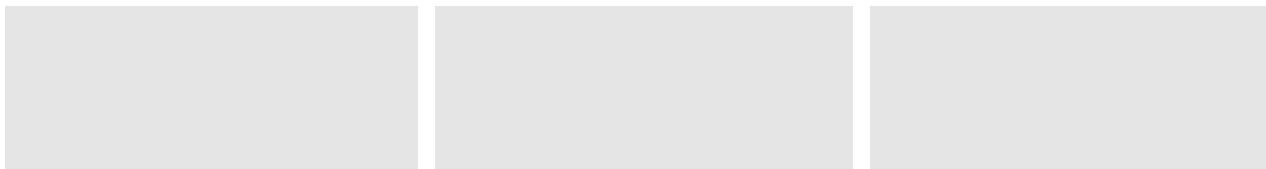
5781 | 24.04.2017

IMPRESSUM

Mitarbeiter der Studie :

- Régine Bernard (biol conseils, Projektleiterin)
- François Straub (PhycoEco, Diatomeengemeinschaften)
- Alain Broccard (BINA, Chemisch-Physikalsche Untersuchungen)
- Laurent Vuataz (biol conseils, Benthische Fauna)
- Michaël Balet (biol conseils, Kartographie und GIS)
- Hélène Hefti (biol conseils, Mitarbeiterin Bericht)

5781 | Sion, den 24.04.2017



Régine Bernard

François Staub

Alain Broccard

biol conseils sa

www.biolconseils.ch

Rue de la Serre 5 | Rue des Terreaux 17 | Rue de Lausanne 15 | Route des Daillettes 21
2000 Neuchâtel | CP 7411 - 1002 Lausanne | 1950 Sion | CP 139 - 1705 Fribourg 5
032 722 17 77 | 021 345 81 33 | 027 205 60 70 | 026 425 50 20

une société du groupe

sd plus.ch

INHALTSVERZEICHNIS		
1.	EINLEITUNG	1
2.	PRÄSENTATION DES UNTERSUCHUNGSGEBIETS.....	1
2.1.	Einzugsgebiet	1
2.2.	Hydrologie	2
2.3.	Bestehende Eingriffe und Störungen	2
2.3.1.	Wasserentnahmen zur Stromproduktion	2
2.3.2.	Wässerwasser-Fassungen sowie Trinkwasserquelle	2
2.3.3.	Abwasser und ARA	3
2.3.4.	Kiesentnahmen	3
2.3.5.	Gewässermorphologie	3
2.3.6.	Inventarisierte Landschaften und Lebensräume	4
3.	METHODOLOGIE.....	4
3.1.	Durchgeführte Untersuchungen	4
3.2.	Untersuchungstellen	4
3.2.1.	Auswahl der Untersuchungsstellen und Nummerierung	4
3.2.2.	Meteorologische Verhältnisse und Daten der Untersuchungen	10
4.	CHEMISCH-PHYSIKALISCHE QUALITÄT UND BAKTERIOLOGIE - SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	10
5.	DIE DIATOMEENGEMEINSCHAFTEN – BESTANDESZUSTAND - SCHLUSSFOLGERUNGEN	11
6.	BENTHISCHE FAUNA, BIOLOGISCHE WASSERQUALITÄT DES GEWÄSSERS - SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	13
7.	FAZIT PRO STELLE	15
8.	VERGLEICH DER GESAMTERGEBNISSEN	15
9.	VERGLEICH MIT VORHERIGEN BIOLOGISCHEN RESULTATEN.....	16
9.1.	Kiesalgen – Vergleich mit vorherigen Daten	16
9.2.	Benthische Fauna – Vergleich mit vorherigen Daten	16
10.	ZUSAMMENFASSUNG – SCHLUSSFOLGERUNG	18
11.	RÉSUMÉ - CONCLUSION.....	19
12.	BIBLIOGRAPHIE.....	20
13.	ANHANG	23

1. EINLEITUNG

Auftrag Der Kanton Wallis führt seit 1990 jährlich Untersuchungen zur Beobachtung der Wasserqualität von Oberflächengewässern durch. Diese Studien sind ebenfalls Teil der Massnahmenpläne der CIPEL für die Periode 2011-2020 « Préserver le Léman, ses rives et ses rivières aujourd’hui et demain » sowie das Produkt e-DICS 1301 für die DUS-Ziele. Die Gewässerbeurteilung besteht aus chemisch-physikalischen (Wasseranalysen, Hydrologie) und biologischen (Kieselalgen, benthische Fauna) Untersuchungen (siehe Berichte 1991 bis 2017). Mit Schreiben vom 13. November 2015 beauftragte die Dienststelle für Umweltschutz die Ingenieurgemeinschaft „biol conseils sa – BINA SA“ mit der Ermittlung der Wasserqualität entlang der Dala und PhycoEco (Dr. François Straub) für die Kieselalgen-Untersuchungen.

Der vorliegende Bericht stellt die Resultate der 3 Messkampagnen entlang der Dala dar, welche im Jahr 2016 durchgeführt wurden. Diese werden mit den Ergebnissen aus früheren Untersuchungen verglichen.

2. PRÄSENTATION DES UNTERSUCHUNGSGEBIETS

2.1. Einzugsgebiet

Allgemeine Beschreibung Die Dala ist ein Zufluss auf der rechten Seite des Rottens flussaufwärts von Siders. Das Gewässer wird von den Gletschern des Balm- und Ferenrothorns und von verschiedenen Seitengewässern gespiesen. Im Talgrund mündet die Dala auf Territorium der Gemeinde Varen in den Rotten. Die Haupteigenschaften des Einzugsgebietes der Dala sind in der untenstehenden Tabelle gemäss Angaben des hydrologischen Atlas der Schweiz aufgeführt (Tabelle 1).

Merkmal	Die Haupteigenschaften des Einzugsgebietes gemäss Angaben des hydrologischen Atlas der Schweiz
Zwischeneinzugsgebiete :	50-173
Zwischeneinzugsgebiet	50-175
Mündung im Zwischeneinzugsgebiet Rhonetral	: 50-177
Fläche	124 km ²
Mittlere Höhe	1'449 m
Mittleres Gefälle	18 % (variiert zwischen 6 % und 25.4 % nach Zwischen-EZG)
Gletscher	2.3 % (in EZG 50-173)
Wald	Bis 26 % zu 33 % für 50-175
Abgedichtete Fläche	Bis max. 3.1 % für 50-177 und 0.7 % für 50-173
Betroffene Gemeinden	Leukerbad, Albinen, Inden, Leuk, Varen

Tabelle 1 : Synthese der Haupteigenschaften des Einzugsgebietes der Dala.

2.2. Hydrologie

Allgemeine Situation Die Dala, ein nivo-glazialer Fluss, entspringt auf einer Höhe von ca. 2'180 m ü.M. oberhalb des Dorfes Leukerbad. Neben Gletscher (Balm- und Ferenrothorn) speisen verschiedene Karst- und Grundwasseraustritte in der Gegend des Gemmipasses und unter den Felsen der Plattenhörner sowie Seitengewässer zwischen Inden und Albinen dieses rund 13 km lange Gewässer. Die Niederwasserregime finden zwischen Oktober und Mai statt und die grossen jährlichen Abflüsse eher während den vier Sommermonaten. Das letzte grosse Hochwasser erfolgte am 10. Oktober 2011 und verursachte grosse Schäden entlang der Ufer und besonders bei der Zentrale der KW-Dala. Laut Hochwasserschutzstudie (Wasser, Schnee und Lawinen, 2009) sind im Bereich der EW-Zentrale mit den folgenden Abflussspitzen zu rechnen:

- HQ₃₀: 48 m³/s
- HQ₁₀₀: 62 m³/s
- EHQ: 93 m³/s

Gemäss Restwasserbericht (Konzessionserneuerung KW Dala, WRU, Februar 2012), beträgt der natürliche Q₃₄₇ auf der Höhe der Wasserfassung „Güsat“ auf 1'260 m ü.M. 263 l/s.

2.3. Bestehende Eingriffe und Störungen

2.3.1. Wasserentnahmen zur Stromproduktion

Eine Hauptanlage : KW Dala Das Wasserregime der Dala ist durch die Ableitungsbauwerke des Wasserkraftwerks KW Dala AG grundlegend verändert worden.

Die Wasserfassung des Dalabaches liegt auf Kote 1'259 m ü. M. beim Ort „Güsat“ utnerhalb von Leukerbad und hat eine Fassungskapazität von 2.4 m³/s. Die Wasserrückgabe erfolgt im sogenannten Dala-Loch, gleich oberhalb der Rhone bei Leuk-Stadt. Die Hangleitung, die auch temporär autretendes Schmelz- und Niederschlagswasser aus 5 rechtsflankigen Seitengräben fasst, verläuft auf der rechten Talseite des Dalatales bis zum Wasserschloss an der Flanke des Rhonetales. Die Druckleitung ist vieleorts an der Geländeoberfläche verlegt.

Die Restwassermenge unterhalb der Fassung „Güsat“ kann gemäss bundesrätlich genehmigter SNP wie folgt reduziert werden:

- In den Monaten März bis Oktober auf 140 l/s;
- In den Monaten Februar und November auf 120 l/s;
- Und im Zeitraum von Dezember bis Januar auf 100 l/s.

2.3.2. Wässerwasser-Fassungen sowie Trinkwasserquelle

Wässerwasserfassung Das Nutzwasser wird unterhalb der Rümling-Brücke (VS 472 365) aus der Dala gefasst (614'115/131'830/885 m ü. M.) und gelangt ab der Hangleitung über eine oberhalb des Dorfes verlaufende Suone (Dalawasserleite) bis zum Grischetugraben, über den das Nutzwasser zurück in den Rotten fliesst. Auf der Strecke von der Hangleitung bei Pflang bis zum Grischetugraben wird das Nutzwasser an die verschiedenen Verbraucher abgegeben.

Das Wasser, welches noch heute von den Einwohnern von Varen über die Dalawasserleitung aus der Dala bezogen wird, ist bis 1959 primär als Trinkwasser für die Bevölkerung genutzt worden: *"Toutefois, l'eau potable étant prise directement à la Dala, ne correspond pas aux exigences minimales prévues pour une eau propre à l'alimentation et, est un danger permanent pour la santé de la population. La commune de Varone, sur la demande du laboratoire cantonal, a décidé de capter les sources sur le territoire de la commune d'Inden"* (Auszug aus dem Rapport der Kommission des Grossen Rats des Kantons Wallis betreffend der Bewilligung von kantonalen Subventionen für die Errichtung einer Trinkwasserversorgung und die Installation von Hydranten für die Gemeinde Varen, 1958). Das Nutzwasser wird aktuell als Trinkwasser, Löschwasser, Kühlwasser bei der Vinifizierung sowie zur Bewässerung von Gärten, Feldern, Matten und Reben genutzt. Historischen Dokumenten zur Folge diente das Wasser dereinst sogar der Energieerzeugung für den Antrieb einer Säge.

Trinkwasserquelle Im Einzugsgebiet der Dala sind 13 Quellschutzzonen ausgeschieden.

Thermalwasser Thermalwasser ist das allgegenwärtige Element in Leukerbad. Die Thermalquellen wurden schon zu Römerzeiten genutzt. Es sind rund 3.9 Millionen Liter 51°C warmen Thermalwassers, welches natürlich aus den verschiedenen Quellen im Bereich des Dorfes ausströmen. Der Einfluss des natürlichen Thermalwasser auf die Dala ist nicht bekannt.

2.3.3. Abwasser und ARA

ARA-Einleitungen Zwei ARAs reinigen das Abwasser: In Inden (450 EGW) seit 1996 und in Leukerbad (17'000 EGW) seit 1970, welche im Jahr 2000 umgebaut wurde.

Die ARA von Leukerbad könnte sich in der Zukunft mit jener von Leuk-Radet oder jener von Siders-Noes zusammenschliessen (Studie im Gang).

Gemäss Bilanz der Abwasserreinigung im Wallis (DUS, 2014) ist bei der ARA Leukerbad eine ungenügende Reinigungsleistung festgestellt worden. Die Einschätzung des gesamten Fremwasseranteils bei der ARA Leukerbad zeigt mit 82 % einen sehr hohen Wert an. In naher Zukunft muss die ARA Leukerbad mit einer Nitrifikationsanlage ausgerüstet werden.

Die ARA Inden hat immer noch Schwierigkeiten zur Einhaltung der Vorgaben für die Gesamtphosphor-Ablaufkonzentrationen.

2.3.4. Kiesentnahmen

Kieswerk Eingangs Leukerbad (614'300/135'470/1300 m.ü.M) im Bereich der Mündung des Pischürgrabens in die Dala wird von der Baufirma Schnyder Bau AG ein Kieswerk betrieben.

2.3.5. Gewässermorphologie

weitgehend natürliche Morphologie Die Dala fliesst grösstenteils in natürlichen Schluchten, die kaum durch menschliche Eingriffe (einzelne Brücken und Fassungen) berührt sind. Im Bereich der touristischen Bergstation Leukerbad sind starke Eindämmungen (Bachbett und Ufer mit einbetonierten Steinen verbaut) zu verzeichnen. Der Dala-Lauf ab Ausgang der Schluchten wurde mehrmals natürlich oder künstlich infolge Hochwasser oder Schutzmassnahmen für die

Zentrale angepasst. Die Mündung wurde nach dem Hochwasser vom Oktober 2011 auf rund 430 m westlich in die Auenzone von Pfyn (neues Gerinne parallel zum Rotten) verschoben. Diese neue Strecke kann je nach Dynamik des Gewässers trockengelegt werden. Die detaillierten morphologischen Verhältnisse sind in der Tabelle 2 aufgeführt.

2.3.6. Inventarisierte Landschaften und Lebensräume

SNP Der Bundesrat hat am 18. Dezember 2013 im Sinne des Art. 32 lit. C) GSchG für das Einzugsgebiet der Dala eine Schutz- und Nutzungsplanung beschlossen.

3. METHODOLOGIE

3.1. Durchgeführte Untersuchungen

Ingenieurgemeinschaft Ziel dieser Studie ist die Qualität des Oberflächengewässers in unterschiedlichen Abschnitten zu ermitteln. Dabei wurden verschiedene Methoden angewendet, welche die Qualität des Wassers komplementär und genauer ermöglichen. Die folgenden Untersuchungen wurden von einem interdisziplinären Team aufgenommen:

- **Bauherr** : Dienststelle für Umweltschutz (DUS) ;
- **chemisch-physikalische Untersuchungen, Bakteriologie sowie Abflussmessungen** : Abflussmessungen sowie Wasserentnahme durch BINA, Analyse der physikalischen Wasserproben im Labor der DUS, Analyse der bakteriologischen Wasserproben im kantonalen Gewässerschutzlabor, Messungen vor Ort von pH, Temperatur, Leitfähigkeit und Sauerstoff an jeder Probestelle mittels elektronischer Sonde (BINA) ;
- **Probenahme und Analyse der Kieselalgen (DI-CH)** : Beprobungen, Bestimmung, Auswertung und Interpretation der Kieselalgen durch Dr. François Straub (PhycoEco) ;
- **Probenahme und Analyse der benthischen Fauna (IBCH)**: Beprobungen, Bestimmung, Auswertung und Interpretation durch biol conseils ;
- **Berichtverfassung sowie Interpretation** der Gesamtergebnisse des Einzugsgebietes der Dala : biol conseils, PhycoEco (Dr. François Straub) und BINA.

3.2. Untersuchungstellen

3.2.1. Auswahl der Untersuchungsstellen und Nummerierung

Untersuchungsstellen 7 Es wurden von der Dienststelle für Umweltschutz 7 Untersuchungsstellen vorgegeben (siehe Abbildung 1 und nachfolgende Fotos). Die Auswahl dieser Untersuchungsstellen stützt sich auf Höhe, Umwelteigenschaften sowie Vorkommen von Fassungen.

Die Nummerierung der Stationen im Wallis wird wie folgt gemacht: Die 3 Buchstaben verweisen auf die ersten 3 Buchstaben des Gewässers, « DAL » für die Dala (entsprechend den GEWISS-Coden des Bundes). Die Ziffer nach den Buchstaben erläutert die Distanz der Station zur Rhone-Mündung. Die Nummerierung « DAL 09.4 » weist auf eine Station an der Dala hin, welche 09.4 km von der Rottenmündung entfernt ist.

Stationen	Code	Coord X	Coord Y
Leukerbad amont	DAL 09.4	615'150	137'040
Amont STEP, aval Gravière	DAL 06.9	614'225	135'255
Aval STEP	DAL 06.4	614'050	134'800
Aval prise d'eau	DAL 06.1	613'787	134'562
Rumeling	DAL 02.5	614'320	131'500
Amont usine hydroélectrique	DAL 00.3	614'240	129'720
Embouchure dans le Rhône (nouvelle embouchure)	DAL-all 00.3	614'070	129'406
Embouchure dans le Rhône	DAL 00.1	614'154	129'459

Tabelle 2 : Koordinaten der Untersuchungstellen entlang der Dala (2016).

Während der ersten Messkampagne (März 2016) wurde die Mündung der Dala auf rund 300 m nach Westen in die Auenzone von Pfyn verlängert (neues Gerinne parallel zum Rotten). Die letzte Untersuchungsstelle wurde dementsprechend an diesen Abschnitt verschoben, mit neuem Namen: DAL-all 00.3 (Dala alluviale, 300 m avant sa confluence au Rhône, Foto 7). Im Oktober 2016 war infolge eines Hochwassers diese Strecke trocken (siehe Foto 8) gelegt, und die Dala floss wieder in ihrem ursprünglichen Gerinne, welches kurz nach dem Schlucht-Ausgang in den Rotten mündet (senkrechte Mündung in den Rotten, siehe Foto 9).

Zur Vereinfachung wurden die chemisch-physikalischen Aufnahmen unter DAL 001 eingetragen. Für die biologischen Interpretationen wurden die beiden Untersuchungsstellen beibehalten, aber diese letzteren wurden für die Tabelle, Graphiken und Synthese-Blätter unter der gleichen Untersuchungsstelle fusioniert.

Die Lebensraum-Eigenschaften sowie die menschlichen Eingriffe, welche die untersuchten Stationen beeinflussen können, erscheinen in der Tabelle 3 (siehe nachfolgende Fotos).

Stationen	Code	Höhe (m ü.M.)	Gefälle*	Morphologische Eigenschaften	Eingriffe
Leukerbad amont	DAL 09.4	1475	9%	Enrochements de protection, éloignés du lit mineur	-
Amont STEP, aval Gravière	DAL 06.9	1290	4.5%	2 berges enrochées, incision du lit	Gravière en amont
Aval STEP	DAL 06.4	1280	4.5%	2 berges enrochées, incision du lit	STEP de Leukerbad
Aval prise d'eau	DAL 06.1	1250	4.5%	naturliches Gewässer	Réduction des débits (prise d'eau, hors-service en octobre)
Rumeling	DAL 02.5	840	8%	naturliches Gewässer	Réduction des débits (prise d'eau, hors-service en octobre)
Amont usine hydroélectrique	DAL 00.3	600	6.5%	Tronçon naturel, caractère alluvial (plusieurs bras)	Réduction des débits (prise d'eau, hors-service en octobre)
Embouchure dans le Rhône (nouvelle embouchure)	DAL-all 00.3	598	2%	Tronçon aménagé avec faciès naturel	Restitution en amont
Embouchure dans le Rhône	DAL 00.1	598	6%	naturliches Gewässer	Restitution en amont

* das mittlere Gefälle wurde anhand 2 Höhenlinien kurz oberhalb und unterhalb der Untersuchungsstelle berechnet

Tabelle 3 : Haupteigenschaften der Untersuchungsstellen im EZG der Dala (2016).



Foto 1 : DAL 09.4 « Leukerbad Amont » (biol conseils, Oktober 2016).



Foto 2 : DAL 06.9 « Amont STEP » (biol conseils, Oktober 2015).

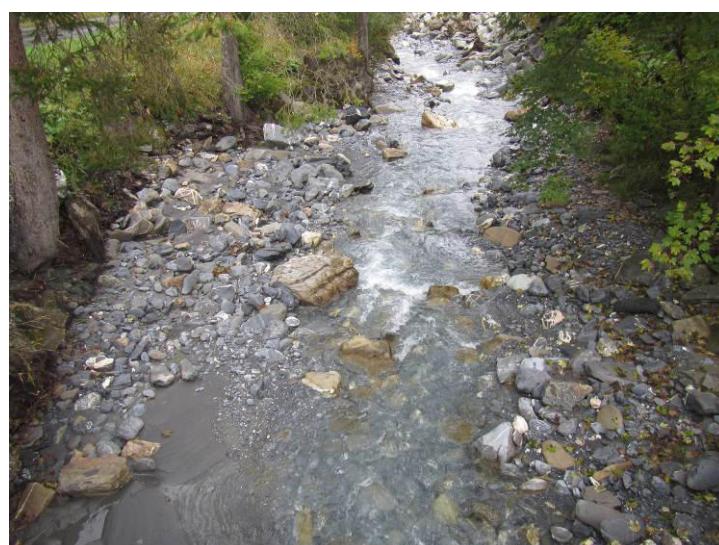


Foto 3 : DAL 06.4 « Aval STEP » (biol conseils, Oktober 2015).



Foto 4 : DAL 06.1 « Aval prise d'eau », Fassung ausser Betrieb (biol conseils, Oktober 2016).



Foto 5 : DAL 02.5 « Rumeling », Fassung ausser Betrieb (biol conseils, Oktober 2016).

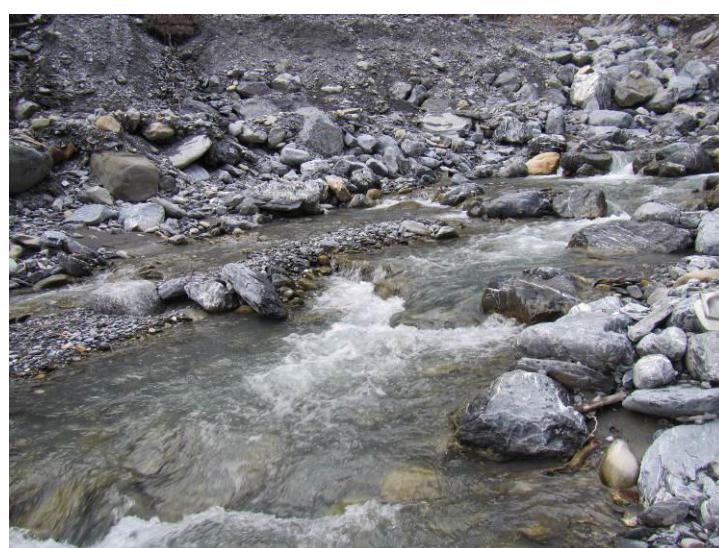


Foto 6 : DAL 00.3 « Amont Usine hydroélectrique » (biol conseils, März 2016).



Foto 7 : DAL-all 00.3 « Neues Trassee in der Mündungs-Zone » (biol conseils, März 2016).



Foto 8 : DAL-all 00.3 « Neue trockene Mündung » (biol conseils, Oktober 2016).



Foto 9 : DAL 001 « Amont Mündung » (biol conseils, Oktober 2016).

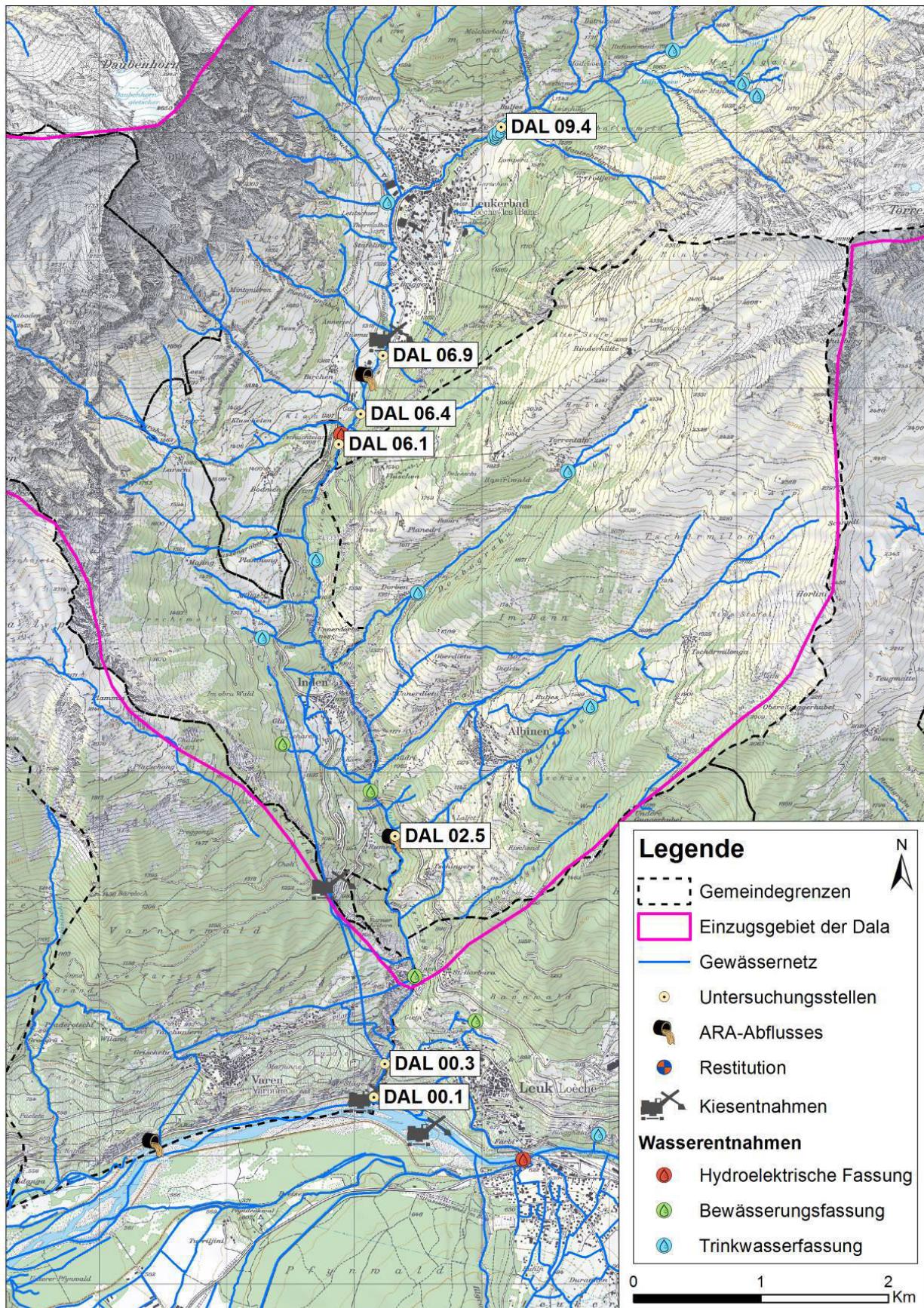


Abbildung 1 : Das Einzugsgebiet der Dala und die Lokalisierung der Untersuchungsstellen (2016). Die Fassungen stammen aus dem Inventar BD-Inventar.

3.2.2. Meteorologische Verhältnisse und Daten der Untersuchungen

Die Beprobungen erfolgten gemäss den Anforderungen des Pflichtenheftes. Es wurden keine Änderungen im Verhältnis des ursprünglichen Protokolls vorgenommen. Insgesamt sind drei chemisch-physikalischen Messkampagnen (März, August und Oktober 2016) ausgeführt worden. Zwei Messkampagnen „Kieselalgen“ und „IBGN“ wurden im März und Oktober gemacht (siehe Methoden im Anhang 1).

Die detaillierten Informationen bezüglich Wetterverhältnisse und Analysetypen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst (Tabelle 5). Die Niederschlagsdaten stammen von der Station Leukerbad 1'286 m.ü. M. (Quelle: Meteo Schweiz)

Datum	Verhältnisse Wetter	Analyse-Typ	DAL 09.4	DAL 06.9	DAL 06.4	DAL 06.1	DAL 02.5	DAL 00.3	DAL-all 00.3	DAL 00.1
7-8 mars 2016	Couvert / ensoleillé (neige 15 mm)	Diatomées, IBGN Débit, Physico-chim, Bactério	+	+	+	+	+	+	+	+
18 août 2016	Couvert / pluie (10.7mm)	Débit, Physico-chim, Bactério	+	+	+	+	+	+	+	
17-18 octobre 2016	Couvert / pluie (4 mm)	Diatomées, IBGN Débit, Physico-chim, Bactério	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabelle 4 : Protokoll der Untersuchungen entlang der Dala (2016).

4. CHEMISCH-PHYSIKALISCHE QUALITÄT UND BAKTERIOLOGIE - SCHLUSSFOLGERUNGEN

Schlussfolgerungen Die Wassermengen in der Dala sind im März (Niederwasserperiode) geringer als im Oktober und im August (Niederschläge und Gletscherschmelze). Die Auswirkung der Wasserfassung von Güsat, welche unterhalb der Untersuchungsstelle DAL 06.1 gelegen ist, ist im August sehr ausgeprägt (Wasserentnahme von rund 500 l/s). Im März werden rund 400 l/s gefasst und unterhalb der Fassung beläuft sich die Wassermenge auf die gesetzlich festgelegte Restwassermenge. Unterhalb der Zentrale werden die gefassten Wassermengen entlang der Untersuchungsstelle DAL 00.1 zurückgegeben. Während der Messkampagne vom Oktober war die Fassung Güsat für die Druckleitungskontrolle ausser Betrieb gesetzt.

Die Wassertemperatur ist von der Lufttemperatur abhängig (sehr tief im März) und bleibt im August und im Oktober über die gesamte Gewässerstrecke relativ stabil. Im März nehmen die Wassertemperaturen von flussaufwärts nach flussabwärts ab (Einfluss der tieferen Abflussmengen unterhalb DAL 06.1 und Kühlung der Thermalwasser-Einleitstelle oberhalb DAL 09.4). Der PH, leicht alkalisch, bleibt entlang der ganzen Gewässerstrecke konstant. Die Leitfähigkeit des Wassers, welches grundsätzlich mittelmässig mineralisiert ist, ist im August infolge der Gletscherschmelze (Zufluss von wenig mineralisiertem Wasser) tiefer. Die Leitfähigkeit bleibt über die gesamte Fließstrecke relativ konstant, mit räumlichen und saisonalen Variationen (Vorkommen von Thermalwasser und Reduktion des Abflusses).

Die GUS Konzentrationen sind gering, im Oktober leicht höher für die 3 Untersuchungsstellen im unteren Teil des Einzugsgebietes.

Die chemischen Messkampagnen (COT, COD, Ptot, PO4, NH4, NO2, NO3) weisen auf eine **gute bis sehr gute** Wasserqualität für alle Stationen und für die drei Messkampagnen hin, mit Ausnahme der Station unterhalb der ARA von Leukerbad (DAL 06.4) im März (sehr schlechte Werte für NH4+ und schlechte Werte für die Ptot). Die ARA-Wassereinleitungen beeinflussen in eindeutiger Weise die chemisch-physikalische Wasserqualität der Dala, und dies wenn der Verdünnungsfaktor am geringsten ist (und/oder wenn die touristische Frequentation am grössten ist).

Die bakteriologischen Analysen weisen auf eine **mittlere bis sehr schlechte Wasserqualität** in einem Grossteil der Stationen (57%) hin, mit Ausnahme der obersten Station wo die Qualität immer optimal war.

Diese relativ hohen bakteriologischen Konzentrationen lassen sich durch die Kombination von verschiedenen Faktoren erklären: touristische Aktivität, ARA-Einleitungen, Regenwasserbecken und / oder falsche Abwasseranschlüsse, landwirtschaftliche Aktivitäten. Abfälle aus Siedlungsentwässerung wurden bei der Station unterhalb der ARA (DAL 06.9) beobachtet.

5. DIE DIATOMEENGEMEINSCHAFTEN – BESTANDESZUSTAND - SCHLUSSFOLGERUNGEN

Schlussfolgerungen Die Dichte und Biomasse des Diatomeen-Bestandes werden stark von der hydrologischen Aktivität beeinflusst. Im März, bei mittelmässigen Abflüssen sind die Bestände vollständig entwickelt. Im Oktober hingegen wurde festgestellt, dass sich nach den grossen Hochwasserereignissen vom September die Diatomeen-Bestände stark reduziert haben (Dichte 10-mal kleiner als im März). Die Dichte und Häufigkeit der Makroalgen hat sich im Oktober ebenfalls reduziert. Flussabwärts ist der Einfluss der Hochwasser gering. Diese Variationen sind mit der Wasserqualität nicht verbunden. Trotz diesen Differenzen sind die Diatomeen in einem sehr guten Zustand, und dies während den beiden Saisons. Die Bestände werden oft von Pionier-Diatomeen dominiert und dies besonders im Oktober. Diese Dominanz hängt ebenfalls mit der hydrologischen Aktivität des Gewässers zusammen. Insgesamt ist die Flora nicht speziell und Arten der Roten Liste sind kaum vertreten.

Im Schnitt, kann die Qualität des Wassers von gut bis sehr gut (DI-CH < 3.0) eingestuft werden. Oligo-mesotroph flussaufwärts verwandelt sich zunehmend bis eutroph flussabwärts, leicht b-mesosaprof flussaufwärts bis allmählich voll b-mesosaprof flussabwärts. Die ausgezeichnete Qualität oberhalb Leukerbad verschlechtert sich leicht unterhalb des touristischen Bergdorfes (besonders beim saprobisches-Niveau), was sich vielleicht mit Abwasser-Einleitungen erklären lässt (schlechte Abwasseranschlüsse oder Fehlfunktion der Abwasseranlage). Die Wasserqualität wird von den ARA-Einleitungen im Oktober geprägt. Unterhalb der ARA werden die ökologischen Ziele im Oktober nicht erreicht (DI-CH = 4.79, eu- bis polytrophe und starke b-mesosaprobie der Klasse II-(III)). Erstaunlich ist das starke Vorkommen der Teratologien im März an diesem Standort, obwohl die anderen Indizien gut sind. Es scheint, dass bei mittleren Abflüssen, die toxischen Teratogene (Ammoniak, Nitrit, und Mikroschadstoffen) viel konzentrierter sind, als im Oktober. In Rumeling wird die Qualität ebenfalls von diesen Einleitungen geprägt, aber in abgeschwächter Form. Das Vorkommen von Teratologien im Oktober zeigt, dass das Wasser auch toxisch ist. Hingegen scheint, dass die Kiesentnahme oberhalb der ARA von Leukerbad kein Erosionseffekt hat.

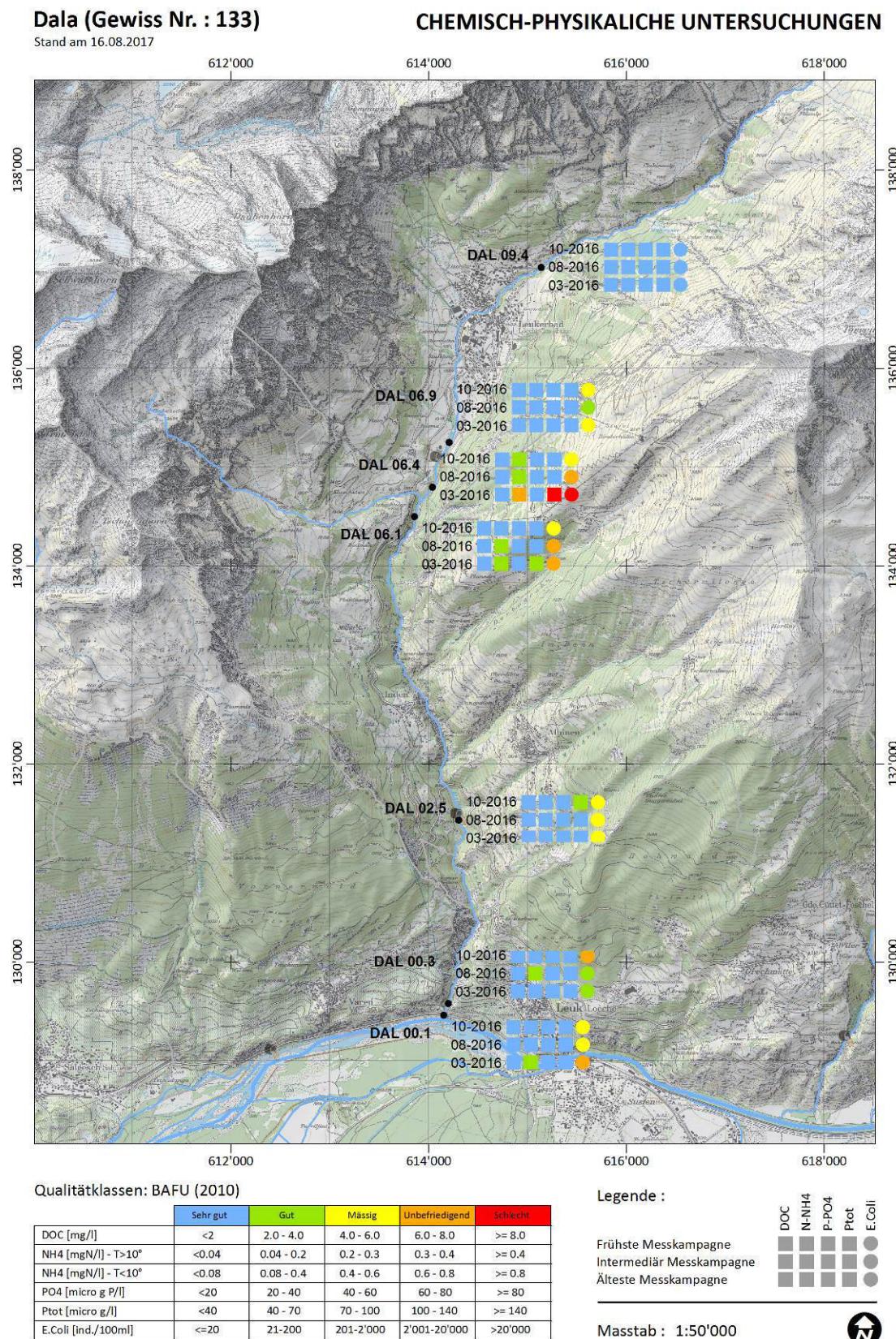


Abbildung 2 : Dala , chemisch-physikalische sowie bakteriologische Resultate (2016).

6. BENTHISCHE FAUNA, BIOLOGISCHE WASSERQUALITÄT DES GEWÄSSERS - SCHLUSSFOLGERUNGEN

Schlussfolgerungen Die Resultate der biologischen Analysen sind in der Datenbank des Kantons „BD-hydrobio“ enthalten. Die Qualität der Stationen in Bezug auf die IBCH-Noten und die Kieselalgenindizes sind in Abbildung 3 aufgeführt, und die Interpretationen im Anhang 5. Die Dala-Substrate sind sehr abwechslungsreich sowie sehr gut von der benthischen Fauna besiedelt. In den meisten Stationen wurden eine mittelmässige Versandung und das Vorkommen von geringen Mengen von Fadenalgen aufgenommen. Die Häufigkeit der benthischen Fauna in der Dala ist weit grösser als die mittlere Abundanz in den anderen Rhone-Zuflüssen (mehr als doppelt so hoch). Diese hohe Abundanz ist durch die grosse Menge an Oligochaeta und Chironomidae vom März in den Stationen DAL 06.9, DAL 06.4 et DAL 06.1 (> 1'500 ind.) bedingt. Wenn man diese beiden Arten nicht berücksichtigt, fällt die Abundanz unterhalb des Walliser Durchschnittes. Die Abundanz ist grösser im März (86% der aufgenommenen Individuen) als im Oktober. Die meisten Stationen weisen eine Qualität auf, welche als „mässig“ eingestuft werden kann (Indexwerte zwischen 9 und 12) mit einer Indikatorgruppe (IG) von 7, welche durch die Leuctridae geprägt wird sowie einer taxonomischen Diversität zwischen 9 und 20. Im Oktober erhalten zwei Stationen (DAL 09.4 und DAL 00.1) eine „mässige Note“ von 13, welche aber für das Wallis als „gute Note“ eingestuft werden kann. Dies dank einer IG von 9 und einer taxonomischen Diversität von 16. Mit einem mittleren Indexwert von 11.2 (14.1 Taxa, 31 Taxa insgesamt) zählt die Dala zu den am schlechtesten benoteten Einzugsgebieten des Wallis. Während den Messkampagnen wurden Verschmutzungen durch anthropogene Eingriffe im Bereich von zwei Stationen beobachtet:

- Abfälle aus Siedlungsentwässerung (Hygieneartikel und WC-Papier) unterhalb Leukerbad (Oktober 2016 / DAL 06.9);
- Trübes Wasser infolge Schneeräumungsarbeiten oberhalb der Station DAL 06.9 ;
- Organische Substanz unterhalb der Station DAL 06.4 im März, welche die Substrate kolmatieren.

Ausser den „mässigen“ Indexwerte an den meisten Stationen, bestätigt die Analyse der faunistischen Liste die Eingriffe entlang dieser Strecke der Dala (Dorf – ARA):

- Die starke Vermehrung und Verbreitung im März (> 10'000 Chironomidae und Oligochaeten auf jeder der 2 Stationen DAL 06.9 et DAL 06.4) deuten auf eine grosse Bereicherung des Lebensraumes;
- Einzig die beiden Stationen unterhalb der ARA von Leukerbad (DAL 06.4 und DAL 06.1) weisen keine Individuen der IG 9 auf, was die Einflüsse der ARA auf die Qualität des Lebensraumes bestätigt.

Diese Erkenntnisse reichen nicht um diese mässigen IBCN-Noten entlang der Stationen unterhalb DAL 06.1 zu erklären. Die Wasserqualität im unteren Teil des Gewässers kann als gut eingestuft werden und keine Beeinträchtigung der Ökomorphologie sowie des generellen Zustandes können beobachtet werden. Obwohl die empfindlichsten Taxa (IG 9) viel häufiger entlang des obersten Gewässer-Abschnittes vertreten sind (80% der Wirbellosenbesiedlung), wurden Individuen auch unterhalb DAL 06.1 beobachtet, aber unzureichend um als IG berücksichtigt zu werden. Die mässige IBCH-Note unterhalb DAL 06.1 könnte sich auch durch die natürlich rauen und unwirtlichen Bedingungen in der Dala in den felsigen und tief eingeengten Schluchten erklären lassen.

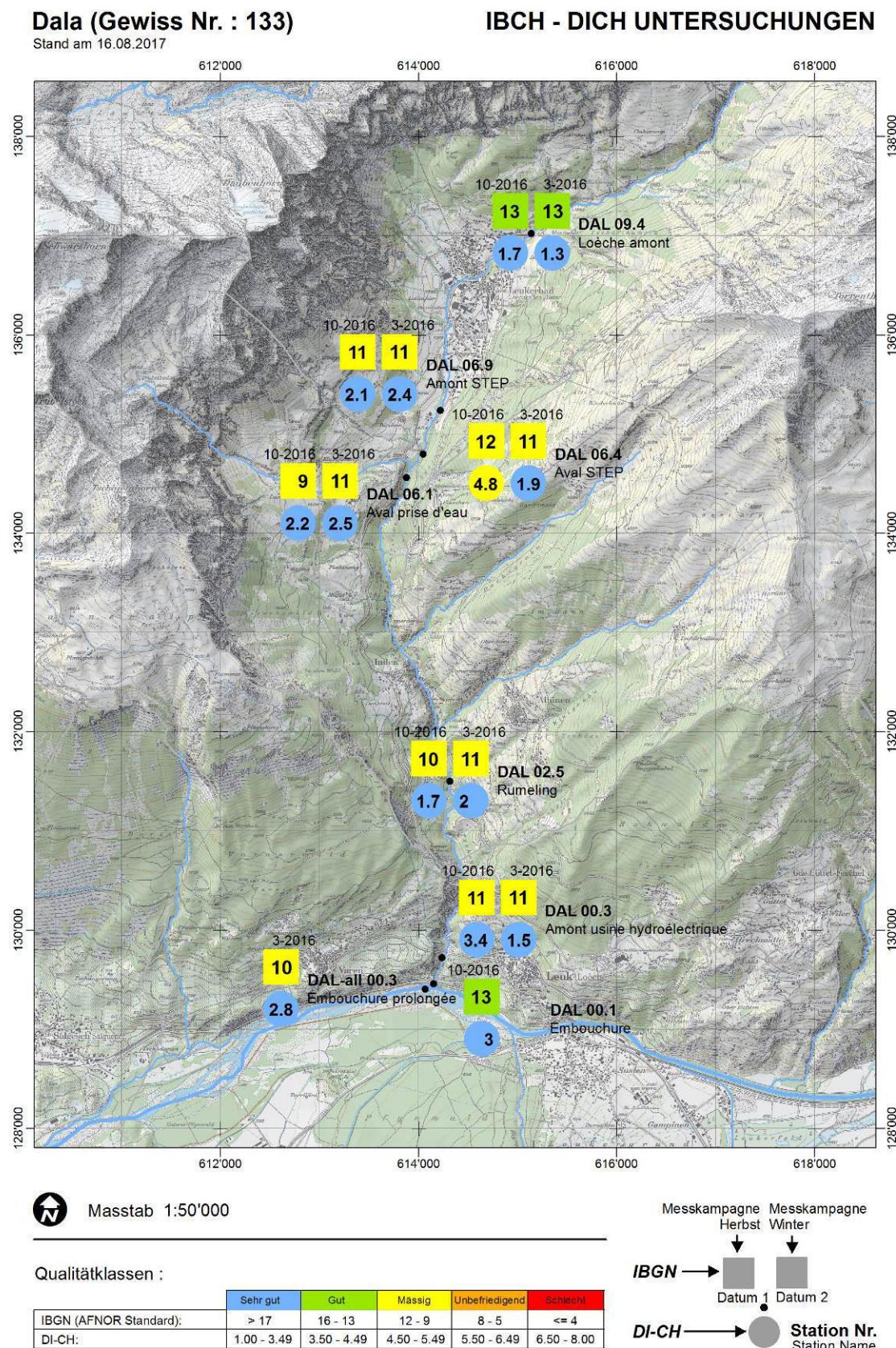


Abbildung 3 : Dala, Resultate der IBCH-Analysen und die Kieselalgenindizes (2016).

7. FAZIT PRO STELLE

Die Ergebnisse für jeder Station sind in den Datenblätter « BD-Hydrobio » aufgeführt. Eine Zusammenfassung wurde für jede Stationen ebenfalls verfasst (Anhang 6).

8. VERGLEICH DER GESAMTERGEBNISSEN

Während Stationen im oberen Gewässer-Abschnitt „gute Qualität“ bis „sehr gute Qualität“ für die Gesamtparameeter aufweisen, sind anhand gewisser Resultate Beeinträchtigungen ab der Station DAL 06.9, d.h. unterhalb Leukerbad, erkennbar. Anhand von der Bakteriologie und den IBCH-Noten lässt sich diese Station (DAL 06.4) in „mäßige Qualität“ einstufen. Der Einfluss der ARA zeigt sich klar auf der direkt darunterliegenden Station (DAL 06.4) mit „schlechten“ und „unbefriedigenden“ Resultaten im März für die bakteriologischen und chemisch-physikalischen Parametern sowie „mäßigen“ Resultaten für die Mehrheit der Parameter im Oktober. Die Qualität verbessert sich in Richtung der Talebene, aber bleibt „mäßig“ für die IBCH-Noten und oft „schlecht“ für die Bakteriologie. Zu vermerken ist, dass die bakteriologischen Noten für die Gewässerstrecke unterhalb Leukerbad am schlechtesten sind. Die thermalen Aktivitäten oder der Betrieb des Kieswerkes könnten diese Situation erklären.

Dennoch, wenn man die Station „DAL 06.4“ nicht berücksichtigt, erwies sich die Wasserqualität (chemisch-physikalischer Aspekt und Kieselalgenindizes) als „gut“ bis „sehr gut“.

	Période / station	Physico-chimie (paramètres déclassant: NH ₄ ⁺ , NO ₂ , PO ₄ ³⁻)	Bactériologie (paramètres déclassant: germes totaux, entéroc., E. coli)	Diatomées saprobie	Diatomées trophie	Note IBCH (qualité selon norme IBCH)
Mars 2016	DAL 09.4 - Leukerbad amont		(I)-II	1.43	13	
	DAL 06.9 - Aval Gravière		II	1.64	11	
	DAL 06.4 - Aval STEP		II	1.6	11	
	DAL 06.1 - Aval prise d'eau		II	1.65	11	
	DAL 02.5 - Rumeling		II	1.7	11	
	DAL 00.3 - Amont usine hydro.		II	1.64	11	
	DAL-all 00.3 - Nlle embouchure		II	1.83	10	
Octobre 2016	DAL 09.4 - Leukerbad amont		(I)-II	1.48	13	
	DAL 06.9 - Aval Gravière		II	1.53	11	
	DAL 06.4 - Aval STEP		II-(III)	2.41	12	
	DAL 06.1 - Aval prise d'eau		II	1.81	9	
	DAL 02.5 - Rumeling		(I)-II	1.79	10	
	DAL 00.3 - Amont usine hydro.		II	2.05	11	
	DAL 00.1 - Embouchure		II	1.81	13	

Légende :

██████████	excellent, présent uniquement dans les Alpes				
██████████	très bon	██████████	moyen	██████████	mauvais
██████████	bon	██████████	médiocre	-	prélèvement non effectué

Tabelle 5 : Vergleich der erhobenen Resultate im Einzugsgebiet der Dala für das Jahr 2016.

9. VERGLEICH MIT VORHERIGEN BIOLOGISCHEN RESULTATEN

9.1. Kieselalgen – Vergleich mit vorherigen Daten

Bis jetzt wurde die Dala bezüglich Kieselalgen nicht untersucht.

9.2. Benthische Fauna – Vergleich mit vorherigen Daten

Es stehen nur wenige Daten zum vorherigen Vergleich zur Verfügung. Das Büro ETEC (1994, 2000 und 2011) hat Probeaufnahme im Bereich von einigen im Jahr 2016 untersuchten Stationen (siehe Tabelle 6).

Die taxonomische Diversität, die Indikatorgruppe und die IBGN/IBCH Noten für die Station DAL 09.4 sind quasi identisch für die verschiedenen Messkampagnen, was darauf hindeutet, dass diese Station für die Dala als Referenz berücksichtigt werden kann.

Die Abnahme der Häufigkeit der Organismen zwischen Frühling und Herbst lässt sich durch die grosse Wassermenge (Drift) und den biologischen Zyklus der benthischen Invertebraten (Schlüpfen adulter Insekten) erklären.

Trotz kleiner Differenzen im Verhältnis der taxonomischen Diversität weisen die IBCH/IBCH Noten immer auf eine „mässige“ Qualität hin. Eine gute Qualität wurde ausschliesslich flussabwärts der Station DAL 00.1 beobachtet. DAL-all 00.3 weist ebenfalls „mässige“ Qualität auf, was sich durch das neu erstellte Gerinne (Verlängerung des Gerinnes ab ehemaliger Mündung) erklären lässt. Das Vorkommen von mehreren Individuen der IG 9 im Jahr 2016 bei dieser Station weist auf ein vorhandenes Potential hin.

Die natürlich bedingten günstigen Lebensräume für die benthische Fauna können ebenfalls die „mässige“ Wasserqualität entlang der Dala erklären.

Die zur Verfügung stehenden Resultate weisen auf einen stabilen Zustand der Dala (ohne eine Qualitätsverbesserung) hin.

Campagne	Février 1994 (ETEC)				Octobre 1994 (ETEC)				Novembre 2000 (ETEC)				Mars 2011 (ETEC)				Mars 2016 (biol conseils)				Octobre 2016 (biol conseils)			
Station	nbr ind.	GI	$\sum t$	IBGN	nbr ind.	GI	$\sum t$	IBGN	nbr ind.	GI	$\sum t$	IBGN	nbr ind.	GI	$\sum t$	IBGN	nbr ind.	GI	$\sum t$	IBGN	nbr ind.	GI	$\sum t$	IBGN
DAL 09.4	2119	9	17	14	445	9	16	13	-	-	-	-	-	-	-	-	1'371	9	16	13	614	9	16	13
DAL 06.9	-	-	-	-	-	-	-	-	100	7	10	10	-	-	-	-	11'620	7	13	11	162	7	14	11
DAL 06.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13'013	7	14	11	930	7	20	12
DAL 06.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4'306	7	13	11	54	7	9	9
DAL 02.5	-	-	-	-	-	-	-	-	436	7	17	12	-	-	-	-	777	7	16	11	513	7	11	10
DAL 00.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	694	7	14	11	826	7	14	11
DAL 00.1*	-	-	-	-	-	-	-	-	81	7	11	10	-	9	15	13	-	-	-	-	965	9	16	13
DAL-all 00.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2'092	7	12	10	-	-	-	-

*DAL 00.0 pour novembre 2000

Tabelle 6: Vergleich der IBGN / IBCH Ergebnisse, welche im Einzugsgebiet der Dala zwischen 1994 (ETEC) und 2016 (biol conseils). Die Anzahl Individuen (nbr ind.), Indikatorgruppe (GI), taxonomische Diversität ($\sum t$, niveau famille), und die IBGN/IBCH-Note mit entsprechender Qualitätsklassierung sind aufgeführt.

10. ZUSAMMENFASSUNG – SCHLUSSFOLGERUNG

Der Kanton Wallis führt seit 1990 jährlich Untersuchungen zur Beobachtung der Wasserqualität von Oberflächengewässern durch. Die Gewässerbeurteilung besteht aus chemisch-physikalischen (Wasseranalysen, Hydrologie) und biologischen (Kieselalgen, benthische Fauna) Untersuchungen. Die Studie von 2016 bezieht sich auf das Einzugsgebiet **der Dala**.

Das Gewässer wird von der KW-Wasserfassung von Güsat (unterhalb Leukerbad) beeinflusst. Im Einzugsgebiet der Dala sind eine grosse ARA (Leukerbad unterhalb DAL 06.4) und eine kleinere ARA in Rumeling unterhalb DAL 02.5 zu verzeichnen.

In diesem Einzugsgebiet sind 7 Stationen ausgeschieden, um die Lebensräume bezüglich der Höhe, den Umweltparametern und der Bauwerke zu bewerten. Drei chemisch-physikalische Messkampagnen (März, August und Oktober) sowie zwei „Kieselalgen“- und „benthische Fauna“-Erhebungen (März und Oktober) wurden ebenfalls ausgeführt.

Die Resultate der chemisch-physikalischen, bakteriologischen Analyse, der Kieselalgen und Wirbellosefauna weisen auf eine „gute“ bis „sehr gute“ Wasserqualität für die Referenzstation (DAL 09.4) hin. Beeinträchtigungen sind ab unterhalb des Dorfes Leukerbad zu verzeichnen, mit einer Zunahme der bakteriologischen Konzentrationen sowie des saprobiellen Indizes im Verhältnis der Referenzstation flussaufwärts. Eine Abnahme der IBCH-Noten ist zu verzeichnen. Mehrere gesetzliche Ziele werden unterhalb der ARA Leurkerbad (DAL 06.4) nicht eingehalten; die Nichteinhaltung der chemisch-physikalischen Ziele für die NH_4 und P_{tot} im März, die Überschreitungen von sämtlichen Kieselalgenindizes im Oktober, systematisch begleitet von mässigen IBCH-Noten. In den anderen Stationen sind die Resultate im Ganzen „gut“ bis „mässig“ mit bakteriologischen Konzentrationen, welche in den meisten Fällen zu hoch sind.

Die Beeinträchtigungen, welche unterhalb Leukerbad festgestellt worden sind, insbesondere die hohen bakteriologischen Konzentrationen, lassen sich durch die touristischen Aktivitäten oder die Abwasser-Einleitstellen erklären. Die Einflüsse der ARA-Einläufe auf die Wasserqualität sind durch die chemisch-physikalischen Erhebungen sowie die Kieselalgenindizes eindeutig nachgewiesen. Der Kieswerkbetrieb hat möglicherweise einen Einfluss auf die Wasserqualität. Hingegen beeinflusst die Abflussreduktion unterhalb der KW-Fassung die Wasserqualität im März nicht. Die Abnahme der IBCH-Note im Oktober könnte durch die Ausserbetriebnahme der Wasserfassung in Güsat erklärt werden, was eine grössere benetzte Bachbreite verursacht hat, welche sehr wenig von Wirbellosenfauna besiedelt war. Diese Situation hat eine leichte Diskrepanz in den Resultaten verursacht.

Zur Wiederherstellung einer guten Wasserqualität in der Dala und um die beobachteten Beeinträchtigungen reduzieren zu können, sind die folgenden Vorschläge umzusetzen:

- Kontrolle des funktionstüchtigen Zustandes der ARA Leukerbad;
- Kontrolle und Überwachung der eventuellen Abwassereinleitungen in den Vorfluter und/oder der touristischen Aktivitäten;
- Fortsetzung der Monitoring sobald die ARA optimiert wird, und dies entlang der Restwasserstrecke;
- Überwachung der invasiven Organismen (Kieselalge *Didymosphenia geminata*).

11. RÉSUMÉ - CONCLUSION

Depuis 1990, le Service de la Protection de l'Environnement du Canton du Valais (SPE) effectue un programme annuel d'observation de la qualité des eaux de surface. Cette approche de la qualité globale des cours d'eau se base sur la caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux, l'étude des diatomées, ainsi que celle de la faune benthique (méthode biologique IBCH). L'étude 2016 s'est portée sur le bassin versant de **la Dala**.

La rivière est influencée par une prise d'eau à Güsat (en aval de Leukerbad). Le bassin versant comporte 1 STEP principale (STEP de Leukerbad à l'amont de DAL 06.4) et une plus petite STEP (Rumeling) située en aval de la station DAL 06.1.

Sur ce bassin versant, 7 stations ont été retenues pour qualifier le milieu en fonction de l'altitude, des caractéristiques de l'environnement et des aménagements. Trois campagnes physico-chimiques ont été réalisées (mars août et octobre) ; 2 campagnes « diatomées » et « faune benthique » ont été menées (mars et octobre).

Les résultats des analyses physico-chimiques, bactériologiques, des diatomées et des macroinvertébrés aquatiques, indiquent une bonne à très bonne qualité pour la station de référence amont (DAL 09.4). Des atteintes sont détectées dès l'aval de Leukerbad (DAL 06.9), avec en particulier des concentrations en bactéries et des indices saprobiques qui augmentent par rapport à la station de référence amont. On enregistre une diminution des notes IBCH. Plusieurs objectifs légaux ne sont plus respectés à l'aval de la STEP de Leukerbad (DAL 06.4) ; on constate le non-respect des objectifs physico-chimiques pour le NH₄ et le Ptot en mars, et des dépassements de l'ensemble des indices diatomiques en octobre, systématiquement accompagnés de notes IBCH moyennes. Sur les autres stations, les résultats sont globalement bons à moyens, avec toutefois des concentrations en bactéries qui s'avèrent être trop importante dans la majorité des cas.

Les atteintes observées dès l'aval de Leukerbad, en particulier les concentrations élevées en bactéries, s'expliquent principalement par l'activité touristique, voire par des rejets d'eaux usées. Les impacts des effluents de la STEP de Leukerbad sur la qualité de l'eau sont clairement mis en évidence par la physico-chimie et les indices diatomiques. Il est possible que l'activité de la gravière ait un impact. Par contre, la réduction des débits en aval de la prise d'eau ne se marque pas sur la qualité en mars. La baisse de la note IBCH en octobre pourrait s'expliquer par la mise hors service de l'aménagement hydroélectrique, induisant une surface mouillée plus élevée, mais sans doute peu colonisée par la faune benthique. Cette situation a introduit un léger biais dans les résultats.

Afin de restaurer une bonne qualité globale de la Dala, et diminuer les atteintes observées, plusieurs propositions peuvent être formulées :

- Contrôle du bon fonctionnement de la STEP de Leukerbad ;
- Contrôle et surveillance des éventuels rejets non raccordés sur Leukerbad et/ou des activités liées au tourisme ;
- Poursuite du monitoring une fois la STEP optimisée sur le tronçon à débit résiduel pour s'assurer d'atteindre une bonne qualité ;
- Suivi des organismes envahissants (la diatomée invasive *Didymosphenia geminata* a été observée dans la Dala).

12. BIBLIOGRAPHIE

- AGENCES DE L'EAU (ADE), 1997. Etude interagences de l'eau : seuils de qualité pour les micropolluants organiques et minéraux dans les eaux superficielles. Etude 1997, N° 53
- AFNOR, 2004. Qualité des eaux. Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN). NF T90-350. Paris.
- Agences de l'Eau, 1999. Système d'évaluation de la qualité des cours d'eau. Rapport de présentation SEQ-Eau. Les études de l'Agence de l'Eau n° 64.
- Agences de l'Eau, 2000. Indice Biologique Global Normalisé I.B.G.N. NF-T90-350. Guide technique. Agence de l'eau 2ème édition, 37p.
- BERNARD, R. & CORDONIER, A., 2005. Observation de la qualité des eaux de surface. Campagne 2004-2005 : La Liène. Rapport du Bureau ETEC Sàrl pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 51 p. et annexes.
- BERNARD R., PERRAUDIN KALBERMATTER R., BERNARD M., 1994. Observation de la qualité des eaux de surface du Canton du Valais. Le Rhône et neuf de ses affluents. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., campagne 1993, p. 197-240.
- BERNARD, R. & STRAUB, F., 2010. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2009-2010 : La Navisence. Rapport Bureaux ETEC Sàrl et PhycoEco pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 75 p. et 4 annexes.
- BERNARD, R. & STRAUB, F., 2011. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2011 : Les Borgnes et Dixence. Rapport Bureaux ETEC Sàrl et PhycoEco pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 84 p. et annexes.
- BERNARD, R. & STRAUB, F., 2013. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2012-2013 : les Vièzes. Rapport Bureaux ETEC Sàrl et PhycoEco pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 70 p. et annexes.
- BERNARD, R & STRAUB, F, 2015. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2014 : La Liène. Rapport des Bureaux ETEC Sàrl et PhycoEco pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 68 p. et 4 annexes.
- BERNARD, R., STRAUB, F. & BROCCARD, A. 2016. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2014-2015 : La Turtmänna. Rapport des Bureaux ETEC Sàrl, PhycoEco et BINA pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 67 p. et 4 annexes.
- BERNARD, R., STRAUB, F. & BROCCARD, A. 2017. Observation de la qualité des eaux de surface du canton du Valais. Campagne 2015 : La Printse. Rapport des Bureaux ETEC Sàrl, PhycoEco et BINA pour le Service de la protection de l'environnement (canton du Valais), 23 p. et 6 annexes.
- CORDONIER A., STRAUB F., ETEC, 2000. Observation de la qualité des eaux de surface. Etude pilote : Diatomées sur la Dranse de Bagnes. SPE, Canton du Valais. 13 p.+ann.

- CORDONIER A., 2000. Comparaison de plusieurs méthodes diatomiques pour diagnostiquer la qualité de l'eau des cours d'eau : application à la Dranse de Bagnes. Conférence lors du Congrès de la CILEF, Clermont-Ferrand, juillet 2000.
- CORDONIER A. et ETEC, 2001. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagne 2000 : la Morge. Service de la protection de l'environnement. Canton du Valais.
- CORDONIER A., STRAUB F., BERNARD R., BERNARD M., 2004. Bilan de la qualité de l'eau des rivières valaisannes à l'aide des diatomées. Bulletin des sciences naturelles du Valais, la Murithienne 12 : 73-82.
- EAWAG, 1991. L'azote dans l'air et l'eau. Nouvelles de l'EAWAG n° 30. Dübendorf.
- ETEC, 2000. Etude statistique des données hydrobiologiques du Canton du Valais. Service de la Protection de l'Environnement de l'Etat du Valais.
- ETEC, 2003. Impact des rejets de déversoirs d'orage sur le milieu récepteur – Rapport hydrobiologique. Service de la Protection de l'Environnement de l'Etat du Valais. 15 p. + annexes.
- ETEC & CORDONIER A., 2003. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagne 2003 : La Fare. SPE. Canton du Valais. 56 p. + annexes.
- ETEC & CORDONIER A., 2004. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagnes 2003-2004 : Le Trient. Service de la protection de l'Environnement. Canton du Valais. 59 p. + annexes.
- ETEC & CORDONIER A., 2005. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagnes 2004-2005 : La Liène. Service de la protection de l'Environnement. Canton du Valais. 52 p. + annexes.
- ETEC & CORDONIER A., 2006. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagnes 2005-2006 : La Dranse de Ferret. Service de la protection de l'Environnement. Canton du Valais. 55 p. + annexes.
- ETEC & Straub F., 2007. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagnes 2006-2007 : La Salentse. Service de la protection de l'Environnement. Canton du Valais. 50 p. + annexes
- ETEC & Straub F., 2007. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagnes 2006-2007 : La Sionne. Service de la protection de l'Environnement. Canton du Valais. 54 p. + annexes
- ETEC & Straub F., 2009. Observation de la qualité des eaux de surface ; campagnes 2007-2009 : Le Rhône de Gamsen à Martigny. Service de la protection de l'Environnement. Canton du Valais. 125 p. + annexes.
- HOFMANN G., WERUM M. & LANGE-BERTALOT H. 2011. Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. Koeltz Scientific Books, Königstein, 908 pp.
- HUET M., 1949. Aperçu des relations de la pente et des populations piscicoles des eaux courantes. Schweiz. Z : Hydrol., II (3-4) : 332-351
- HÜRLIMANN J. et NIEDERHÄUSER P. 2007 : Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Diatomées Niveau R (région). État de l'environnement n° 0740. Office fédéral de l'environnement, Berne. 132 p.

- ILLIES J., BOTOSANEANU L. 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique.
- KNISPEL S., KLEIN A., BERNARD M., BORNARD C., PERFETTA J., RATOUIS C., 2005. Qualité biologique des cours d'eau du bassin versant lémanique. Rapp. Comm. Int. proct. eaux Léman contre pollut., Campagne 2004, 117-129
- LANGE-BERTALOT H., (unter Mitarbeit von A. Steindorf) 1996. Rote Liste der limnischen Kieselalgen (Bacillariophyceae) Deutschlands. Schriftenreihe für Vegetationskunde 28 : 633-677.
- LIEBMANN H., 1958. Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. Biologie des Trinkwassers, Badewassers, Frischwassers, Vorfluters und Abwassers. Band 1. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena: 1-640.
- LIECHTI P., 2010. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Analyses physico-chimiques, nutriments. L'environnement pratique n°1005. Office fédéral de l'environnement, Berne. 44 p.
- Ministère de l'environnement et du cadre de vie, 1979. Paramètres de la qualité des eaux. Direction de la prévention des pollutions. Neuilly-sur-Seine.
- NISBET M. et VERNEAUX J., 1970. Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. Ann limno t. 6, fasc. 2, p. 161-190
- NOEL F. et FASEL D., 1985. Etude de l'état sanitaire des cours d'eau du canton de Fribourg. Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. - Vol 74 1/2/3 p. 1-332.
- OFEFP, 1991. Recommandations pour l'évaluation de la qualité hygiénique des eaux de baignade de lacs et de rivières. Information concernant la protection des eaux n°7.
- OFEFP, 1998. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse, système modulaire gradué. Informations concernant la protection des eaux n°26, 43 p.
- OFEFP, 2004. Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Module chimie - Analyses physico-chimiques niveau R et C. Projet. Informations concernant la protection des eaux.
- SCHMEDTJE U., BAUER A., GUTOWSKI A., HOFMANN G., LEUKART P., MELZER A., MOLLENHAUER D., SCHNEIDER S. & TREMP, H., 1998. Trophekartierung von aufwuchs- und makrophytendominierten Fließgewässern. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München. Informationberichte Heft 4/99, 516 p.
- STECK et al., 1999. Carte tectonique des Alpes de Suisse occidentale et des régions avoisinantes. Carte géologiques spéciales n° 123. Service hydrologique et géologique national.
- STUCKI, P., 2010. Méthodes d'analyses et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Macrozoobenthos-niveau R. L'Environnement Pratique n°1026. Office Fédéral de l'Environnement, Berne, 61 p.

13. ANHANG

- Anhang 1 : Protocoles et méthodologies appliqués pour les différents échantillonnages, et principes d'interprétation.
- Anhang 2 : Diatomées et qualité des eaux de rivières : méthodes du bureau PhycoEco (9^{ème} édition, novembre 2013).
- Anhang 3 : Tableau des résultats d'analyses physico-chimiques et bactériologiques effectuées sur le bassin versant de la Dala en 2016 ; présentation et interprétation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux.
- Anhang 4 : Présentation et interprétation des résultats des analyses sur le peuplement de diatomées effectuées sur le bassin versant de la Dala en 2016 ; tableau des résultats bruts, voir fichier électronique.
- Anhang 5 : Présentation et interprétation des résultats de l'étude du macrozoobenthos effectuée sur le bassin versant de la Dala en 2016 ; résultats détaillés dans BD-Hydrobio.
- Anhang 6 : Synthèse des résultats par station.

ANHANG 1 :

**PROTOCOLES ET MÉTHODOLOGIES APPLIQUÉS POUR LES DIFFÉRENTS ÉCHANTILLONNAGES, ET
PRINCIPES D'INTERPRÉTATION**

PROTOCOLES ET MÉTHODOLOGIE

Généralité	Dans les cours d'eau alpins, l'étiage (débit le plus faible à l'état naturel) se produit en hiver. Durant ces périodes, les apports polluants sont souvent plus importants (tourisme hivernal) et peu dilués ; elles confèrent aux cours d'eau leur état chimique le plus critique. Les campagnes hivernales révèlent habituellement les moins bonnes qualités d'eaux. Toutefois, le régime hydrologique de la rivière est partiellement modifié par les captages d'eau et peut montrer des débits plus bas dès la fin de l'été et en automne.
Fenêtre d'échantillonnage utilisée pour l'IBCH	Les stations à échantillonner sur le bassin versant sont situées à des altitudes comprises entre 450 m et 2'400 m d'altitude. La méthode IBCH de l'OFEV recommande pour les cours d'eau non soumis aux hautes eaux des fontes nivales et glaciaires un échantillonnage de mars (basse altitude) à juin (haute altitude) et un deuxième passage facultatif entre les périodes de mi-mai à mi-octobre. La Dala étant un cours d'eau à régime hydrologique glaciaire et glacio-nival, en accord et sur recommandation du SPE, les campagnes d'échantillonnage ont été fixées en octobre après les crues de la fin d'été et mi-mars avant la fonte nivale et glaciaire.
Prélèvements physico-chimiques et bactériologiques	À la demande du SPE, les prélèvements d'eau ont été ponctuels . Pour la bactériologie, ils ont été effectués dans des bouteilles stériles. Tous les échantillons d'eau ont été conservés en glacière avant d'être transmis le soir même aux laboratoires (laboratoire cantonal pour la bactériologie et laboratoire du SPE pour la physico-chimie).
Mesures de débit	Les débits ont été mesurés à l'aide d'un jaugeage chimique par intégration (salinométrie). Ces mesures instantanées ne sont toutefois qu'indicatives. Sur certaines stations, elles peuvent s'avérer peu fiables si le faciès de la rivière se prête mal à ce type de jaugeage (écoulement qui se divise en plusieurs bras, présence de mouilles qui ralentissent l'écoulement des eaux et donc le transport du sel).
Analyses physico-chimiques	Seuls les principaux paramètres caractéristiques de la pollution organique des eaux (carbone organique, azotes et phosphores) ont été analysés. Les résultats bruts des analyses physico-chimiques et bactériologiques figurent à l'Annexe 3. L'unité des valeurs est précisée dans le Tableau 1. Des relevés de température de l'eau, conductivité, pH, oxygène dissous ont également été effectués sur le terrain avec une sonde portable. Ces valeurs ont été introduites dans ce tableau général. Le fichier informatisé des analyses physico-chimiques, repris dans les fiches de synthèse, exprime les concentrations du carbone, de l'azote et du phosphore en mg ou µg de C, N ou P par litre. Compte tenu du degré d'imprécision des mesures de débit et du caractère ponctuel de l'approche (prélèvement instantané), le calcul des charges n'a pas été réalisé.
Références pour la qualité physico-chimique des eaux	Les exigences relatives à la qualité des eaux figurent dans l'Annexe 2 de l'Ordonnance fédérale sur la protection des eaux. Le module « Analyse physico-chimique » niveau R du système modulaire gradué (LIECHTI 2010) se base sur cette annexe et fournit des informations sur l'interprétation des résultats en proposant une échelle de valeur à 5 niveaux (de très bon à mauvais).

Tableau 1 : Classes de qualité des principaux paramètres chimiques des eaux (LIETCHI 2010).

Appréciation de la qualité	COD (mg C/l)	Nitrates (mg N/l) NO3-	Nitrites (mg N/l) NO2- pour cl- < 10 mg/l	Ammonium NH4+ (mg N/l)		Ortho-P (mg P/l) PO4---	Ptotal (mg P/l) Ptot
				T > 10°C	T < 10°C		
Très bonne	<2.0	<1.5	<0.01	<0.04	<0.08	<0.02	<0.04
Bonne	2.0 <4.0	1.5 <5.6	0.01 <0.02	0.04 <0.2	0.08 <0.4	0.02 <0.04	0.04 <0.07
Moyenne	4.0 <6.0	5.6 <8.4	0.02 <0.03	0.2 <0.3	0.4 <0.6	0.04 <0.06	0.07 <0.1
Médiocre	6.0 <8.0	8.4 <11.2	0.03 <0.04	0.3 <0.4	0.6 <0.8	0.06 <0.08	0.1 <0.14
Mauvaise	≥8.0	≥11.2	≥0.04	≥0.4	≥0.8	≥0.08	≥0.14

Références pour la qualité bactériologique des eaux L'interprétation du nombre de germes totaux s'est faite selon les classes utilisées par le plan MAPOS. En Suisse, il n'existe pas de norme bactériologique pour les eaux courantes vis-à-vis des Escherichia Coli et des Entérocoques. En France, les Agences de l'Eau (1999) ont introduit des « classes d'aptitude » dans le SEQ-Eau pour définir la qualité de l'eau en vue d'une production d'eau potable.

Tableau 2 : Interprétation des résultats bactériologiques pour les eaux courantes d'après les classes utilisées par le plan MAPOS (Germes totaux) le SEQ-Eau - Agences de l'Eau françaises (*E. coli* et *Entérocoque*).

Paramètres	Unités	Classe de qualité				
		Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
Germes totaux	n/ml	< 500	501-1000	1001-25000	-	> 25000
<i>Escherichia coli</i>	n/100 ml	≤ 20	21-200	201-2000	2001-20000	> 20000
Entérocoque	n/100 ml	≤ 20	21-200	201-1000	1001-10000	> 10000

- Seulement 4 classes pour la Suisse, au lieu de 5 pour la France.

Etudes des diatomées Les détails de la méthodologie utilisée pour les prélèvements et l'analyse des diatomées figurent en Annexe 2. Les échantillons et préparations de référence sont déposés au Musée d'Histoire naturelle de La Chaux-de-Fonds (coll. F. Straub). Des doubles des préparations microscopiques seront transmis au Musée de la Nature à Sion, dans la collection de référence des diatomées valaisannes.

Les notes obtenues (indice diatomées) correspondent à un des 8 groupes de qualité d'eau (cf. **Erreur ! Référence non valide pour un signet.**). Pour faciliter les comparaisons entre les modules, les 8 groupes de départ sont ramenés aux 5 classes du « système modulaire gradué R ». Les stations sont alors réparties en deux catégories :

- celles obtenant un indice de 1 à 4.49 (couleur bleue et verte) respectent les objectifs écologiques fixés par l'OFEFP ;
- celles ayant un indice de 4.5 à 8 (couleur jaune, orange et rouge) n'atteignent pas

les objectifs écologiques.

Les autres indices utilisés dans le cadre de cette étude à savoir, les niveaux saprobique et trophique, sont développé dans l'Annexe 4, au paragraphe 4.4.3.

Tableau 3 : Grille de diagnostic pour l'interprétation de l'indice suisse DI-CH basé sur les diatomées

Indice diatomique DI-CH	1	2	3	4	5	6	7	8
Limites des classes	1.0-1.49	1.5-2.49	2.5-3.49	3.5-4.49	4.5-5.49	5.5-6.49	6.5-7.49	7.5-8.0
Classes d'état selon système modulaire gradué	Très bon			Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	

IBCH (dérivé de la norme française d'Indice Biologique Global Normalisé) La méthode retenue pour l'analyse de la qualité biologique est celle de l'IBCH, détaillée dans la partie Macrozoobenthos de la méthode d'appréciation des cours d'eau, niveau R (Stucki, 2010).

Elle prend en compte toute la problématique des **mosaïques d'habitats** (combinaison des substrats et des vitesses), paramètre soupçonné comme prépondérant pour les cours d'eau. En effet, la nature et la qualité des substrats du fond déterminent la diversité et l'abondance des macroinvertébrés benthiques ; ceux-ci dépendent très fortement de la capacité « biogénique »¹ de ces substrats. La **structure et l'état des fonds** ont été relevés lors des prélèvements de faune benthique.

Sur chaque station, l'échantillonnage se compose de 8 prélèvements dans tous les types de substrat représentés (bryophytes, litières, galets, graviers, vases, dalles, etc.) et de vitesse (soit 5 classes entre moins de 5 cm/s et plus de 150 cm/s). Le protocole directeur de la méthode doit parfois être adapté aux conditions propres de chaque station.

Les organismes échantillonnés sont conservés dans de l'éthanol absolu de première qualité (alcool à 99.9%), triés et déterminés en général jusqu'à la famille, qui constitue la limite de détermination des taxons pour cette méthode. Pour chacune des stations est établie une liste faunistique des macroinvertébrés benthiques, principalement des larves d'insectes pétricoles (qui vit sur les pierres) ou fouisseuses, appartenant aux ordres des Plécoptères, Ephéméroptères, Trichoptères et Diptères, caractéristiques des cours d'eau de montagne.

Le calcul de l'IBCH se fonde :

- ⇒ sur le **Groupe Indicateur (GI)** ; les taxons sont organisés en 9 classes selon leur sensibilité aux différents paramètres de qualité d'un cours d'eau (eau et lit); la classe 9, la plus élevée, est constituée des taxons les plus exigeants, à savoir les taxons les plus sensibles à la qualité du milieu;
- ⇒ et sur la **diversité taxonomique** (nombre de taxons) comptabilisée dans la liste faunistique.

¹ Aptitude à héberger une faune abondante et diversifiée.

La note ainsi obtenue, comprise entre 1 et 20 (minimum et maximum), donne une appréciation de la qualité biologique globale de la station (cf. Tableau 4). Elle intègre les paramètres abiotiques (diversité des substrats, vitesse du courant, physico-chimie des eaux, débit, etc.) et biotiques (faune benthique, niveau trophique, etc.). La méthode IBCH permet d'obtenir une note rapide de qualité du milieu aquatique qui fait office de valeur de référence dans le temps. Une interprétation plus poussée des listes faunistiques est toutefois nécessaire pour cerner les atteintes éventuelles.

Tous les résultats et relevés ont été introduits dans la base de données du canton, « **BD-Hydrobio** ».

Tableau 4 : Note IBCH et interprétation de la qualité biologique globale.

IBCH selon norme de base	≥ 17	16-13	12-9	8-5	≤ 4
Qualité biologique globale	Bonne	Satisfaisante	Moyenne	Mauvaise	Polluée

ANHANG 2 :

**DIATOMÉES ET QUALITÉ DES EAUX DE RIVIÈRES : MÉTHODES DU BUREAU PHYCOECO
(9ÈME ÉDITION, NOVEMBRE 2013)**

Diatomées et qualité des eaux de rivières : méthodes du bureau PhycoEco

F. Straub, 9e édition novembre 2013

Table des matières

1. <u>Préambule</u>	2
2. <u>Descriptif des méthodes</u>	2
2.1. Prélèvement, préparation, analyse des diatomées et vitesse de l'eau	2
2.2. Relevés de terrain.....	2
2.3. Densité de diatomées et biomasse.....	3
2.4. Taux de fragmentation des valves de diatomées.....	3
2.5. Base taxonomique	4
2.6. Diversité floristique	4
2.7. Diversité structurale du peuplement.....	4
2.8. Degré de similitude des assemblages de diatomées.....	5
2.9. Taux de formes tératologiques	7
2.10. L'indice de perturbation physique (DIPI).....	8
2.11. L'Indice Diatomique Suisse (DI-CH).....	8
2.12. Le diagnostic du niveau saprobique de l'eau	10
2.13. Le diagnostic du niveau trophique de l'eau.....	12
2.14. Diatomées et valeur patrimoniale des milieux naturels	12
2.15. Utilisation d'échantillons historiques de diatomées	13
3. <u>Bibliographie</u>	14
4. <u>Annexes</u>	16

1. PREAMBULE

Les méthodes sélectionnées ci-dessous sont destinées à apprécier la qualité des eaux courantes de rivières uniquement. C'est la raison pour laquelle, seule la communauté de diatomées épilithiques (qui vit sur les galets) en plein courant est étudiée, communauté dépendante uniquement des apports de l'eau. Pour des recherches plus globales, d'estimation de l'état de santé du milieu dans sa globalité et de biodiversité, des méthodes complémentaires peuvent être ajoutées, pour étudier aussi les autres compartiments de l'écosystème (rive, bras morts, sables, limons, herbier) via les autres communautés de diatomées qui y vivent.

2. DESCRIPTIF DES METHODES

2.1. Prélèvement, préparation, analyse des diatomées et vitesse de l'eau

Dans chaque station, au minimum trois pierres du cours d'eau, situées dans le courant et immergées à environ 10-15 cm de profondeur, sont choisies. Sur chacune, le périphyton vierge d'algues filamenteuses est gratté à l'aide de l'appareil de Douglas (DOUGLAS, 1958) sur une surface de 4.9 cm². La suspension brute récoltée est mise dans un pilulier et additionnée de formol à 30%, à raison d'une concentration finale de 3%.

Pour détruire la matière organique et nettoyer les frustules des diatomées, de l'acide chlorhydrique (HCl) et de l'eau oxygénée (H₂O₂) sont ajoutés dans un pilulier de chaque station. Le traitement des échantillons est réalisé selon une des méthodes préconisées par le manuel s'application de la méthode suisse (STRAUB 1981 *in* HÜRLIMANN J. et NIEDERHÄUSER P., 2007 p. 129), légèrement modifiée : l'usage des acides à chaud a été remplacé par un traitement à H₂O₂ à froid pendant 4 à 6 semaines.

Les frustules nettoyés sont repris en suspension avec des volumes connus d'eau déminéralisée, pour pouvoir estimer quantitativement la densité des diatomées présentes dans le périphyton. La suspension propre (0,3 ml par préparation) est ensuite montée entre lame et lamelle dans du Naphrax.

L'observation des échantillons se fait au microscope en contraste de phase (grossissement 10×100).

Pour chaque station, un échantillon statistique d'au moins 500 valves entières est dénombré. Les différentes diatomées sont identifiées jusqu'à l'espèce, voire la variété, en suivant la taxonomie de base de KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986-1991) complétée par les révisions les plus récentes. Les fragments sont relevés à part sans identification. Les formes tétratologiques (monstrueuses) de diatomées sont aussi relevées à l'espèce. La surface de préparation microscopique nécessaire au dénombrement des 500 valves est relevée pour pouvoir calculer, via les dilutions successives, la densité de diatomées présente dans le périphyton.

A l'endroit du prélèvement des pierres, la vitesse du courant est estimée par dérive d'un bouchon fixé à une ligne de 2 m.

Cette méthode permet d'exprimer les caractéristiques des peuplements de diatomées et de calculer les différents indices de diagnostic de qualité, présentés ci-dessous.

2.2. Relevés de terrain

Lors de chaque prélèvement, les caractéristiques écomorphologiques et les aspects généraux de qualité d'eau (aspect visuel) sont relevés sur une grille d'analyse, qui reprend en un peu plus détaillé, les critères retenus par les deux modules proposés dans le Système modulaire gradué de la Confédération. Pour cela j'ai conservé les grilles de relevés conçues par le Bureau AquaPlus, de Zoug, car nous utilisons ceux-ci depuis 1990 et pour que la valorisation de ces résultats dans le cadre de la banque de données suisse

sur les diatomées puisse être constante. Il va de soit que l'on peut convertir en tout temps, au besoin, ces observations, dans les grilles standardisées de la Confédération.

Selon cette conception, la grille d'aspect visuel permet d'appliquer un indice de qualité visuelle de l'eau qui varie de 0 à 235 selon l'échelle ci-dessous :

Valeur indice	0	1 à 4	5 à 24	25 à 124	124 à 235
Préjudices	Sans	Légers	Modérés	Forts	Excessifs
Nécessité de traitement	Non	Non	Oui	Oui	Oui
			Epuration nécessaire	Mesures nécessaires	Mesures immédiates nécessaires

2.3. Densité de diatomées et biomasse

La densité de diatomées est exprimée en nombre de cellules de diatomées par cm². Des variations de densité peuvent être liées à des fluctuations des concentrations d'engrais, de substances toxiques dans les eaux et de température. En rivière, la densité dépend aussi de l'énergie mécanique du courant, c'est pour cette raison que la vitesse de l'eau est estimée sur place, pour pondérer les interprétations de qualité d'eau (en cours d'eau lent, pour une même valeur nutritive de l'eau, la densité est en général plus élevée). En cas de fortes turbidités, le pouvoir d'érosion de l'eau est supérieur, si bien que la densité des diatomées (et du périphyton en général) est moindre. Cette analyse de densité des diatomées est réalisée en routine.

A partir des valeurs de densité de cellules de chaque taxons, on peut estimer la biomasse de chaque espèce, via son biovolume et en tenant compte arbitrairement d'une masse volumique de 1,0. En faisant la somme de ces biomasses spécifiques, on obtient une bonne estimation de la biomasse du peuplement. Cette estimation est réalisée sur demande pour des études écologiques détaillées.

2.4. Taux de fragmentation des valves de diatomées

Ce taux est exprimé en % par rapport à l'ensemble des diatomées et des restes présents selon la formule suivante :

$$\text{Taux de fragmentation [%]} = 100 * \Sigma \text{ fragments de valves} / (\Sigma \text{ fragments de valves} + \Sigma \text{ valves entières})$$

Pour les relevés tous les moindres fragments portant des ornementsations de diatomées sont comptés comme unité et seules les valves à 100% intactes sont comptées à l'unité comme valves entières. Seuls les morceaux de bandes connectives sont comptés avec les fragments. Par contre les bandes connectives entières ne sont pas dénombrées

En rivière, dans les eaux courantes à des vitesses ≥ 0,2 m/s, les taux de fragmentation sont normalement ≤ 60% lorsqu'on utilise la méthode de préparation à HCl et H₂O₂ à froid. Des taux de 60 à 90% de fragmentation peuvent signaler soit des cas de mortalité liée à la toxicité des eaux (STRAUB et JEANNIN 2006), soit des cas de mélange de peuplements par dérive et/ou accumulation. L'utilisation d'acides à chaud provoque une fragmentation artificielle plus élevée que la méthode préconisée ici et libère également plus de bandes connectives (Hürlmann. J. com. orale 7.2013). Dans ce cas un étalonnage du taux normal de fragmentation doit être fait.

Comme pour la densité des peuplements, ce taux doit être interprété avec prudence, car il dépend également de la vitesse de l'eau (les fragments s'accumulent dans les cours d'eau lents) et des variations de turbidité. Dans des secteurs plus calmes ou des bras morts (comme aussi dans les lacs), les taux de fragmentations sont plus élevés, car la sédimentation y est plus forte. Nous n'avons pas d'expérience pour l'instant, pour fixer une norme pour les eaux stagnantes.

2.5. Base taxonomique

Bien que de nombreuses révisions taxonomiques ont été publiées depuis, en particulier l'explosion de certains genres dans une multitude de nouveaux genres, la flore de KRAMMER et LANGE-BERTALOT 1986-1991 reste indispensable, surtout par le fait qu'elle est complète. C'est sur cette base que le catalogue floristique du manuel du DI-CH (HÜRLIMANN & NIEDERHAUSER 2001, 2007) a été conçu. Récemment publié, l'ouvrage de HOFMANN *et al.* 2011, destiné à la routine des analyses en rivières, s'est révélé être très utile. Entre ces deux extrêmes, de multiples révisions sont utilisées, en particulier celles de K. Krammer pour *Cymbella* s.l., de H. Lange-Bertalot pour *Navicula* s.l. et de E. Reichardt pour *Gomphonema* s. str. Il serait trop laborieux de citer toutes ces références ici, mais nous restons à disposition pour toute question complémentaire liée à ce sujet.

2.6. Diversité floristique

Le nombre d'espèces de diatomées relevées au dénombrement représente la richesse floristique observée du peuplement. Cette diversité est faible dans les eaux très propres de haute montagne, à très faible dans les eaux toxiques et fortement polluées des émissaires d'eaux usées. Les peuplements de diatomées sont les plus diversifiés dans les eaux légèrement engrangées de plaine. La flore dominante représente le nombre de taxons relevés au cours du dénombrement standard de 500 valves par échantillon. Ce nombre peut être comparé aux données floristiques existantes pour le territoire suisse, car le standard fixe un effort constant de recherche. Pour comparaison, la flore dominante du 50% des prélèvements réalisés dans les rivières suisses ($n = 3694$) est constituée par 20 à 30 taxons, prélèvements provenant en majorité du Plateau en zones agricoles et urbaines.

La flore observée comprend en plus des taxons moins abondants, qui sont relevés en plus du dénombrement, au cours d'un effort complémentaire de 0.4 heure de recherche par échantillon. Il s'agit d'une flore potentielle, qui est implantée dans le milieu et qui est prête à se développer, si les conditions changent (saisons, restauration du milieu ou dégradation). Ce nombre ne peut être comparé qu'au petit nombre de relevés pour lesquels cet aspect du peuplement a aussi été étudié.

La somme de la flore dominante et de la flore potentielle est la flore observée en cours d'analyse.

La flore totale (en particulier pour une station) n'est pas envisagée dans ce genre d'analyse, car pour l'appréhender, un très gros effort de recherche serait nécessaire en multipliant à la fois les prélèvements et l'effort d'investigation des sous-échantillons.

2.7. Diversité structurale du peuplement

Le degré de spécialisation du peuplement (une espèce domine ou plusieurs espèces se partagent l'espace) est exprimé par l'indice de diversité de Shannon (LEGENDRE et LEGENDRE 1994). Des peuplements de faible diversité structurale existent dans les milieux extrêmes, dans lesquels un facteur écologique limite l'implantation des espèces (p. ex. acidité, carence, pauvreté, froid, toxicité, agitation). On observe une forte diversité structurale dans les peuplements des eaux plutôt calmes, carbonatées, chaudes et légèrement engrangées de plaine.

Dans le manuel du DI-CH (HÜRLIMANN et NIEDERHAUSER 2007, p. 55), les valeurs présentées de l'indice de Shannon sont calculées en logarithmes de base 2. Sur 3694 échantillons, ils indiquent que la grande majorité des communautés étudiées dans les rivières suisses livrent des indices entre 2.75 et 3.75, avec une médiane située à 3.35. Les indices ≤ 2.0 sont révélateurs de situations exceptionnelles : oligo-

trophie, surcharges de carbonates comme dans les sources karstiques, peuplements pionniers de colonisation ou pollutions excessives.

Dans la base de données de PhycoEco l'indice de diversité de Shannon a été calculé avec le logarithme naturel. D'après ces mêmes 3694 échantillons, avec cette méthode de calcul, la majorité des communautés livrent de indices de 1.90 à 2.65, avec une médiane à 2.35. Les indices ≤ 1.4 révèlent les situations exceptionnelles citées ci-dessus. Le rapport entre les deux méthodes de calcul est illustré sur la figure 1 ci-dessous.

Lorsqu'on reprend des valeurs de biodiversité de la littérature pour comparaison, il faut essayer de découvrir avec quelle base les auteurs calculent l'indice de Shannon (que l'on peut théoriquement calculer avec n'importe quelle base logarithmique). En France il est parfois calculé avec le logarithme décimal, les Anglo-saxons utilisent souvent le logarithme naturel, HÜRLIMANN et NIEDERHAUSER 2007 ont préféré utiliser le logarithme de base 2, car avec cette méthode la dispersion des résultats est meilleure. Si l'utilisation de telle ou telle base logarithmique peut se justifier mathématiquement, il est fort probable, que la plupart des auteurs (comme nous d'ailleurs), utilisent une base en fonction de leur origine "culturelle"

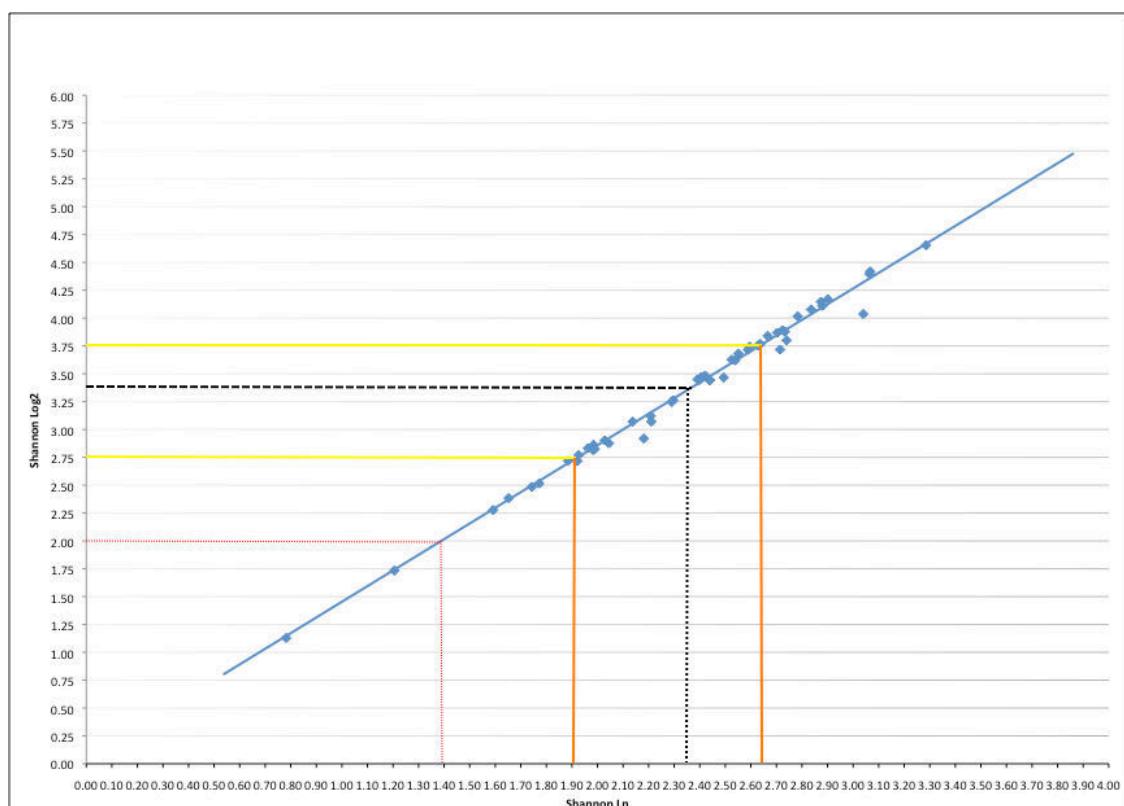


Figure 1 : correspondance entre les valeurs de l'indice de Shannon calculé en log2 et en ln

2.8. Degré de similitude des assemblages de diatomées

Pour juger du degré de similitude de deux peuplements différents et pour juger de la significativité des variations observées (p. ex. : l'un situé en aval de l'autre, ou au même endroit, l'un datant de l'automne et l'autre de l'hiver), une analyse multivariée simple est proposée, composée par le calcul et la comparaison de deux indices courants de similitude. La comparaison se fait sur un diagramme de similitude (fig. 2). Sur

l'abscisse du diagramme figure le coefficient de communauté S_7 de Jaccard (LEGENDRE & LEGENDRE 1984) :

$$S_7(y_1, y_2) = \frac{a}{a + b + c}$$

où y_1 et y_2 sont les deux échantillons comparés

a = nombre d'espèces présentes dans y_1 et y_2

b = nombre d'espèces présentes que dans y_1

c = nombre d'espèces présentes que dans y_2

Le coefficient de Jaccard varie entre 0 (aucune ressemblance entre y_1 et y_2) et 1 (identité entre y_1 et y_2). Ce coefficient permet de dire dans quelle mesure les mêmes taxons sont présents dans les deux populations comparées. En écologie, on considère qu'une valeur $S_7 \geq 0.6$ entre deux listes taxonomiques indique qu'elles proviennent d'un milieu semblable.

Sur l'ordonnée du diagramme figure le coefficient D de dominance-identité selon RENKONEN 1938 :

$$D_{1,2} = \sum_{i=1}^s q_i$$

où $D_{1,2}$ = dominance-identité entre les communautés 1 et 2
 q_i = la plus petite des deux fréquences relatives de l'espèce i
 s = nombre total d'espèces dans les deux communautés

Ce coefficient permet de comparer la **composition structurale** de deux communautés. Cette composition décrit avec quelle abondance relative les taxons sont représentés dans la population. Cette composition est sujette à variation sous l'effet de chaque facteur écologique. C'est donc une base essentielle de diagnostic de l'état de santé des milieux naturels par l'analyse des populations.

Le coefficient D varie entre 0% (aucune identité structurale entre les communautés 1 et 2) et 100% (identité totale entre les communautés 1 et 2). La valeur de $D \geq 60\%$ indique un haut degré d'identité structurale (ENGELBERG 1987, HÜRLIMANN 1993), au-delà duquel les communautés ne peuvent pas être séparées objectivement. Ces deux coefficients permettent de construire le diagramme présenté en figure 2 (J. Hürlimann, com. orale).

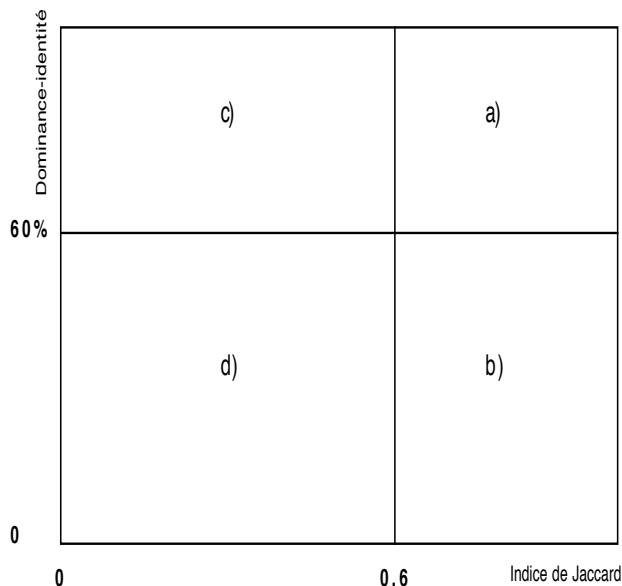


Figure 2 : cadre du diagramme de similitude servant à comparer deux communautés sur la base de l'indice de Jaccard et de la dominance-identité.

Sur ce diagramme, si le point de corrélation tombe en secteur a) les deux communautés sont à considérer comme semblables. Si le point tombe en secteur b) on peut considérer que les deux communautés sont formées des mêmes taxons, mais ceux-ci ne sont pas représentés avec la même abondance (cas de dérive d'une communauté sous l'influence d'un paramètre écologique particulier). Lorsque le point est situé en secteur c), il faut considérer que la base structurelle des deux communautés est identique, mais que de petites différences taxonomiques sont présentes (sous-associations). Lorsque le point tombe en secteur d) il faut considérer les communautés comme différentes, soumises à des facteurs écologiques différents.

2.9. Taux de formes téralogiques

Ce taux est exprimé en % de l'ensemble des diatomées non fragmentées. Dans les tableaux des résultats bruts livrés avec les rapports en annexes, figurent les espèces trouvées également sous formes monstrueuses (surlignées en rose). Les causes de ces malformations sont de deux ordres. Lorsqu'elles sont génétiques, tous les individus de l'espèce présentent la même déformation. Lorsqu'elles sont environnementales, seuls certains individus en portent la trace. Les facteurs téralogènes environnementaux connus actuellement sont soit, dans les eaux très propres, des carences (p. ex. en silicates), des chocs thermiques ou lumineux. Dans les eaux polluées, les métaux lourds, les herbicides, les pesticides et résidus de combustion des hydrocarbures, sont connus pour causer des malformations (ESGUERRA *et al.* 2006, FALASCO *et al.* 2009). Dans les populations bien nourries, il est rare de trouver de telles formes, si bien qu'un taux de 1% de monstruosités semble déjà significatif (STRAUB & JEANNIN 2006, STRAUB, non pub., enquête orale en 2004 auprès des membres de l'ADLAF). Avec l'avance de la recherche, nous pensons que des taux plus faibles que 1%, qui affectent en particulier des espèces polluo-résistantes sont à prendre en considération. Pour affiner l'examen de ces formes, nous proposons aux diatomistes suisses de relever les formes téralogiques, toujours par espèces (lorsque elles sont identifiables), en 4 types :

- Type 1 : contour de la valve intact, seules quelques stries sont légèrement déformées
- Type 2 : contour de la valve intact, beaucoup de stries et le raphé sont déformés
- Type 3 : le contour de la valve est déformé ainsi que les structures (stries et raphé)
- Type 4 : le contour de la valve est déformé mais pas les stries ni le raphé (cas fréquent chez *Achnanthes minutissima* var *minutissima* et *Diatoma ehrenbergii* lors de développements massifs)

2.10. L'indice de perturbation physique (DIPI)

L'indice DIPI est une variante de l'indice d'envasement (siltation index) de BAHLS 1993. La variante a été développée suite à plusieurs essais par l'équipe de Maurizio Battegazzore et appliquée à des problèmes de perturbations physiques liées à des installations hydroélectriques dans des rivières italiennes (GALLO *et al.* 2013, BATTEGAZZORE *et al.* 2013). Cet indice est la somme des abondances relatives des espèces les plus motiles de diatomées trouvées dans les communautés épilithiques, c'est à dire celles des genres *Navicula* sensus Krammer et Lange-Bertalot 1986, *Nitzschia*, *Surirella*, plus la fréquence relative de *Didymosphenia geminata*.

$$\text{DIPI} = \frac{\text{Nb ind. de } \textit{Navicula} \text{ s.l.} + \text{Nb ind. de } \textit{Nitzschia} + \text{Nb ind. de } \textit{Surirella} + \text{Nb ind. de } \textit{Didymosphenia geminata}}{\text{Nb. total d'individus}} * 100$$

L'utilisation de cette somme pour manifester des perturbations physiques dans des rivières à galets est justifiée par les principes suivants :

- en cas de perturbation qui causent le roulis des galets, les diatomées fixées soit par coussinets (*Cocconeis*, *Psammothidium*, etc), soit par pédicelles (*Gomphonema*, *Cymbella*) ou encore vivant dans des tubes muqueux (*Encyonema*) sont arrachées;
- les perturbations entraînent de l'érosion latérale et la remise en suspension des sédiments meubles (envasement) séments meubles qui sont justement colonisés par la guilde des diatomées les plus motiles de l'épipélon;
- de ce fait, en cas de forte perturbation, on ne retrouve plus que les représentants de cette guilde dans les communautés.
- l'adjonction de l'abondance relative de *Didymosphenia geminata* est particulièrement adaptée au domaine alpin, car cette espèce envahissante est favorisée par les lâchers irréguliers des installations hydroélectriques.

Selon l'échelle de BAHLS 1993 les valeurs de l'indice représentent des perturbations suivantes :

	<u>montagne</u>	<u>plaine</u>
pas de perturbation	< 20%	<60%
perturbations légères	20 à 39%	60-69%
perturbations moyennes	40 à 50%	70-80%
fortes perturbations	> 60%	>80%

En général les perturbations physiques se marquent également par des baisses de densité des peuplements (voir le § 2.3).

2.11. L'Indice Diatomique Suisse (DI-CH)

L'Office fédéral de l'environnement des forêts et du paysage propose aux cantons depuis 1998 plusieurs méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse regroupées dans un système modulaire gradué (OFEFP, 1998).

Dans le module « Biologie » du système modulaire gradué suisse, une méthode « diatomées suisse » (DI-CH) a été développée (HÜRLIMANN J. et NIEDERHAUSER P., 2001). Elle a fait l'objet d'une nouvelle calibration en 2006, proposant aussi une échelle de classification basée sur 5 classes au lieu de 4 dans la version précédente (HÜRLIMANN J. et NIEDERHÄUSER P. 2007).

Le DI-CH poursuit deux buts principaux :

- mettre à la disposition des cantons une méthode basée sur l'ensemble des diatomées prélevées en Suisse et sur leur valeur écologique ;
- fournir aux cantons un outil pour vérifier les objectifs écologiques fixés par la nouvelle ordonnance sur la protection des eaux (annexe 1, art. 1, al. 1, OEaux), plus particulièrement le point b qui stipule que les communautés végétales doivent « présenter une composition et une diversité d'espèces spécifiques de chaque type d'eau peu ou pas polluée ».

La méthode comprend 8 groupes de qualité d'eau, basés sur les concentrations de 6 paramètres chimiques de pollution anthropique : ammonium, nitrite, somme de l'azote inorganique, phosphore total, chlorure, carbone organique dissous. 220 diatomées ont été retenues et 2 valeurs (D et G) leur ont été attribuées :

- la valeur indicatrice D, notée de 1 à 8, caractérise les conditions de vie optimales de l'espèce (de 1 pour les espèces très sensibles à 8 pour les espèces très tolérantes) ; cette valence écologique est distinguée par les paramètres physico-chimiques ;
- le facteur de pondération G, avec une valeur de 0.5 à 8, détermine la représentativité des espèces en tant qu'organisme indicateur (de 0.5 pour les formes abondantes peu représentatives, à 8 pour les formes caractéristiques d'amplitude écologique étroite et bon bioindicateur).

La note de qualité attribuée à chaque station est calculée selon la formule suivante de ZELINKA & MARVAN 1961 :

$$\text{DI-CH} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i G_i H_i}{\sum_{i=1}^n G_i H_i}$$

où DI-CH = indice diatomique suisse

D_i = valeur de classement du taxon i sur la base de sa préférence autoécologique

G_i = pondération du taxon i

H_i = fréquence relative du taxon i en %

n = nombre de taxons de l'échantillon

Chaque note obtenue (indice diatomées) correspond à un des 8 groupes de qualité d'eau (Tableau 1). Pour faciliter les comparaisons entre les modules, les huit groupes de départ sont distribués dans 5 classes du « système modulaire gradué R ». Les stations sont alors classées en deux catégories :

- celles obtenant un indice de 1 à 4.49 (couleur bleue et verte) respectent les objectifs écologiques fixés par l'OFEFP ;
- celles ayant un indice de 4.5 à 8 (couleur jaune, orange et rouge) n'atteignent pas les objectifs écologiques.

Indice diatomique DICH	1	2	3	4	5	6	7	8
Limites des classes	1.0-1.49	1.5-2.49	2.5-3.49	3.5-4.49	4.5-5.49	5.5-6.49	6.5-7.49	7.5-8.0
Classes d'état selon système modulaire gradué	Très bon		Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais		

Tableau 1 : Grille de diagnostic pour l'interprétation de l'indice suisse DI-CH basé sur les diatomées.

La méthode « diatomées suisse » recommandée par l'OFEFP a donc été choisie comme indice diatomique de pollution générale pour cette étude, afin que le diagnostic corresponde exactement aux exigences de la loi suisse.

2.12. Le diagnostic du niveau saprobique de l'eau

Le niveau saprobique représente l'intensité des phénomènes de biodégradation qui ont lieu dans l'eau. En rivière, le taux d'oxygène n'étant souvent pas limitant, le niveau saprobique est proportionnel au taux de matières organiques oxydables. Les diatomées étant sensibles envers ces matières ou résistantes, elles sont très utiles pour ce diagnostic. Cet aspect de la qualité de l'eau est inclus dans l'indice DI-CH, mais de manière intégrée aux charges minérales (niveau trophique). Cette intégration (nécessaire pour des raisons légales) n'est pas idéale pour la description des phénomènes biologiques qui ont lieu effectivement. C'est pourquoi nous proposons de détailler cet aspect également.

Le diagnostic a été conduit selon la méthode préconisée par LANGE-BERTALOT 1978, 1979a et b, KRAMMER et LANGE-BERTALOT 1986-1991. Cette méthode consiste à assigner à chaque taxon un indice de sensibilité envers les matières organiques et les autres molécules réduites habituellement présentes dans les eaux résiduelles. Ces indices figurent dans la deuxième colonne du tableau de végétation donné en annexe. Ils ont été attribués empiriquement au cours d'études extensives de populations *in situ* ou au cours d'expérimentations ponctuelles en milieux artificiels (valeurs des indices tirés essentiellement de KRAMMER et LANGE-BERTALOT 1986-1991, LANGE-BERTALOT 1993, HÜRLIMANN ET STRAUB 1991, DENYS 1991, HOFMANN 1994, VAN DAM *et al.* 1994). L'indice de quatre degrés (1 = très sensible à 4 = très tolérant) indique jusqu'à laquelle des quatre classes saprobiqes (I, oligosaprobie à IV polysaprobie, KOLKWITZ 1950, LIEBMANN 1958, SLADACEK 1973) chaque taxon peut résister. Le diagnostic est posé à partir de la fréquence relative des quatre groupes de sensibilité à l'intérieur de l'assemblage de diatomées trouvé Tableau 2.

Cette méthode, contrairement à celles des indicateurs de classe, reconnaît pour des autotrophes vrais comme la plupart des diatomées, qu'il n'y a pas en principe de dépendance directe de ces organismes aux matières organiques, mais seulement une tolérance plus ou moins marquée.

Ainsi, on peut trouver tous les taxons, en faible abondance (forte concurrence) dans les basses classes de charge organique, tandis que dans les classes élevées, seuls quelques taxons tolérants peuvent vivre en abondance (faible concurrence). La définition des classes saprobiqes ainsi que l'échelle de diagnostic à partir de assemblages de diatomées sont résumées au Tableau 2.

Pour affiner la méthode, en particulier pour diagnostiquer plus correctement les eaux de classe II dégradées, de la classe critique II-III et celles de la classe III, nous avons retenu les recommandations de SCHIEFELE 1987 et REICHARDT 1991, c'est-à-dire tenir compte de la tolérance plus élevée de certains taxons en présence d'une bonne oxygénation ("eutrophe Arten"). Les valences autoécologiques de ces taxons sont suivies du symbole ($O_2!$) dans le tableau de végétation (Annexes). En cas de bonne oxygénéation, il faut forcer d'une demi-classe leur valence autoécologique et poser le diagnostic en associant leur fréquence relative à la demi-classe de tolérance supérieure, tout en suivant l'échelle de diagnostic classique (Tableau 2).

<u>Classes de qualités saprobiques</u>	<u>Proportion des groupes d'espèces différentielles de diatomées</u>	<u>Diagnostic approximatif selon le système modulaire gradué</u>
I : oligosaprobie		
Non chargé à peu chargé	* très sensibles $\geq 90\%$	Très bon
95% < saturation O ₂ < 105%	sensibles + tolérants + très tolérants $\leq 10\%$	
DBO5 moyen < 2 mg/l		
I-II : oligo-β-mésosaprobie		
Peu chargé	* très sensibles $\geq 50\%$	Très bon
Déficit d'O ₂ < 15 %	sensibles + tolérants + très tolérants $\leq 50\%$	
II : β-mésosaprobie		
Modérément chargé	très sensibles $\leq 10\%$, sensibles $\geq 50\%$	Bon
Déficit d'O ₂ < 30 %	tolérants + très tolérants < 50%	Moyen
DBO5 moyen < 4 (6) mg/l		
II-III : β-α-mésosaprobie		
Charge critique	0% < sensibles $\leq 50\%$,	Médiocre
Déficit d'O ₂ < 50 %	$\leq 50\%$ tolérants + très tolérants < 90%	
DBO5 moyen < 7 (10) mg/l		
III : α-mésosaprobie		
fortement pollué	sensibles $\leq 10\%$, tolérants $\leq 50\%$	Mauvais
Déficit d'O ₂ < 75 %	très tolérants < 50%	
DBO5 moyen < 13 mg/l		
III-IV : α-méso-polysaprobie		
très fortement pollué	10% < sensibles + tolérants < 50%	Mauvais
Déficit d'O ₂ < 90 %	très tolérants > 50%	
DBO5 moyen < 22 mg/l		
IV : polysaprobie		
excessivement pollué	sensibles + tolérants $\leq 10\%$	Mauvais
Déficit d'O ₂ > 90 %	très tolérants $\geq 90\%$	
DBO5 moyen < 22 (15) mg/l		

Tableau 2 : Grille de diagnostic des classes de qualité d'eau à partir des proportions des classes de sensibilités différentes de diatomées. Conception du tableau modifié d'après ELBER et al. 1991, sur des données de KRAMMER et LANGE-BERTALOT 1986-1991 et * HOFMANN 1987. Les indications fournies pour les classes de qualités I, I-II, sont à prendre avec réserve, car le diagnostic de ces classes dépend avant tout de la nature géologique du bassin versant (p ex. : polysaprobie naturelle des eaux riches en matières humiques, végétation spécialisée de milieux salins continentaux, richesse organique naturelle des lacs eutrophes carbonatés). Dès 20% de diatomées très sensibles, avec le reste formé de sensibles dont *Ach. pyrenaicum*, les eaux peuvent être qualifiées de très faiblement β-mésosaprobes de classe (I)-II.

Les variations de niveau saprobique peuvent être interprétées en termes d'augmentation ou de diminution (impact, dilution, autoépuration) de déficit d'oxygène dissous ou de demande biochimique d'oxygène en 5 jours (DBO5).

2.13. Le diagnostic du niveau trophique de l'eau

Le niveau trophique représente la valeur nutritive de l'eau pour les algues et les autres végétaux. En présence de lumière en quantité suffisante, ce niveau est directement proportionnel aux concentrations d'engrais (phosphates, nitrates, potassium, sulfates, etc.). Les diatomées sont plus diversifiées dans les eaux eutrophes, que dans les eaux oligotrophes (seules quelques espèces supportent la pauvreté nutritive) ou que dans les eaux polytrophes à hypertrophes (dont la charge trophique excessive est cause de pollution secondaire et de toxicité associée, supportées que par quelques diatomées résistantes). Cet aspect est aussi inclus dans l'indice DI-CH, de manière intégrée comme pour la sapробie pour des raisons légales. Ici nous proposons également le calcul de cet indice pour mieux saisir les phénomènes biologiques qui ont lieu dans les rivières.

Le diagnostic a été conduit selon la méthode indicelle proposée par SCHMEDTJE *et al.* 1998, qui pour les rivières, est la méthode la plus récente. L'indice trophique est interprété d'après la grille de diagnostic présentée sur le Tableau 3.

Indice trophique de SCHMEDTJE <i>et al.</i> 1998	I	I-II	II	II-III	III	III-IV	IV
Limites des classes	1.0-1.24	1.25-1.74	1.75-2.24	2.25-2.74	2.75-3.24	3.25-3.74	3.75-4.0
Classes d'état selon SCHMEDTJE <i>et al.</i> 1998	Oligotrophe	Mésotrophe	Eutrophe	Eu- à Polytrophe	Polytrophe	Poly- à Hypertrophe	Hypertrophe
Pollution trophique	faible	moyenne	notoire	critique	forte	très forte	excessive
Correspondance approximative avec le système modulaire gradué	Très	bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mau-	vais
Taux de P-total [µg/l]	<10	10-30	20-150	>150	*	*	*

Tableau 3 : Grille de diagnostic pour l'interprétation de l'indice trophique de SCHMEDTJE *et al.* 1998 basé sur les diatomées.

Dans nos régions, l'élévation du niveau trophique des eaux courantes a deux causes principales. C'est premièrement la résultante de la lixiviation des terres agricoles, qui enrichissent en engrains les eaux de percolation. C'est aussi le résultat de la dégradation des matières organiques, qui proviennent des égouts, et qu'une certaine oxygénation de l'eau permet d'oxyder. Donc l'élévation du niveau trophique, dans certains cas révèle une activité essentielle des cours d'eau, c'est-à-dire leur capacité de minéralisation, qui est un aspect de leur pouvoir d'autoépuration. L'autre aspect de l'autoépuration est l'abaissement du niveau trophique, par consommation et/ou adsorption par les terrains riverains.

Avec l'étalonnage classique des classes de qualité trophique des eaux de, des variations d'indice trophique peuvent être interprétées en termes d'augmentation ou d'abaissement de la charge en phosphore total.

2.14. Diatomées et valeur patrimoniale des milieux naturels

Depuis la publication de la liste rouge des diatomées d'Allemagne (LANGE-BERTALOT 1996), dont les données parfois alarmantes sont valables en Europe centrale pour les régions de plaine et de mi-montagne (chez nous pour le Plateau, le Jura et les Préalpes), une estimation de la valeur patrimoniale actuelle des eaux des systèmes aquatiques est possible, via ce groupe d'algues (WERUM 1991). Un complément de liste figure dans l'ouvrage de HOFMANN *et al.* 2011. L'auteur de la liste rouge, reconnaît que les régions alpines sortent un peu de ce cadre, car elles n'ont pas été investiguées suffisamment : il

tient à souligner, que dans l'arc alpin bien des espèces en danger sont certainement mieux représentées à l'heure actuelle. L'utilisation de listes rouges est précieuse pour guider les projets de protection et de restauration. Les degrés de raréfaction des taxons sont présentés sur le tableau ci-dessous.

Code	Degré de raréfaction
0	éteint ou disparu
1	menacé d'extinction
2	fortement en péril
3	en péril
G	considéré en péril
R	extrêmement rare
V	en régression
*	actuellement probablement pas menacé
**	certainement pas menacé
D	indications manquent
●	taxon récent qui devrait être présent dans la région

Tableau 4 : Catégories de raréfaction utilisées pour la liste rouge des diatomées de LANGE-BERTALOT 1996. En rouge les catégories de la liste rouge au sens strict. En jaune la catégorie des diatomées en régression. En vert les catégories de taxons encore non menacés. En blanc les taxons pour lesquelles nous manquons d'information, souvent pour cause de confusions taxonomiques.

Pour juger de la valeur patrimoniale des peuplements, nous pouvons exprimer pour chaque catégorie de raréfaction :

- le nombre d'espèces présentes dans chaque milieu ou dans la station à différentes époques;
- l'abondance relative [%] que représente chaque classe dans la composition des communautés.

Les espèces menacées ou en régression, sont typiques de milieux aquatiques non pollués, parfois acides (tourbières), situés souvent en amont des bassins versants. Tous ces milieux ont tendance à disparaître en Europe à cause de l'urbanisation et de l'agriculture intensive. Dans bien des cas les efforts de protection montrent que cette diminution n'est pas inéluctable.

2.15. Utilisation d'échantillons historiques de diatomées

Dans les collections suisses de diatomées, conservées dans les différents Musées d'Histoire naturelle, on trouve des échantillons de diatomées très bien conservés, localisés et datés. Lorsque ces échantillons n'ont pas été triés pour isoler la belle espèce (un examen rapide permet de le mettre en évidence), on peut considérer qu'ils contiennent les communautés d'époque complètes, potentiellement révélatrices des conditions écologiques anciennes. Nous avons montré tout l'intérêt d'appliquer nos techniques modernes d'investigation à ces échantillons historiques et de les comparer à des prélèvements récents effectués

dans les mêmes stations (HÜRLIMANN et al. 2001). Cette approche est très profitable pour reconstituer les variation de niveau trophique, de niveau saprobique et de valeur patrimoniale des milieux aquatiques au cours du temps. Cela permet d'apprécier la stabilité ou les transformations subies par les milieux naturels. Cette possibilité est souvent plus objective que l'utilisation de données d'observation anciennes, car dans bien des cas, les résultats des auteurs anciens (liés au niveau de connaissance d'époque), sont insuffisants ou trop partiels pour en tirer des conclusions écologiques modernes.

3. BIBLIOGRAPHIE

- BAHLS, L. L. - 1993. *Periphyton bioassessment methods for Montana streams*. Water Quality Bureau, Helena, Montana, 132 p.
- BATTEGAZZORE, M., GASTALDI, E., GIORDANO, L., MATTONE, I. & MOLINERI, P. - 2013. Utilisation des diatomées pour l'évaluation des lâchers d'eau d'un système d'installations hydroélectriques d'une vallée alpine : le cas de la rivière Varaita (Région du Piémont, Italie du nord-ouest). In Rimet, F. et al. (eds). *Livre des résumés et programme, 32e Colloque de l'ADLaF*, Thonon 16-20 septembre 2013 : 27-29.
- DENYS L., 1991. A check-list of the diatoms in the holocene deposits of the western belgian coastal plain with a survey of their apparent ecological requirements. I. Introduction, ecological code and complete list. *Service géologique de Belgique, Professional paper* 246 : 1-41.
- DOUGLAS B. 1958. The ecology of the attached diatoms and other algae in a small stony stream. *J. Ecol.*, 46 : 295-322.
- ELBER F., MARTI K. & NIEDERBERGER K., 1991. Pflanzenökologische und limnologische Untersuchung der Reussdelta-Gebiete (Kanton Uri). *Ver. Geobot. Inst. ETHZ, Stift. Rübel, Zürich, Heft* 105 : 1-272.
- ENGELBERG K., 1987. Die Diatomeen-Zönose in einem Mittelgebirgsbach und die Abgrenzung jahreszeitlicher Aspekte mit Hilfe der Dominanz-Identität. *Arch. Hydrobiol.*, 110 (2), 217-236.
- ESGUERRA, O. C., RIVOGNAC, L., GEORGES, A & HORN, M. 2006. Les formes tératologiques chez les diatomées. 1 Introduction. *Diatomania* 10, 18-38.
- FALASCO, E. BONA, F. BADINO, G. HOFFMANN, L. & ECTOR, L. 2009. Diatom teratological forms and environmental alterations: a review. *Hydrobiologia* 623, 1-35.
- GALLO, L., BATTEGAZZORE, M., CORAPI, A., DE FILIPPIS, A., MEZZOTERO, A. & LUCADAMO, L. - 2013. Environmental analysis of a regulate Mediterranean stream based on epilithic diatom communities - the Crati River case (southern Italy). *Diatom Research* 28 (2) : 143-156.
- HOFMANN G. 1987. *Diatomeengesellschaften saurer Gewässer des Odenwaldes und ihre Veränderungen durch anthropogene Faktoren*. Diplomarbeit an der Universität Frankfurt am Main : 1-264 .
- HOFMANN G. 1994. « Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie ». *Bibliotheca Diatomologica* 30. J. Cramer, Berlin, Stuttgart. 241 p.

- HOFMANN G., WERUM M. & LANGE-BERTALOT H. 2011. *Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa*. Koeltz Scientific Books, Königstein, 908 pp.
- HÜRLIMANN J. 1993. *Kieselalgen als Bioindikatoren aquatischer Ökosysteme zur Beurteilung von Umweltbelastungen und Umweltveränderungen*. Dissertation, Universität Zürich 1-118.
- HÜRLIMANN J. et NIEDERHÄUSER P., 2001. « Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse : Diatomées - niveau R (région) ». A paraître dans : L'Environnement pratique - Information concernant la qualité des eaux. OFEFP, Berne.
- HÜRLIMANN J. et NIEDERHÄUSER P. 2007: Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Diatomées Niveau R (région). État de l'environnement n° 0740. Office fédéral de l'environnement, Berne. 132 p. (<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00077/index.html?lang=fr>)
- HÜRLIMANN J. & STRAUB F., 1991. Morphologische und ökologische charakterisierung von Sippen um den *Fragilaria capucina* - komplex sensu Lange-Bertalot 1980. *Diatom Research* 6 (1) : 21-47.
- HÜRLIMANN J., ELBER F., NIEDERBERGER K., STRAUB F., STÖCKLI A. & NIEDERHAUSER P., 2001. Historische Kieselalgenproben als biologische Referenzen zur Bewertung von Fliessgewässern des Schweizer Mittellandes - ertse Ergebnisse. *Studies on Diatoms, Lange-Bertalot-Festschrift*, A.R.G. Ganter Verlag K.G., Ruggell, 401-415.
- KOLKWITZ R., 1950. Oekologie der Saproben. Ueber die Beziehungen der Wasserorganismen zur Umwelt. *Schriftenreihe des Verein für Wasser-, Boden-, und Lufthygiene* 4, Piscator Ver., Berlin-Dahlem : 1-64.
- KRAMMER K., LANGE-BERTALOT H., 1986-1991. « Süsswasserflora von Mitteleuropa ». Band 2, 1.-4. Teil. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- LANGE-BERTALOT H., 1978. Diatomeen-Differentialarten anstelle von Leitformen: ein geeigneteres Kriterium der Gewässerbelastung. *Arch. Hydrobiol., Suppl.* 51 : 393-427.
- LANGE-BERTALOT H., 1979a. Pollution tolerance of Diatoms as a criterion for water quality estimation. *Nova Hedwigia, Beiheft* 64 : 285-304.
- LANGE-BERTALOT H., 1979b. Toleranzgrenzen und Populationsdynamik benthischer Diatomeen bei unterschiedlich starker Abwasserbelastung, exemplarisch für den unteren Main. *Arch. Hydrobiol., Suppl.* 56 : 184-219.
- LANGE-BERTALOT H., 1993. 85 New Taxa and much more than 100 taxonomic clarifications supplementary to Süsswasserflora von Mitteleuropa vol. 2. *Bibliotheca diatomologica* 27 : 1-454.
- LANGE-BERTALOT H., (unter Mitarbeit von A. Steindorf) 1996. Rote Liste der limnischen Kieselalgen (Bacillariophyceae) Deutschlands. *Schriftenreihe für Vegetationskunde* 28: 633-677.
- LEGENDRE L. et LEGENDRE P., 1984. *Ecologie numérique 1. Le traitement multiple des données écologiques*. (2e éd.). Coll. d'écologie 12, Masson, Paris, 260 p.
- LIEBMANN H., 1958. Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. Biologie des Trinkwassers, Badewassers, Frischwassers, Vorfluters und Abwassers. Band 1. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena : 1-640.
- OFEFP, 1998. « Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse, système modulaire gradué ». *Informations concernant la protection des eaux* n°26, 43 p.

- REICHARDT E., 1991. Beiträge zur Diatomeenflora der Altmühl III : Wasserqualität und Diatomeenbesatz. *Arch. Hydrobiol., Alg. Studies* 62 : 107-132.
- RENKONEN O., 1938. Statistisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore. *Ann. Zool. Soc. Zool. Bot. Fenn. Vanamo* 6/1, 231. Cité par ENGELBERG, K. 1987.
- SCHIEFELE S., 1987. *Indikationswert benthischer Diatomeen in der Isar zwischen Mittenwald und Landshut.* Diplomarbeit am Lehrstuhl für systematische Botanik an der Ludwig-Maximilians-Universität München : 1-207.
- SCHMEDTJE U., BAUER A., GUTOWSKI A., HOFMANN G., LEUKART P., MELZER A., MOLLENHAUER D., SCHNEIDER S. & TREMP, H., 1998. Trophiekartierung von aufwuchs- und makrophytendominierten Fließgewässern. *Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München. Informationberichte Heft 4/99*, 516 p.
- SLADECEK, V., 1973. System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol., Beih.* 7 (1-4) : 1- 218.
- STRAUB F. & JEANNIN P.-Y., 2006. « Efficacité autoépuratoire de tracés aérien et karstique d'un effluent de station d'épuration (La Ronde, Jura suisse) : valeur indicative des diatomées ». *Symbioses*, n^e sér., 14, p. 35-41.
- 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.
- WERUM M., 2001. Diatomeen in Quellen hessischer Mittelgebirge: Gefährdung nach Roter Liste in Korrelation zu anthropogenen Eingriffen und Geologie. *Studies on Diatoms, Lange-Bertalot-Festschrift*, A.R.G. Ganter Verlag K.G., Ruggell, 369-381.
- ZELINKA M. & MARVAN P. 1961. Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fliessender Gewässer. *Arch. Hydrobiol.* 57, 389-407.

4. ANNEXES

Annexe I : Prélèvements de diatomées : en vue des indications de qualités des eaux, d'application des indices de qualité et d'estimation des densités. Protocole détaillé.

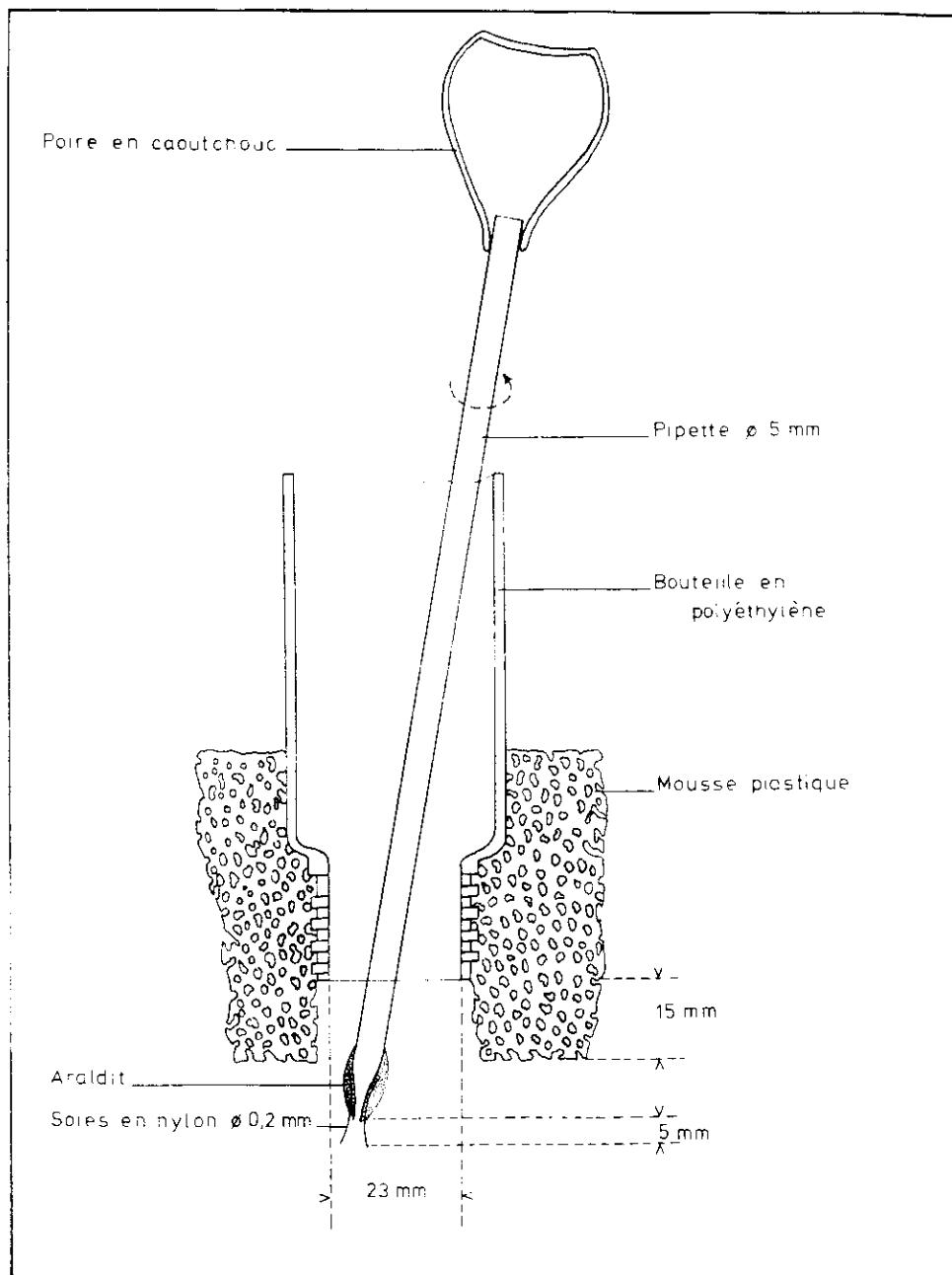
Annexe I

Prélèvements de diatomées : en vue des indications de qualités des eaux, d'application des indices de qualité et d'estimation des densités.

Protocole détaillé

- 1) Choisir au minimum trois pierres le plus plates possibles dans le courant (éviter des courants de moins de 0.2 m/s). Choisir des pierres sans algues filamenteuses. Si c'est impossible, enlever les algues filamenteuses avec des brucelles, avant de prélever sur les pierres.
- 2) Amener les pierres au bord et décrire le périphyton : épaisseur, couleur, présence de concrétions
- 3) Bien rincer l'appareil selon Douglas 1958 et la pipette à brosse avec l'eau du lieu.
- 4) Immerger la première pierre de telle façon que le périphyton soit environ sous 1 cm d'eau.
- 5) Appliquer le col du de l'appareil sur la pierre, en tenant l'éponge serrée, pour éviter qu'elle ne donne trop d'eau à l'intérieur.
- 6) Appliquer l'éponge sur la pierre en pressant bien l'appareil de telle façon qu'il ne bouge pas.
- 7) Gratter le périphyton délimité par le col de l'appareil, avec la pipette à brosse.
- 8) Aspirer la suspension et la recueillir dans une bouteille pour prélèvements
- 9) Continuer à gratter et aspirer jusqu'à ce que tout le périphyton soit enlevé.
- 10) Répéter cela sur la seconde pierre. Déverser le périphyton dans la même bouteille.
- 11) Répéter cela sur la troisième pierre. Déverser le périphyton dans la même bouteille.
- 12) Au besoin répéter cela avec une 4^e ou une 5^e pierre. Cet échantillon est utilisé pour l'analyse des diatomées qui débouche sur les calculs d'indice comme le DI-CH
- 13) Prélever enfin une surface de périphyton sur une des pierres et mettre le contenu dans une autre bouteille de prélèvement, dans laquelle on peut aussi recueillir des échantillons des algues filamenteuses qui poussent dans la station (échantillon à but qualitatif, conservé à l'état brut, pour l'étude des autres algues également)-
- 14) Fixer les deux bouteilles de prélèvement au formol à 30%, de telle façon que la concentration finale soit de 3%.
- 15) A l'endroit, où les pierres ont été prélevées faire trois mesures de la vitesse de l'eau, soit au moulinet, soit au bouchon dérivant attaché à une ligne de 2 mètres.
- 16) Envoyer les échantillons par poste en précisant combien de surfaces de prélèvements ont été grattées.
- 17) De retour au bureau, bien laver l'éponge au savon, brosser l'intérieur de la pipette avec une brosse de faible diamètre et laisser sécher.

Plan de l'appareil selon Douglas 1958 composé d'une bouteille à fond ouvert entouré d'une éponge d'étanchéité, une pipette à brosse et une tétine en caoutchouc

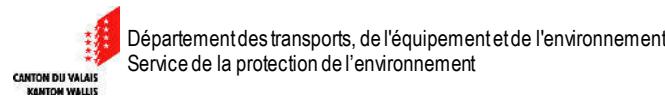


Références :

- DOUGLAS, B. - 1958. The ecology of the attached diatoms and other algae in a small stony stream. *Journal of Ecology* 46 : 295-322.
 STRAUB, F. - 1989. Application de l'écologie des diatomées littoraux de lacs carbonatés à la reconstitution des environnements préhistoriques d'un site archéologique : Hauterive-Champréveyres (lac de Neuchâtel). Thèse, Université de Neuchâtel, 286 pp.

ANHANG 3 :

**TABLEAU DES RÉSULTATS D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTÉRIOLOGIQUES EFFECTUÉES
SUR LE BASSIN VERSANT DE LA DALA EN 2016 ; PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DE LA QUALITÉ
PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTÉRIOLOGIQUE DES EAUX**



Rivière	Lieu - Station	Code	Altitude	Date	ANALYSES IN SITU					ANALYSES EN LABORATOIRE										BACTERIOLOGIE				
					m	l/s	temp.	Cond.	pH	O2	O2	Cond. Labo	pH	MES	COT	Cl	COD	Ptot	PO4	NH4	NO2	NO3	Germes aérob. méso	Esch. Coli
					μS/cm	mg/l	%	μS/cm	mg/L	mg/L C	mg/L	mg/L C	mg/L P	mg/L P	mg/L N	mg/L N	mg/L N	mg/L N	n/ml	n/100 ml	n/100 ml			
Dala	Leukerbad amont	DAL 09.4	1'475	08.03.16	87	7.2	768	8.6	10.0	98.8	748	8.2	5.9	1.10	0.2	0.90	0.006	0.004	0.016	0.000	0.20	320	0	0
Dala	Amont STEP, aval Gravière	DAL 06.9	1'290	08.03.16	85	7.7	727	8.7	10.0	99.8	718	8.3	0.9	1.10	16.0	0.80	0.012	0.007	0.019	0.000	0.48	580	1'680	810
Dala	Aval STEP	DAL 06.4	1'280	08.03.16	230	7.0	788	8.3	9.7	93.7	753	8.0	5.0	1.80	22.4	1.30	0.200	0.013	0.662	0.020	1.22	25'000	20'001	10'000
Dala	Aval prise d'eau	DAL 06.1	1'250	08.03.16	124	6.2	706	8.2	10.3	96.3	680	8.1	0.3	1.40	26.4	1.00	0.069	0.015	0.212	0.010	0.95	35'000	20'000	2'250
Dala	Rumeling	DAL 02.5	840	08.03.16	247	2.6	507	8.7	12.2	98.8	489	8.3	3.5	1.40	26.7	1.10	0.028	0.010	0.011	0.000	0.80	450	730	130
Dala	Amont usine électrique	DAL 00.3	600	07.03.16	534	4.4	676	8.1	12.0	99.8	659	8.2	3.4	1.30	25.0	1.10	0.016	0.005	0.012	0.000	0.79	50	145	71
Dala	Embouchure	DAL 00.1	598	07.03.16	617	5.0	709	8.2	11.3	99.6	685	8.2	2.6	1.30	19.3	1.00	0.025	0.007	0.081	0.009	0.96	900	3'800	1'050
Dala	Leukerbad amont	DAL 09.4	1'475	18.08.16	486	10.5	325	7.8	9.2	99.3	322	8.2	0.0	1.00	0.0	0.30	0.006	0.000	0.011	0.000	0.08	700	20	7
Dala	Amont STEP, aval Gravière	DAL 06.9	1'290	18.08.16	726	10.2	383	7.8	9.4	98.7	383	8.2	0.0	0.70	0.3	0.30	0.006	0.002	0.007	0.000	0.16	1'400	150	63
Dala	Aval STEP	DAL 06.4	1'280	18.08.16	668	10.5	424	7.8	9.2	97.7	405	8.2	1.4	0.70	0.2	0.30	0.015	0.007	0.057	0.002	0.20	2'200	2'800	1'600
Dala	Aval prise d'eau	DAL 06.1	1'250	18.08.16	145	9.5	386	7.8	9.4	97.3	378	8.1	0.0	1.00	2.2	0.60	0.027	0.016	0.134	0.009	0.32	6'000	3'800	3'500
Dala	Rumeling	DAL 02.5	840	18.08.16	467	10.5	421	7.9	9.6	97.9	317	8.3	0.0	0.70	0.8	0.40	0.006	0.003	0.005	0.000	0.25	200	270	51
Dala	Amont usine électrique	DAL 00.3	600	18.08.16	463	12.0	447	7.8	9.6	97.5	443	8.3	0.0	0.80	2.8	0.40	0.009	0.007	0.047	0.004	0.30	180	130	58
Dala	Embouchure	DAL 00.1	598	18.08.16	1160	10.8	438	7.6	9.8	96.9	424	8.1	0.0	0.70	2.9	0.50	0.008	0.003	0.031	0.001	0.34	1'000	580	280
Dala	Leukerbad amont	DAL 09.4	1'475	18.10.16	334	8.7	365	8.2	9.7	97.4	324	8.1	2.4	1.10	1.0	0.70	0.009	0.005	0.047	0.000	0.18	280	17	16
Dala	Amont STEP, aval Gravière	DAL 06.9	1'290	18.10.16	375	10.9	566	8.1	9.3	96.8	570	8.2	2.8	0.90	2.3	0.70	0.005	0.005	0.029	0.000	0.21	3'000	270	150
Dala	Aval STEP	DAL 06.4	1'280	18.10.16	446	11.3	655	8.0	9.2	96.5	649	8.1	0.0	0.90	6.5	0.90	0.021	0.015	0.050	0.010	1.20	2'400	1'470	930
Dala	Aval prise d'eau	DAL 06.1	1'250	18.10.16	514	9.3	558	7.8	9.6	96.4	543	8.1	6.0	0.80	5.0	0.70	0.015	0.010	0.024	0.000	0.62	2'000	960	1'600
Dala	Rumeling	DAL 02.5	840	18.10.16	753	8.7	479	7.9	10.2	97.1	471	8.2	39.6	1.00	5.0	0.80	0.044	0.008	0.033	0.003	0.66	3'400	700	1'800
Dala	Amont usine électrique	DAL 00.3	600	17.10.16	691	9.7	607	7.8	10.3	96.8	592	8.2	29.5	1.30	5.6	1.20	0.025	0.008	0.055	0.007	0.65	1'500	2'380	1'120
Dala	Embouchure	DAL 00.1	598	17.10.16	739	9.7	729	7.9	10.0	94.9	706	8.1	28.4	1.00	5.6	0.80	0.024	0.005	0.043	0.000	0.54	450	1'370	82



Tableau 1 : Tableau des résultats d'analyses physico-chimiques et bactériologiques effectuées sur le bassin versant de la Dala en 2016.

3. QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTÉRIOLOGIQUE DES EAUX

3.1. Résultats

Les résultats physico-chimiques et bactériologiques bruts figurent dans le Tableau 1. La représentation cartographique (cf. Figure 2 du rapport principal) indique pour chaque station la qualité des eaux à l'aide des quatre paramètres retenus (DOC, NH4, PO4 et Ptot), ainsi que les résultats bactériologiques pour *E. coli* en mars, août et octobre 2016.

3.2. Interprétation

3.2.1. Débits

Les résultats des mesures de débit sont présentés dans le Tableau 2.

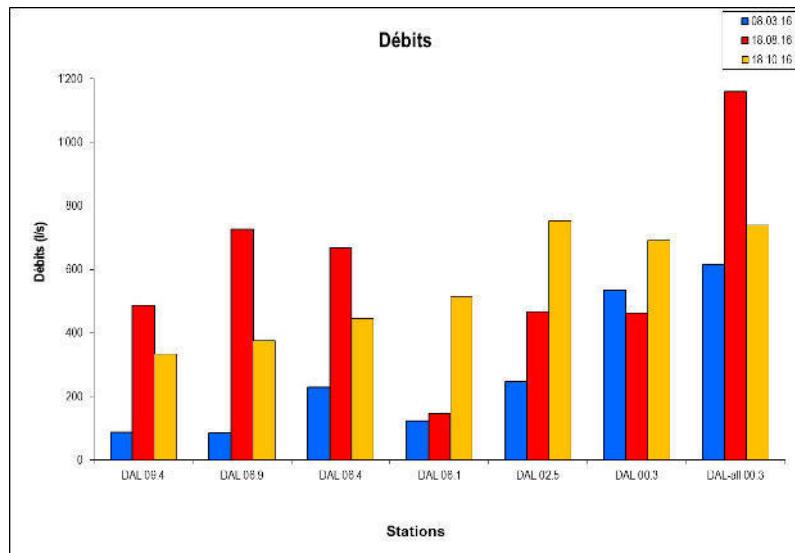
Les débits sont plus faibles en mars (qui correspond à l'étiage), qu'en octobre et surtout août (précipitations et fonte glaciaires). Ils augmentent d'amont en aval avec l'apport des affluents. L'influence de la prise d'eau de Gusat située à l'amont de DAL 06.1 est très nette en août (prélèvement de l'ordre de 500 l/s). En mars, la différence est par contre de l'ordre de 100 l/s et le débit en aval correspond en gros au débit de dotation stipulé dans la concession KW Dala (Tableau 3). On retrouve les débits prélevés sur DAL 00.1 (aval restitution). Rappelons qu'en octobre la prise d'eau était hors service lors des investigations de terrain. L'usine avait été arrêtée la semaine précédente pour contrôler l'état des conduites.

Tableau 2 : Débits mesurés sur le bassin versant de la Dala en 2016.

Débit l/s							
Stations Période	DAL 09.4	DAL 06.9	DAL 06.4	DAL 06.1	DAL 02.5	DAL 00.3	DAL 00.1
Mars 2016	87	85	230	124	247	534	617
Août 2016	486	726	668	145	467	463	1'160
Octobre 2016	334	375	446	514	753	691	739

Tableau 3 : Débit de dotation approuvé dans le renouvellement de concession KW Dala et sa modulation en période hivernale.

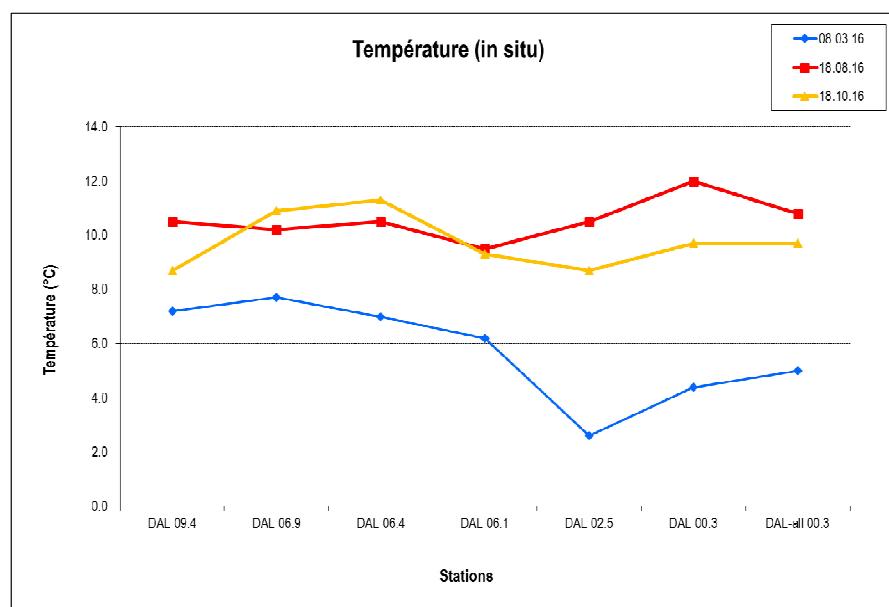
Modulation du débit de dotation	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars
Option A	140 l/s	120 l/s	100 l/s	100 l/s	120 l/s	140 l/s



Graphique 1 : Débits mesurés sur le bassin versant de la Dala en 2016.

3.2.2. Température

Les températures de l'eau les plus élevées ont été mesurées en août pour toutes les stations à l'exception des stations DAL 06.4 et DAL 06.9 (maximum en octobre, du fait de la mise hors service de la prise d'eau de Güsat – absence de restitution d'eau plus froide). A contrario, les températures les plus basses ont été relevées en mars, en lien avec les températures saisonnières extérieures qui influencent directement celle de l'eau (cf. Graphique 2). En août et octobre, les températures sont relativement stables d'amont en aval. En mars, elles sont plus froides en aval qu'en amont, en lien avec la réduction des débits en aval de DAL 06.1 et le refroidissement des eaux au contact de la température extérieure (apports de sources plus chaudes en amont de DAL 09.4).



Graphique 2 : Températures mesurées in situ sur le bassin versant de la Dala en 2016.

3.2.3. pH

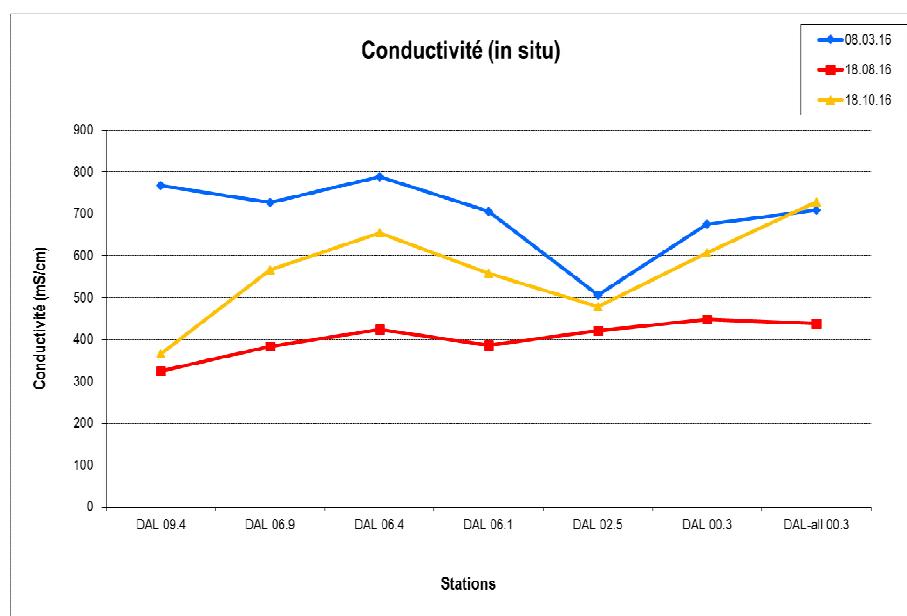
Les mesures réalisées en laboratoire montrent un pH qui fluctue entre 8 et 8.3, indiquant des eaux légèrement alcalines. Il n'existe pas de différence significative entre les trois campagnes.

3.2.4. Conductivité

La conductivité dépend de la composition chimique des eaux. En tête de réseau hydrographique, elle résulte de la nature géologique du bassin versant et des apports d'eau (ruissellement des eaux de pluie, fonte des neiges et des glaciers). En règle générale, elle augmente progressivement d'amont en aval.

Les mesures in situ, présentées dans le Graphique 3, montrent que cette tendance ne s'observe qu'en août, et de manière très modérée. La plus faible conductivité en août s'explique par des apports peu minéralisés (fonte glaciaire). En mars, les eaux plus minéralisées en amont (sources chaudes) sont progressivement diluées par les apports latéraux moins minéralisés, situation renforcée en aval de la prise d'eau (DAL 06.1). En octobre, il est difficile d'interpréter l'évolution de la conductivité.

Globalement, les eaux sont moyennement minéralisées.



Matières en suspension (MES)

Les concentrations en MES (Tableau 3) sont toujours très faibles (<10 mg/l), à l'exception des 3 stations aval en octobre avec des concentrations comprises entre 28 et 40 mg/l.

Tableau 4 : Taux de MES mesurés sur le bassin versant de la Dala en 2016.

Stations Période	MES mg/l						
	DAL 09.4	DAL 06.9	DAL 06.4	DAL 06.1	DAL 02.5	DAL 00.3	DAL-all 00.3
Mars 2016	5.9	0.9	5.0	0.3	3.5	3.4	2.6
Août 2016	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Octobre 2016	2.4	2.8	0.0	6.0	39.6	29.5	28.4

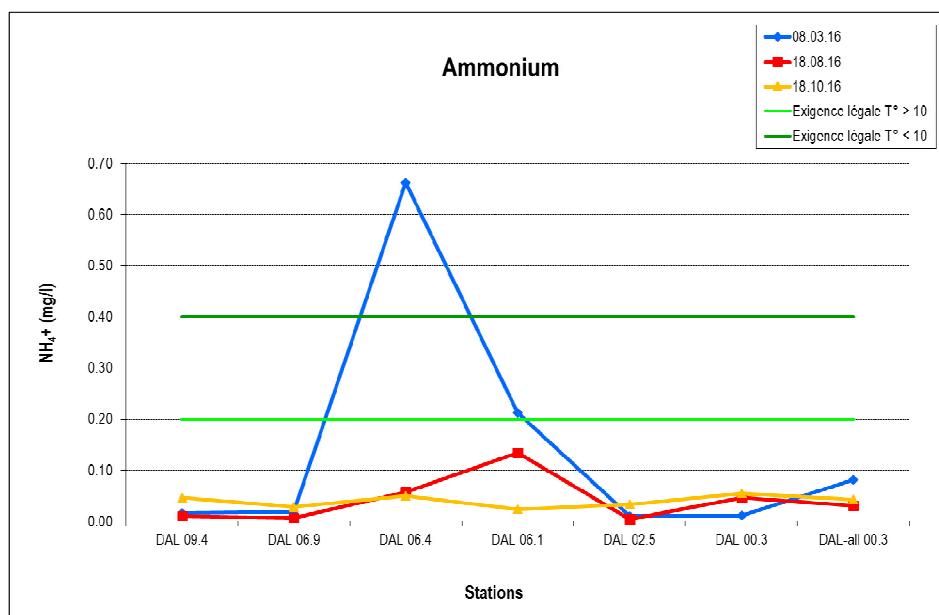
3.2.5. Matière organique (DOC, TOC)

DOC ou COD (Carbone Organique Dissous) Les valeurs ne dépassent pas 1.3 mg/l, ce qui correspond à des eaux faiblement chargées en matière organique. La qualité de l'eau, qui satisfait aux exigences légales, est toujours considérée comme très bonne. Une très légère tendance à l'enrichissement se décèle d'amont en aval. La valeur maximale s'observe en mars sur la station DAL 06.4, aval STEP.

TOC ou COT (Carbone Organique Total) Les valeurs de TOC sont quasi identiques à celles du DOC, très légèrement supérieures, mais toujours <1.8 mg/l (DAL 06.4 aval STEP en mars), soit une très bonne qualité d'eau.

3.2.6. Formes azotées (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-)

NH_4^+ (ammonium) Pour les trois campagnes, la qualité de l'eau ($T^\circ < 10^\circ\text{C}$) est considérée comme bonne à très bonne, à l'exception de la station en aval de la STEP de Leukerbad (DAL 06.4) en mars (qualité médiocre). Les concentrations en NH_4^+ sont similaires lors des trois campagnes.



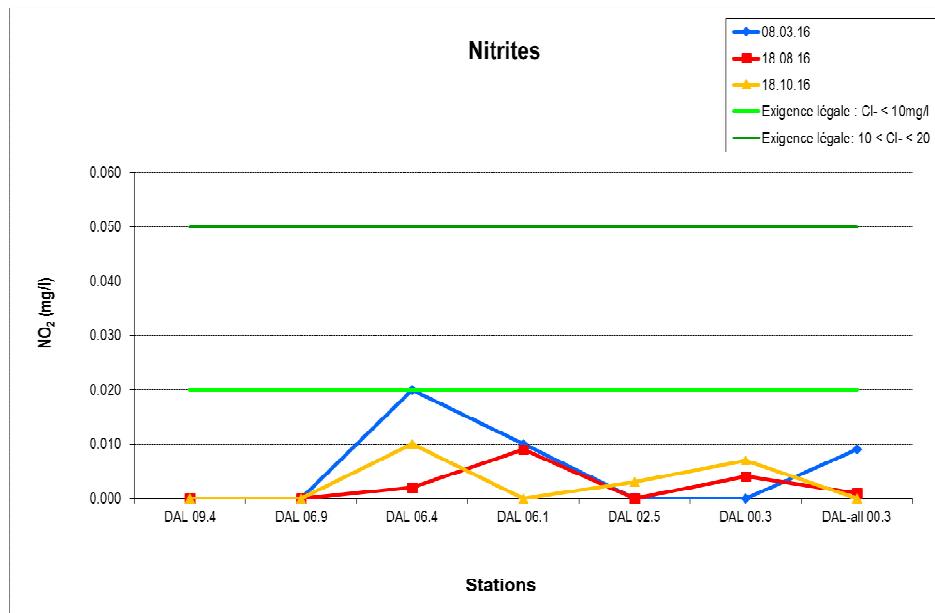
Graphique 4 : Concentrations en ions ammonium mesurées sur le bassin versant de la Dala en 2016 avec exigences légales en fonction de la température de l'eau.

NO_2^- (nitrites) Les nitrites sont la forme intermédiaire de l'oxydation des NH_4^+ . L'EAWAG (1991) détermine pour les eaux courantes des valeurs limites en nitrites en tenant compte de la concentration en chlorures (Cl^-), car la toxicité des nitrites diminue en leur présence. Le module chimie (LIECHTI 2010) propose donc d'adapter les classes de qualité en fonction de la teneur en chlorures :

- pour $\text{Cl}^- < 10 \text{ mg/l}$, classement décalé d'une classe vers le haut (moins bonne qualité, car toxicité un peu plus élevée) ;
- pour Cl^- entre 10-20 mg/l ou Cl^- non connu, application des classes telles que proposées ;
- pour $\text{Cl}^- > 20 \text{ mg/l}$, classement décalé d'une classe vers le bas (meilleure qualité, toxicité plus faible en présence de Cl^-).

Pour les campagnes d'août et d'octobre, la première règle a été appliquée, les concentrations en Cl^- ne dépassant jamais les 7 mg/l. Pour la campagne de mars, les concentrations en Cl^- variant entre 0.2 et 26.7 mg/l, chacune des règles a été appliquée sur les stations en fonction de la situation.

Pour les 3 campagnes, la qualité de l'eau satisfait aux exigences légales. La concentration en NO_2^- est toutefois légèrement plus élevée en mars sur la station en aval de la STEP de Leukerbad (DAL 06.4).



Graphique 5 : Concentrations en nitrites mesurées sur le bassin versant de la Dala en 2016 avec exigences légales en fonction de la concentration en Cl^- .

NO_3^- (nitrates) Les nitrates sont la forme finale de l'oxydation de l'ammoniac. La qualité de l'eau vis-à-vis de ce paramètre est toujours très bonne pour toutes les campagnes (concentration entre 0.08 et 1.22 mgN/l). Les concentrations en NO_3^- sont légèrement plus élevées en mars qu'en août et octobre, probablement en raison d'un facteur de dilution plus faible en mars et d'une fréquentation touristique plus élevée (débit de la STEP plus important). Une légère tendance à l'enrichissement s'observe d'amont en aval.

Bilan azoté Les différentes formes d'azote cumulées montrent une charge faible sur l'ensemble du bassin versant, à l'exception de la station en aval de la STEP de Leukerbad (DAL 06.4) en mars pour le NH₄⁺, dont la qualité ne respecte pas les exigences légales.

3.2.7. Phosphore (PO₄³⁻, Ptot)

PO₄³⁻ Les concentrations en orthophosphates (phosphore d'origine anthropique, directement assimilable par les plantes) sont extrêmement faibles et satisfont donc aux exigences légales. La qualité de l'eau est considérée comme très bonne.

Ptot (phosphore total) La qualité de l'eau est considérée comme bonne à très bonne pour toutes les stations, avec des concentrations inférieures aux objectifs de qualité des eaux (0.07 mg/l), à l'exception de la station en aval de la STEP de Leukerbad (DAL 06.4) en mars (mauvaise qualité).

3.2.8. Bactériologie

Germes totaux Pour les 3 campagnes, la qualité se dégrade dès la station en aval de Loèche-les-Bains (DAL 06.9), avec une tendance à l'amélioration sur les stations aval. La concentration la plus élevée en germes est observé à la station DAL 06.1 en mars (mauvaise qualité).

Escherichia coli (contamination fécale récente) La qualité n'est plus considérée comme très bonne dès la station en aval de Loèche-les-Bains (DAL 06.9). Elle est même considérée comme moyenne à mauvaise sur la grande majorité des stations, avec un pic de concentration en *E. coli* à la station DAL 06.4 en mars.

Entérocoques La situation des entérocoques est très similaire à celle de *E. coli*, avec une dégradation dès la station DAL 06.9, et plusieurs stations considérées comme moyennes à médiocres.

Tableau 5 : Analyses Bactériologiques obtenues sur le bassin de la Dala 2016.

Germes	Germes totaux /ml			Escherichia coli /100 ml			Entérocoque /100 ml		
	Mois	Mars	Août	Oct.	Mars	Août	Oct.	Mars	Août
DAL 09.4	320	700	280	0	20	17	0	7	16
DAL 06.9	580	1'400	3'000	1'680	150	270	810	63	150
DAL 06.4	25'000	2'200	2'400	20'001	2'800	1'470	10'000	1'600	930
DAL 06.1	35'000	6'000	2'000	20'000	3'800	960	2'250	3'500	1'600
DAL 02.5	450	200	3'400	730	270	700	130	51	1'800
DAL 00.3	50	180	1'500	145	130	2'380	71	58	1'120
DAL-all 00.3	900	1'000	450	3'800	580	1'370	1'050	280	82

Légende



Très bon
Médiocre



Bon
Mauvais



Moyen

Bilan global Les trois types d'analyses bactériologiques montrent une qualité des eaux moyennes à médiocres dans un majorité des stations (57% ; Tableau 4), voire même ponctuellement mauvaise. Seule la station amont DAL 09.4 possède une bonne à très bonne qualité sur l'ensemble des 3 campagnes.

Ces concentrations relativement élevées en bactéries s'expliquent par un ensemble de facteurs incluant l'activité touristique, les rejets de STEP, les déversements des ouvrages du réseau d'assainissement (pluies lors des prélèvements) ou de mauvais raccordements, ainsi que l'activité agro-pastorale (pâture, étable, épandage).

Aucune véritable tendance spatiale ou saisonnière n'est mise en évidence.

ANHANG 4 :

**PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DES ANALYSES SUR LE PEUPLEMENT DE
DIATOMÉES EFFECTUÉES SUR LE BASSIN VERSANT DE LA DALA EN 2016 ;
TABLEAU DES RÉSULTATS BRUTS**

4. ETUDE DES DIATOMÉES ET QUALITÉ BIOLOGIQUE DES EAUX

4.1. Résultats bruts

Les résultats bruts de l'analyse des communautés de diatomées prélevées dans la Dala, se trouvent dans le tableau de l'annexe 3. Dans la colonne B de ce tableau figurent les espèces et variétés de diatomées classées en fonction de leur résistance saprobique (colonne C). Dans les colonnes D à I apparaissent respectivement les valeurs indicatrices et les valeurs de pondération des indices DI-CH2002, DI-CH2006 et trophique selon SCHMEDTJE & al. 1988. Les valeurs de l'ancien indice DI-CH2002 sont données pour faciliter la comparaison avec les premières études des diatomées des rivières valaisannes. La colonne J signale la présence de formes monstrueuses de diatomées (tératologie). Dans les colonnes K à U pour chaque espèce, figurent les données de la liste rouge des diatomées d'Europe centrale (LANGE-BERTALOT 1996, HOFMANN et al. 2011). Ces indications servent à juger de la valeur patrimoniale des peuplements de diatomées. Dans les colonnes suivantes, on trouve les fréquences relatives des diatomées formant les communautés à chaque station pour les deux campagnes annuelles de prélèvements. Au bas des colonnes se trouvent les sommes des catégories d'espèces et les valeurs des différents indices qui servent aux diagnostics de qualité d'eau.

4.2. Etat des communautés de diatomées

4.2.1. Présentation des résultats quantitatifs

Les résultats quantitatifs (densité, fragmentation, taux de formes tératologiques, indices quantifiés) sont présentés en fonction des distances des points de prélèvements par rapport à l'embouchure de la Dala dans le Rhône.

4.2.2. Densité des peuplements et biomasse

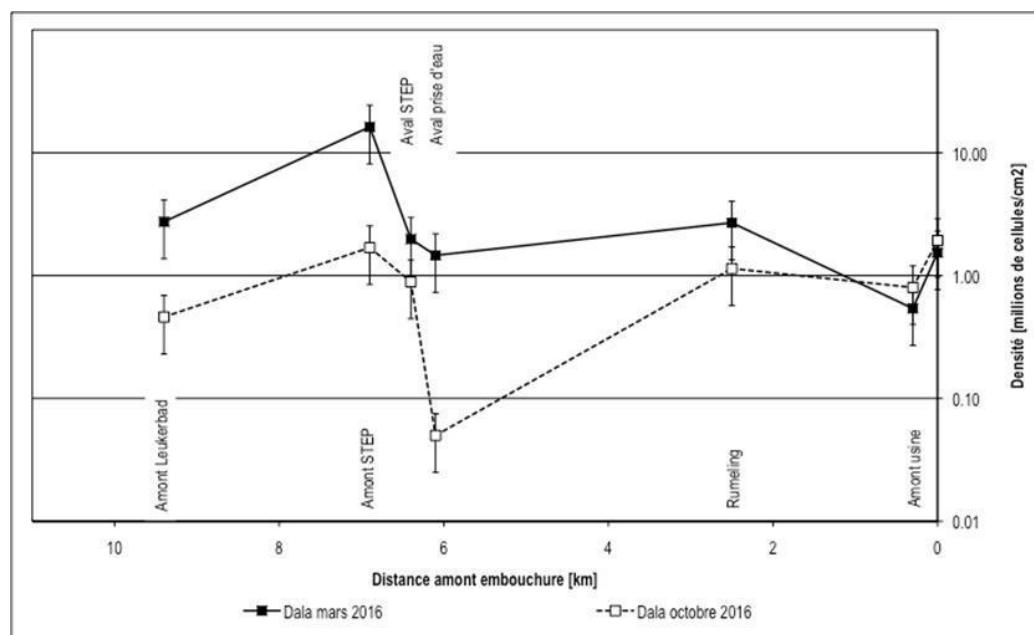
Les densités de diatomées épilithiques vivant dans le courant sont distribuées d'amont en aval de la Dala sur le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** (attention, l'échelle des densités est logarithmique !).

En amont de la Dala, en mars 2016, la densité de diatomées était nettement plus élevée qu'en octobre. Les valeurs de mars (> 2 millions de cellules/cm²) peuvent être considérées comme normales par rapport aux densités trouvées dans d'autres rivières latérales du Rhône. Les valeurs d'octobre sont faibles, voire très faibles et sont liées à l'érosion due aux crues du mois de septembre. Plus bas depuis Rumeling, les variations de densité entre les saisons ne sont pas significatives. Il est intéressant de constater qu'à l'aval de Rumeling, l'action érosive des crues ne se marque pas, sans doute par le fait que la rivière est plus large qu'en amont.

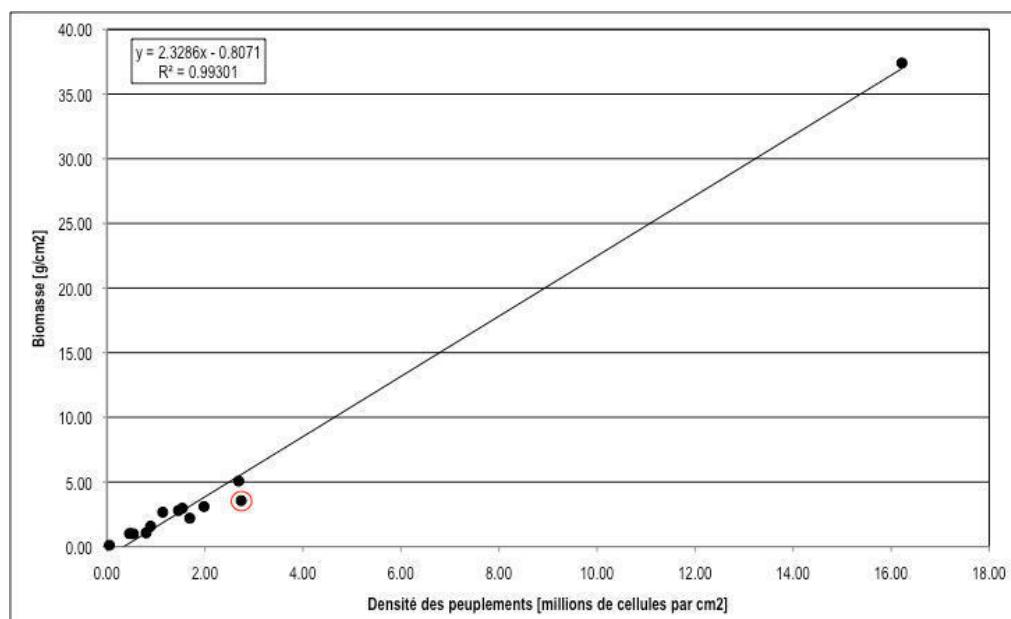
De haut en bas, les variations de densité suivent cependant à peu près le même profil, avec une nette augmentation en amont de la STEP, puis une diminution, surtout marquée à l'aval de la prise d'eau en octobre, alors que cette installation laissait passer une grande quantité d'eau.

La biomasse est directement corrélée à la densité des peuplements (fonction linéaire qui

explique le 99.6% de la variance entre les deux grandeurs) comme on peut le voir sur Graphique 2.



Graphique 1 : Répartition des densités de diatomées épilithiques d'amont à l'aval de la Dala. Valeurs hivernales en traits pleins, valeurs automnales en pointillés.



Graphique 2 : Distribution des valeurs calculées de biomasses en fonction des densités des peuplements de diatomées. A l'amont de Leukerbad (point entouré d'un cercle rouge), la valeur de biomasse de mars 2016 est un peu faible par rapport à la densité du peuplement.

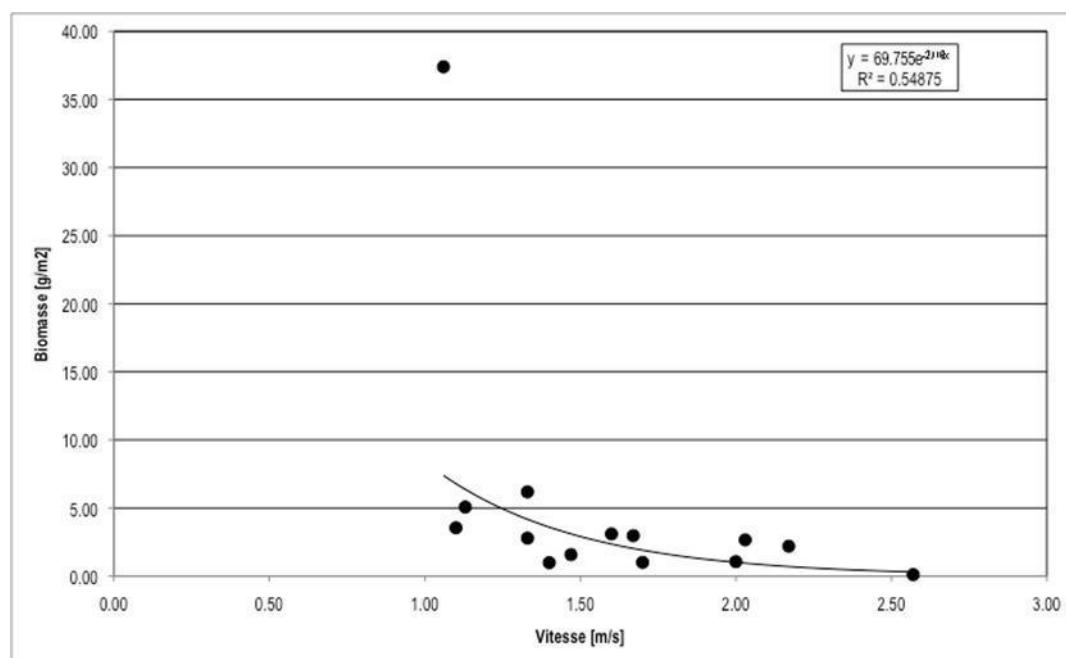
La très bonne corrélation entre les valeurs de densité et de biomasse montre que sur tout le linéaire, les peuplements sont formés en moyenne par des diatomées de la même taille (il y a une grande homogénéité le long de tout le cours d'eau). Les valeurs qui se détachent le

plus de la fonction ont été relevées à Amont Leukerbad en mars 2016. Le peuplement était alors très largement dominé par l'espèce pionnière *Achnanthidium pyrenaicum*, qui est relativement petite (classe de taille 2).

Ces variations de densité et de biomasse sont directement dépendantes de l'activité hydrologique très variable entre mars et octobre. La variabilité de ces deux aspects quantitatifs des peuplements est expliquée par les variations de vitesse ou de débit selon des fonctions exponentielles avec des taux de corrélation > 53.1%. La meilleure fonction a été trouvée entre la biomasse et la vitesse avec un taux de corrélation de 74.1% (Graphique 3), alors que d'habitude la biomasse est mieux corrélée avec le débit.

Ces fonctions indiquent que les variations de densité et de biomasse ne sont pas dépendantes de la qualité des eaux.

De cette distribution il ressort que la biomasse trouvée à Amont STEP, aval gravière est très élevée. Elle est aussi relativement élevée en octobre malgré la crue. Cela montre, que l'exploitation de graviers ne cause pas de nuisance érosive sur les communautés de diatomées. La biomasse minimale trouvée à l'aval de la prise d'eau en octobre a été trouvée alors que la vitesse était très élevée de 2.57 m/s.

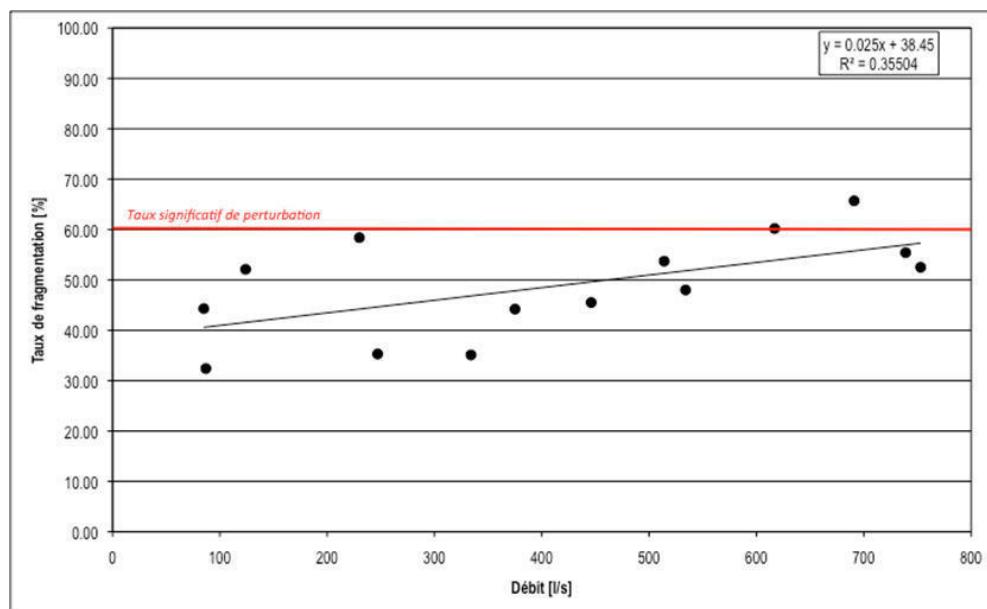


Graphique 3 : Distribution des valeurs de biomasse en fonction de la vitesse. La biomasse trouvée à Amont STEP, aval gravière en mars 2016 est très élevée (37.4 g/m²) par rapport à celles trouvées aux autres stations.

4.2.3. Fragmentation

L'état des diatomées est globalement bon, avec des taux de fragmentation en moyenne < 60%. Ces taux ne sont que très partiellement corrélés aux fluctuations de densité des peuplements (corrélation de 34.3% selon une fonction logarithmique) contrairement à ce qu'on trouve dans bien d'autres rivières alpines. Même à l'aval de la prise d'eau en octobre, la très faible densité mesurée de 0.05 millions de cellules/cm² ne s'accompagne que d'un taux de fragmentation de 53.7%, en dessous de la valeur significative de perturbation

marquée.

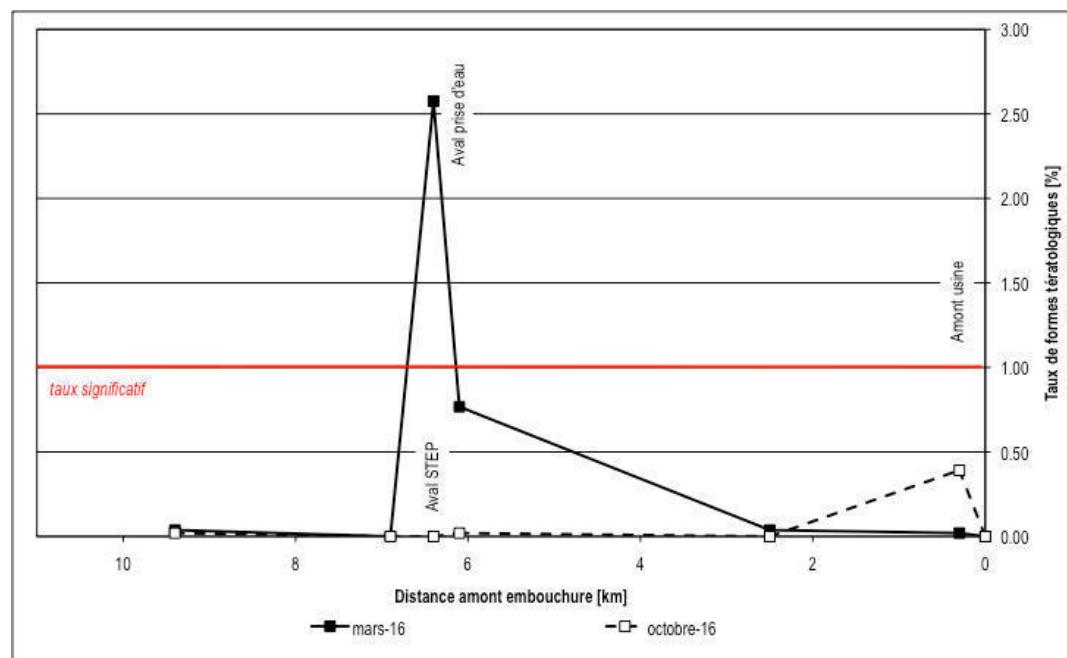


Graphique 4 : Distribution des taux de fragmentation des diatomées en fonction des débits. Dans la plupart des cas, les taux sont inférieurs à la limite significative de perturbations majeures.

Les plus forts taux de fragmentation ont été relevés à l'embouchure en mars (60.2%) et à l'amont de l'usine en octobre (65.7%). Les taux de fragmentation sont corrélés aux débits (Graphique 4) avec une certaine dispersion (corrélation de 59.6% selon une fonction linéaire). Cela indique que cet aspect de l'état des peuplements est partiellement lié à l'activité hydrologique. Il est aussi possible, qu'avec les vitesses mesurées (de 1.06 à 2.57 m/s) tant en mars qu'en octobre, les fragments ont été emportés et que les taux mesurés ne représentent pas l'état des peuplements.

4.2.4. Tératologie

La répartition des formes monstrueuses est donnée sur le Graphique 5. Globalement peu de formes tératologiques ont été trouvées. Par contre l'abondance de 2.58% mesurée à l'aval de la STEP de Leukerbad, mais encore le 0.77% à l'aval de la prise d'eau affectent les espèces sensibles *Achnanthidium minutissimum*, *A. pyrenaicum*, *Encyonema minutum*, *E. ventricosum*, mais aussi l'espèce nettement plus résistante *Nitzschia fonticola*. Cela indique que les rejets d'épuration sont probablement toxiques en période de basses eaux. En octobre, avec des débits nettement plus élevés, la dilution efface sans doute l'impact de cette STEP.



Graphique 5 : Répartition des taux de formes tératologiques le long de La Dala. En mars à l'aval de la STEP de Leukerbad, le taux est nettement significatif de toxicité et reste encore élevé à l'aval de la prise d'eau. En octobre à l'amont de l'usine, le taux est probablement significatif d'un impact toxique.

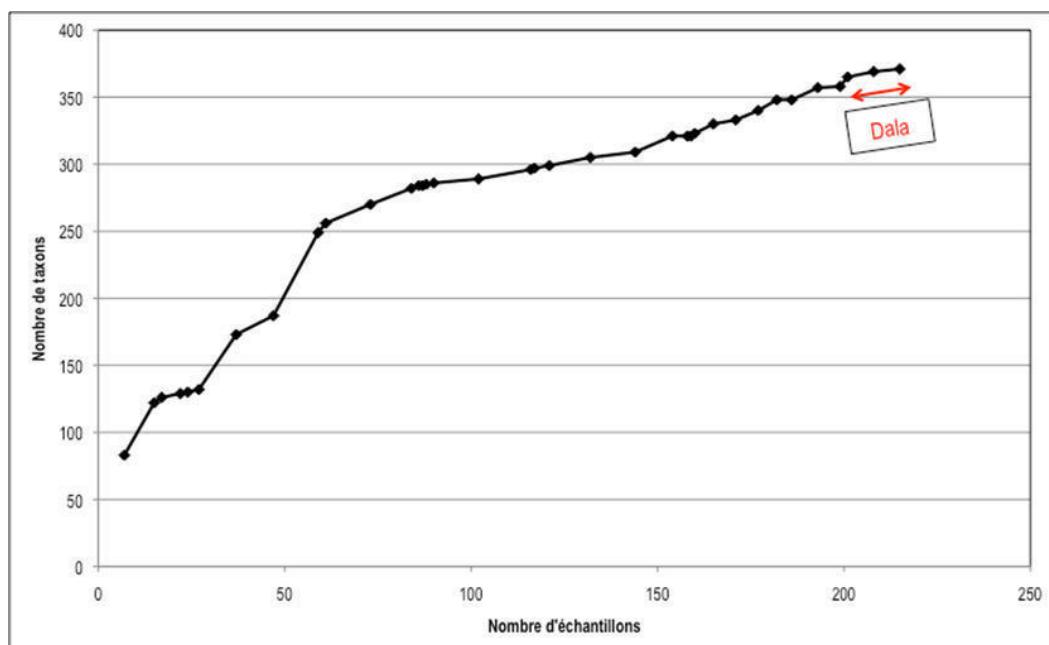
A cette période à l'amont de l'usine par contre, 0.4% de formes tératologiques ont été trouvés chez *Achnanthidium pyrenaicum*. Malgré le fait que cette espèce est sensible, on peut penser qu'un rejet à l'amont de l'usine a probablement eu un impact toxique et provient sans doute de la STEP de Rumeling. Ce rejet devait être important, vu la dilution due aux forts débits automnaux.

4.2.5. Diversité floristique et valeur patrimoniale de la flore

La progression des découvertes floristiques dans les rivières valaisannes, réalisées par PhycoEco, figure sur le Graphique 6.

Dans les 14 échantillons prélevés, 118 taxons de diatomées ont été trouvés, un nombre en moyenne un peu plus faible que celui trouvé dans d'autres rivières latérales du Rhône. Ce nombre ne représente que le 31.8% de la flore rhéophile valaisanne répertoriée actuellement dans la banque de données de PhycoEco (en tout 371 taxons pour 215 échantillons du Rhône et de 16 rivières latérales. Avec ces nouvelles campagnes de prélèvements, 6 taxons nouveaux pour la flore des rivières valaisannes ont été trouvés.

Dans les deux stations situées en amont de la STEP de Leukerbad, la base floristique est une flore alpine formée principalement par des taxons très sensibles et sensibles. Dès l'aval de la STEP, si ces taxons alpins sont encore bien présents, apparaissent 12 taxons très tolérants (plus ou moins abondants selon les stations) typiques de charges polluantes indésirables.



Graphique 6 : Progression des mentions floristiques de diatomées en rivières valaisannes, au cours des études menées par PhycoEco.

La diatomée envahissante *Didymosphenia geminata* n'a été observée qu'en octobre. A cette date, elle semble être présente le long de tout le cours d'eau, aussi en amont de Leukerbad, bien qu'elle n'ait été trouvée que dans 5 stations sur les 7. Cette espèce ne semble par contre pas aussi abondante que dans la Printse, car elle ne forme pas de colonies visibles à l'œil nu.

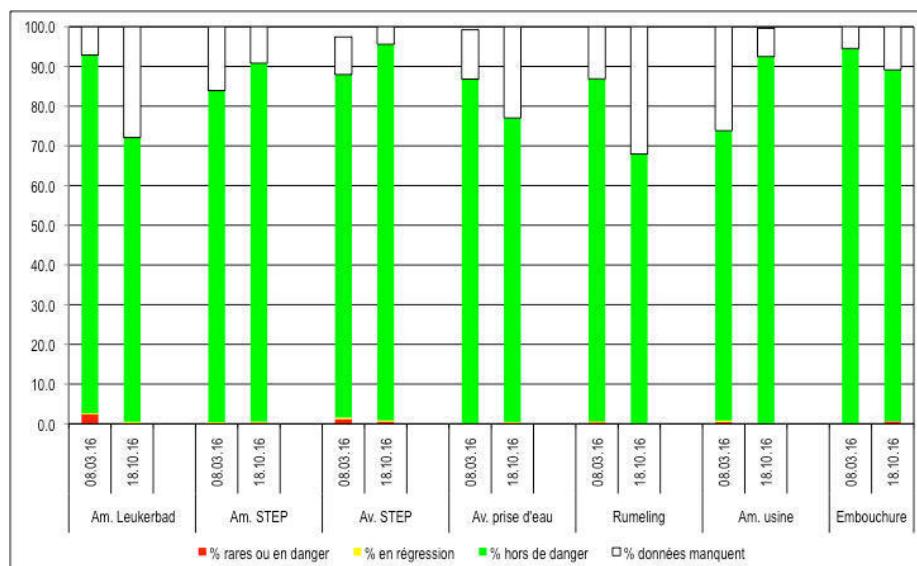
La flore dominante (obtenue après dénombrement de 500 individus) comprend 15 à 34 taxons selon la station et l'époque de l'année. Les faibles diversités spécifiques (< 20 taxons) correspondent à des biodiversités structurales un peu faibles (indice de Shannon $[In] < 1.9$), qui sont chaque fois liées à des fortes dominance des espèces pionnières très sensibles ou sensibles *Achnanthidium pyrenaeicum*, *A. minutissimum* et/ou *A. lineare*. Ces cas ne sont pas liés aux déversements des STEP, mais à la forte activité hydrologique.

Cette flore observée a été soumise à l'examen de la liste rouge des diatomées, valable pour les régions de plaines et collinéennes d'Europe centrale (LANGE-BERTALOT 1996, HOFMANN et al. 2011). La liste rouge classe les espèces en différentes catégories de raréfaction entre les très rares, en danger et celles qui ont disparues. Cette liste donne aussi les espèces en régression et elle met en évidence celles qui sont actuellement hors de danger de disparition. Enfin une série de taxons, décrits récemment et pour lesquels il manque des données, est également citée.

L'abondance des taxons de la liste rouge et en régression est très faible (Graphique 7), même en amont de Leukerbad, en comparaison avec d'autres rivières latérales du Rhône. On peut penser que l'anthropisation de la Dala est responsable de la faible abondance d'espèces rares. Seule l'espèce très sensible *Achnanthidium lineare*, dont on ne connaît pas encore le degré de raréfaction (dont l'abondance apparaît dans la classe % données

manquent), indique que certains peuplements ont une légère valeur patrimoniale.

Les taxons présents sont nommés dans les résumés par station.



Graphique 7 : Taux de représentation (en % de cellules) des catégories de raréfaction selon la liste rouge des diatomées d'Europe centrale (LANGE-BERTALOT 1996) dans les communautés de mars et octobre 2016 d'amont en aval de la Dala. Plus du 70% des communautés, est formé par des espèces communes. Les espèces de la liste rouge sont très peu abondantes.

4.2.6. Conclusion sur l'état des peuplements de diatomées

Malgré la différence de densité des peuplements entre mars et octobre, les diatomées sont en bon état (taux moyens de fragmentation). La différence de vitesse de l'eau est le paramètre qui explique le mieux les variations de densité et de biomasse. Les taux de formes tétratologiques trouvés en aval des deux STEP soit en mars, soit en octobre, montrent l'impact négatif et probablement toxique des rejets. Sinon, les flores sont communes de haut en bas du cours d'eau et de faible valeur patrimoniale selon la liste rouge.

4.3. Algues macroscopiques

Au cours des prélèvements, des algues macroscopiques ont été observées et récoltées pour identification. Leurs occurrences dans la Dala sont rassemblées dans le Tableau 1. Globalement, il y a peu d'algues macroscopiques visibles à l'œil nu. La plupart d'entre elles n'ont été observées qu'au microscope dans les échantillons bruts destinés à l'analyse des diatomées.

Il ressort essentiellement des résultats, qu'en mars (faibles débits) les algues macroscopiques sont nettement plus abondantes et diversifiées qu'en octobre (après les crues du mois de septembre). Le plus caractéristique est la disparition des cyanobactéries (algues bleues) des genres *Phormidium* et *Rivularia*, qui forment normalement le soubassement du périphyton sur les galets. La disparition de ces organismes montre que le

périmphyton a été érodé en cours des crues, ce qui confirme l'interprétation sur la réduction des peuplements de diatomées en octobre (§ 1.2.2).

En mars, les autres algues présentes déjà en amont de Leukerbad (*Hydrurus foetidus* et *Ulothrix spp*) indiquent une légère eutrophie, tandis que *Stigeoclonium sp.*, présente à l'aval de la STEP de Leukerbad, est liée à la dégradation de la qualité des eaux. Plus en aval, les espèces plus abondantes *Ulothrix zonata* et *Bangia atropurpurea* indiquent une plus franche eutrophie qu'en amont (comme dans bien d'autres rivières du Valais). En mars, bien que lacunaire, la répartition des espèces suit le même profil.

Tableau 1 : Occurrences d'algues macroscopiques dans les stations de la Dala. (+) vues qu'au microscope, + présentes, ++ abondantes, +++ très abondantes.

	<i>Phormidium spp.</i>	<i>Rivularia sp.</i>	<i>Hydrurus foetidus</i>	<i>Ulothrix tenuissima</i>	<i>Ulothrix tenerima</i>	<i>Ulothrix zonata</i>	<i>Stigeoclonium sp.</i>	<i>Bangia atropurpurea</i>	<i>Audouinella hemmannii</i>
Mars 2015									
DAL 0.9.4 Amont Leukerbad	(+)		(+)	++					
DAL 06.9 Amont STEP, aval gravière	(+)	(+)		(+)		+			
DAL 06.4 Aval STEP	(+)			+		(+)	(+)		(+)
DAL 06.1 Aval prise d'eau				(+)		+	(+)		
DAL 02.5 Rumeling	(+)		+	+		+			
DAL 00.3 Amont usine électrique	(+)	(+)	+	++		+		++	
DAL -all00.3 Embranchure			(+)	(+)		(+)		(+)	
Octobre 2016									
DAL 0.9.4 Amont Leukerbad									
DAL 06.9 Amont STEP, aval gravière									
DAL 06.4 Aval STEP				+	(+)				
DAL 06.1 Aval prise d'eau						(+)			
DAL 02.5 Rumeling					(+)	+			
DAL 00.3 Amont usine électrique								++	
DAL 00.0 Embranchure					(+)	+		+	

4.4. Diatomées et qualité biologique des eaux

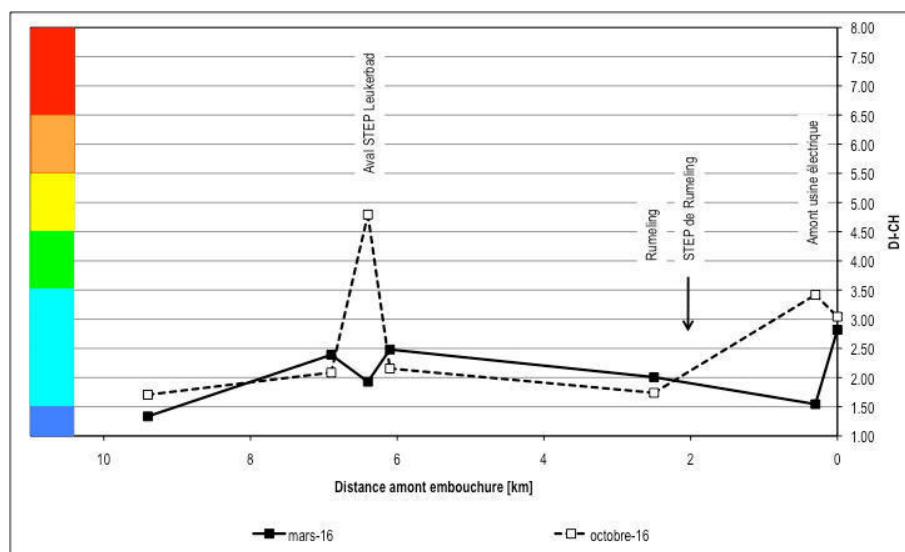
4.4.1. Mise en garde

Les indications de qualités biologiques des eaux ne sont valables que par rapport aux paramètres qui ont servi à l'étalonnage des méthodes classiques de mesure. Ces paramètres sont ceux de pollution habituelle d'origine domestique et agricole, c'est à dire liées aux taux de matières organiques et aux taux d'engrais (phosphates, nitrates). La qualité des eaux ne se borne pas à ces paramètres, mais doit être complétée par d'autres aspects, comme l'analyse présentée au paragraphe 1.2 tend à le montrer, en particulier par rapport aux variations de densité, des taux de fragmentation des diatomées et des taux de formes tératologiques.

4.4.2. Etat de santé global (légal)

Les valeurs de l'indice DI-CH2006 (HÜRLIMANN et NIEDERHÄUSER 2007) calculées à partir de la composition des communautés de diatomées sont réparties d'amont en aval sur le Graphique 8.

Les valeurs de DI-CH indiquent que dans la plupart des stations, la qualité des eaux est très bonne (voire excellente en amont de Leukerbad ou légèrement moins bonne à l'embouchure). Dans la plupart des cas, les variations des valeurs entre mars et octobre ne sont pas significatives au point de vue statistique. Il est intéressant de constater qu'en mars, l'impact des STEP n'est pas visible par faibles débits (bien qu'en mars à l'aval de la STEP de Leukerbad, le taux de formes tératologiques indique un impact toxique). Par contre en octobre, par forts débits, la qualité des eaux est péjorée par les déversements des STEP, de manière très marquée à l'aval de la STEP de Leukerbad (objectifs écologiques légaux dépassés) et de façon moindre à l'aval de la STEP de Rumeling. Ce phénomène peu habituel est peut-être lié à des débordements des STEP en cas de crues. Ces pics des valeurs de l'indice sont en bonne corrélation avec les résultats des analyses chimiques, en particulier les augmentations, voire dépassement en ammoniacal, nitrites et orthophosphates.



Graphique 8 : Variations des valeurs de l'indice de pollution intégré DI-CH2006 (Système modulaire gradué suisse) d'amont en aval de la Dala. Selon l'acception de la loi suisse, le bleu est l'indication des eaux de très bonne qualité, le vert de bonne qualité, le jaune de qualité moyenne ne correspondant déjà plus aux objectifs écologiques légaux. L'orange et le rouge indiquent respectivement des eaux fortement à excessivement polluées.

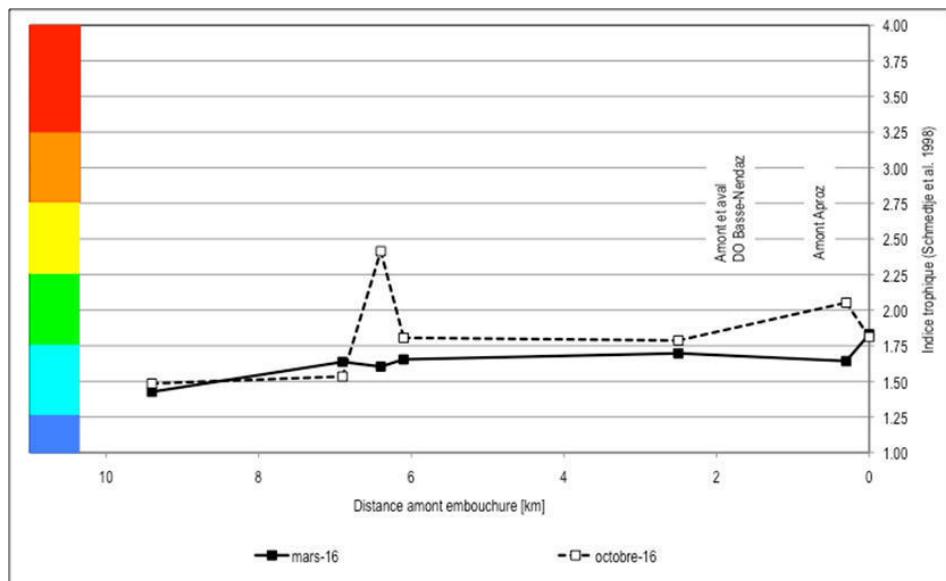
4.4.3. Niveaux trophiques et saprobique

Le Tableau 2 résume les qualités saprobiques et trophiques calculées à partir des assemblages de diatomées, en séparant les deux périodes de prélèvement pour mieux mettre en évidence les différences observées.

Tableau 2 : Indications de niveau saprobique et d'indice trophique des eaux de la Dala.

Stations	Saprobie	Trophie	Saprobie	Trophie
	Mars 2015	Mars 2016	Octobre 2015	Octobre 2016
DAL 09.4 – Amont Leukerbad	(I)-II	1.43	(I)-II	1.48
DAL 06.9 – Amont STEP ; aval gravière	II	1.64	II	1.53
DAL 06.4 – Aval STEP Leukerbad	II	1.60	II-(III)	2.41
DAL 06.1 – Aval prise d'eau	II	1.65	II	1.81
DAL 02.5 - Rumeling	II	1.70	(I)-II	1.79
DAL 00.3 – Amont usine électrique	II	1.64	II	2.05
DAL-all 00.3 - Embouchure	II	1.83	II	1.81

La quantité d'engrais présente dans les eaux est estimée à partir des peuplements de diatomées par le calcul de l'indice trophique selon SCHMEDTJE et al. 1998. Les valeurs de cet indice suivent la même tendance (Graphique 9) que les valeurs de DI-CH, mais comme d'habitude, elles donnent des indications à peine plus sévères. Ainsi en mars, les eaux seraient mésotrophes en amont pour devenir légèrement eutrophes tout en aval. En octobre, sous l'impact de la STEP de Leukerbad les eaux seraient eutrophes à polytrophes. Plus bas elles resteraient légèrement eutrophes, de manière plus marquée à l'aval de la STEP de Rumeling. Ces indications plus précises correspondent globalement aux indications partielles fournies par les algues macroscopiques.

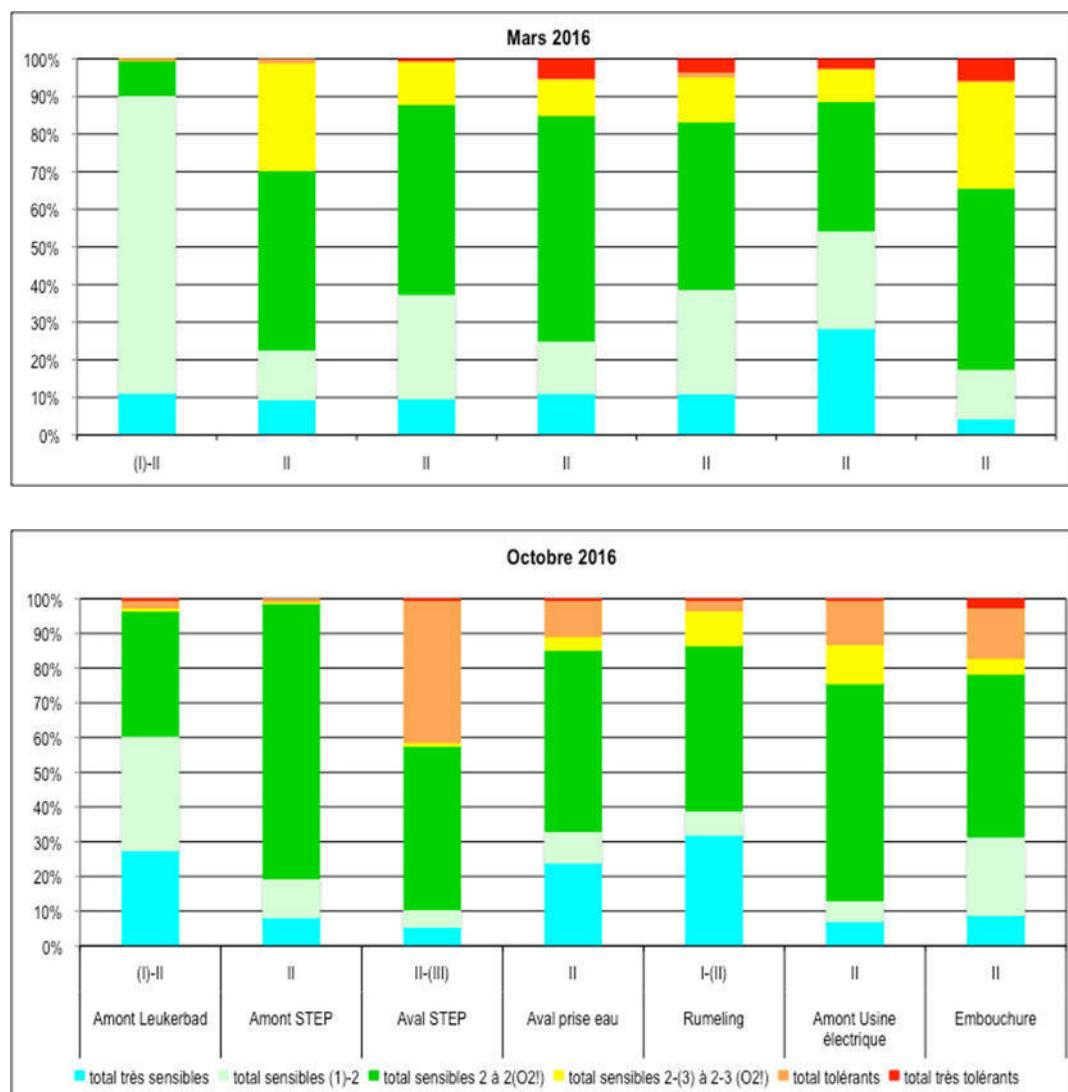


Graphique 9 : Distribution des valeurs de l'indice trophique d'amont en aval de la Dala. En regard : correspondance approximative avec les plages de couleur du Système modulaire gradué de la Confédération.

Le taux d'activité de décomposition (proportionnel au taux de matières oxydables – matières organiques et matières minérales réduites) est évalué par la méthode du diagnostic saprobique selon LANGE-BERTALOT.

Ces indications précisent le diagnostic fourni par les valeurs de DI-CH et de l'indice trophique (Graphique 10). En mars, une nette différence de composition des assemblages est visible entre l'amont de Leukerbad et l'aval de l'agglomération. Vu l'augmentation de la proportion des espèces les moins sensibles du groupe 2 (en jaune) on peut penser qu'un impact polluant a lieu déjà en amont de la STEP de Leukerbad. Cet impact est mieux visible sur cette composition des peuplements que sur les valeurs chiffrées des indices. Paradoxalement à l'aval de la STEP, la communauté reprend un peu de ses caractéristiques meilleures. Puis une légère dégradation se marque à l'aval de la prise d'eau. Progressivement les communautés s'enrichissent de nouveau en espèces plus sensibles, ce qui indique que l'oxydation et/ou la dilution fait légèrement baisser la charge organique. Tout en bas à l'embouchure cependant, la communauté indique que l'activité saprobique est de nouveau aussi importante qu'à l'aval de Leukerbad. Globalement par contre, si en amont de Leukerbad les eaux sont de très légère β -mésosaprobie, le long du reste du cours d'eau ces fluctuations restent dans le cadre de la pleine β -mésosaprobie, c'est à dire à un niveau qui satisfait les objectifs écologiques légaux.

En octobre, on voit que globalement les communautés sont plus fournies en espèces tolérantes (orange) ce qui indique que les charges organiques sont plus élevées qu'en mars (cela pourrait aussi provenir d'une certaine érosion liée aux crues). Cependant à l'aval de Leukerbad, mais d'une manière moins marquée qu'en mars, l'impact polluant semble se marquer par la réduction des espèces très sensibles. Cette fois ci, le déversement de la STEP de Leukerbad se marque particulièrement sur la communauté car près de 40% du peuplement est formé par des diatomées tolérantes. La charge saprobique de classe II-(III) de forte β -mésosaprobie ne correspond pas aux objectifs écologiques. Plus en aval, comme en mars, l'activité d'oxydation ou de dilution se marque par le regain d'espèces très sensibles et le recul des espèces tolérantes. A l'aval de la STEP de Rumeling, une légère dégradation est enregistrée, qui ne s'atténue que partiellement à l'embouchure.



Graphique 10 : Compositions des communautés de diatomées par groupes de résistance envers les matières oxydables d'amont en aval de la Dala lors des deux campagnes de prélèvements. Chiffres romains : classes de qualités saprobiques selon la notation de LIEBMANN 1958.

4.4.4. Conclusion sur la qualité biologique des eaux indiquée par les diatomées

En moyenne les eaux de la Dala semblent de très bonne à bonne qualité, mais la classification selon le DI-CH semble un peu optimiste. Dans l'ensemble les objectifs écologiques légaux sont satisfaits. Cependant un impact polluant semble avoir lieu déjà en amont de la STEP de Leukerbad, qui se marque mieux en mars qu'en octobre. L'impact des STEP de Leukerbad et de Rumeling se marque en octobre, d'avantage sur les valeurs du DI-CH et de l'indice trophique, que sur le niveau saprobique. En octobre la qualité de l'eau à l'aval de la STEP de Leukerbad ne correspond pas aux objectifs écologiques légaux, alors qu'en mars ils semblent satisfaits d'après les indices. Or le fort taux de formes tétratologiques trouvé en mars, suggère tout de même que les rejets induisent une certaine toxicité de l'eau.

ANHANG 5 :

**PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU MACROZOOBENTHOS
EFFECTUÉE SUR LE BASSIN VERSANT DE LA DALA EN 2016 ;**

Résultats détaillés, voir **BD-Hydrobio**

5. MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES ET QUALITÉ BIOLOGIQUE DE LA DALA

Les résultats des analyses biologiques figurent dans la base de données du canton « BD-hydrobio ». La qualité des stations d'après les notes IBCH et les indices diatomiques est représentée dans la Figure 3 du rapport principal.

5.1. Substrats

La diversité des substrats rencontrés sur les stations de la Dala est **bonne**, et ils sont tous bien colonisés par la faune benthique. Sur les 10 types de substrats théoriques, les stations en possèdent 6 à 7 (Tableau 1), majoritairement minéraux. Les substrats organiques sont toutefois représentés par des pellicules fines plus ou moins organiques (« vases ») dans toutes les stations, et par de rares litières observées surtout en mars. Aucune bryophyte immergée n'a été observée. A noter la présence d'algues filamenteuses sur toutes les stations, généralement en faible quantité. Un ensablement modéré a été relevé dans la grande majorité des stations.

Des flocs organiques ont été constatés en mars dans la station située directement en aval de la STEP de Leukerbad, (DAL 06.4), provoquant localement un colmatage des substrats.

Des déchets d'eaux usées (articles hygiéniques en mars, papier WC en octobre) ont été observés sur la station en aval de la gravière (DAL 06.9). Une variation de la turbidité a été constaté sur cette station, sans doute en relation avec le déblayage de la neige.

Tableau 1 : Diversité et qualité des substrats rencontrés aux différentes stations de la Dala.

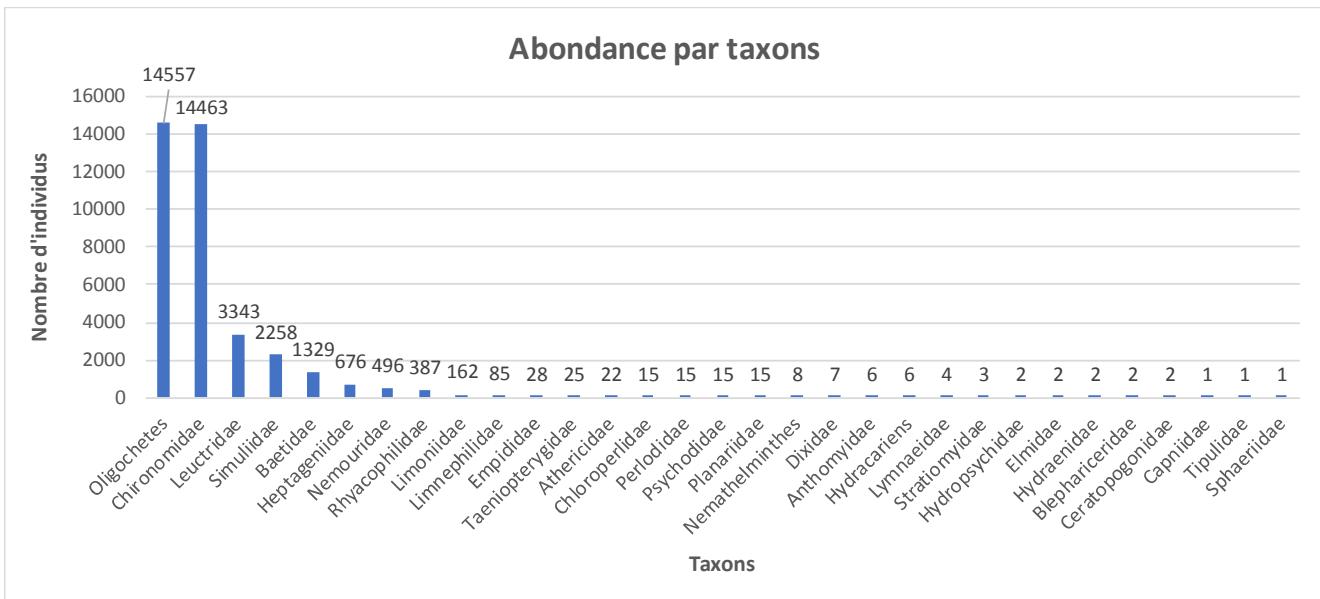
Stations	Nombre de substrats		Substrat dominant	Remarques
	Mars	Oct.		
DAL 09.4	7	7	cailloux, galets	Rares algues filamenteuses vertes en mars.
DAL 06.9	7	6	blocs en mars cailloux, galets en octobre	Fonds ensablés en octobre. Très rares algues filamenteuses en mars. Flocons de papier WC isolés en octobre.
DAL 06.4	7	7	cailloux, galets	Fonds en partie colmatés par floc (boues de STEP) en mars. Très rares algues filamenteuses.
DAL 06.1	6	6	graviers	Fonds ensablés. Très rares algues filamenteuses en mars.
DAL 02.5	7	6	graviers	Fonds ensablés. rare algues filamenteuses vertes.
DAL 00.3	7	7	cailloux, galets	Fonds légèrement ensablés. Présence d'algues filamenteuses rouges et vertes en mars, devenant rares en octobre.
DAL-all 00.3 DAL 00.1	7	7	cailloux, galets graviers	Fonds légèrement ensablés sur les 2 stations. Rares algues filamenteuses rouges et vertes (DAL 00.1).

5.2. Faune benthique échantillonnée

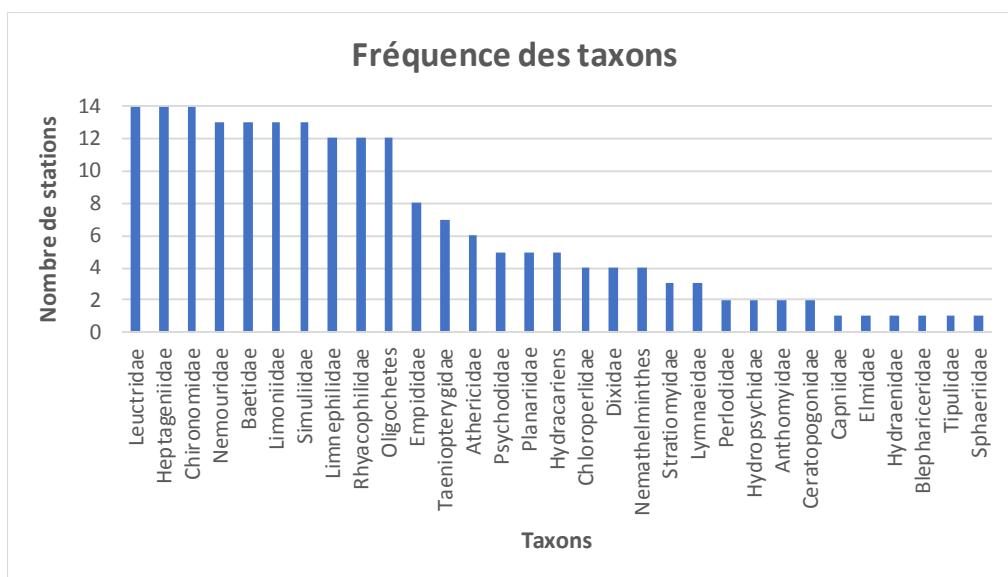
5.2.1. Composition faunistique du peuplement benthique

Abondance Tous les taxons recensés ne se rencontrent pas systématiquement dans chaque station. Les répartitions et les abondances sont liées aux variations spatiales ou saisonnières (cf. liste faunistique détaillée dans le Tableau 2).

Le Graphique 1 présente l'abondance des différents taxons dans la Dala (toutes stations et campagnes confondues) ; le Graphique 2, le nombre de stations dans lesquelles les taxons ont été observés (toutes campagnes confondues).



Graphique 1 : Nombre total d'individus recensés par taxon dans les stations étudiées de la Dala en mars et octobre 2016, du plus abondant au moins abondant.



Graphique 2 : Nombre de stations du bassin versant de la Dala dans lesquelles chaque taxon a été rencontré en mars et/ou en octobre 2016.

Les 10 taxons les plus abondants (> 80 individus par taxon ; Graphique 1) sont présents dans toutes les stations (Graphique 2), au moins pour une des 2 campagnes.

Il s'agit de groupes généralement ubiquistes, s'adaptant facilement aux variations des paramètres biotiques et abiotiques du milieu, bien que certains soient plus exigeants (Leuctridae, Nemouridae). Ces taxons ont été recensés dans la plupart des rivières valaisannes étudiées jusqu'à présent.

L'abondance élevée des Oligochètes et des Chironomidae ($> 14'000$ individus) s'explique par leur prolifération en mars aux stations DAL 06.9, DAL 06.4 (aval STEP de Leukerbad), et DAL 06.1 ($> 1'500$ ind.).

Parmi les taxons du groupe indicateur le plus élevé (GI 9), seuls les Taeniopterygidae (présents dans 5 stations) sont bien répandus sur la majeure partie du linéaire de la Dala. Les Perlodidae et les Chloroperlidae n'ont été observés que dans une minorité des stations (présents respectivement dans 2 et 3 stations). Aucun Perlidae n'a été observé.

Certains taxons, relativement peu fréquents dans les prélèvements IBCH des rivières en Valais, ont été recensés dans la Dala : les Capniidae, Hydropsychidae, Anthomyiidae, Ceratopogonidae, Ceratopogonidae, Dixidae, Stratiomyidae, Sphaeridae, Lymnaeidae.

5.2.2. Variations spatiales

L'abondance de certains taxons largement rependus dans la Dala diminue d'amont en aval : les Chloroperlidae, Nemouridae, Taeniopterygidae. A l'inverse, l'abondance des Limnephilidae augmente d'amont en aval. Les Psychodidae ne sont présents qu'à l'amont, les Hydropsychidae qu'à l'aval. Six taxons n'ont été observés que dans une seule station : les Capniidae, Elmidae, Hydraenidae, Blephariceridae, Tipulidae, Sphaeriidae.

5.2.3. Variations temporelles

Deux taxons sont systématiquement plus abondants en mars qu'en octobre : les Baetidae et les Limoniidae. C'est également le cas des Leuctridae, si l'on excepte la station aval DAL-all 00.3.

Tableau 2 : Faune benthique recensée dans le bassin versant de la Dala en mars et octobre 2016.

Station	DAL 09.4		DAL 06.9		DAL 06.4		DAL 06.1		DAL 02.5		DAL 00.3		DAL-all 00.3/ DAL 00.1	
	Leukerbad amont		Aval gravière		Aval STEP		Aval prise d'eau Güsät		Rumeling		Amont usine électrique		Amont embouchure	
Date (2016)	16.03	16.10	16.03	16.10	16.03	16.10	16.03	16.10	16.03	16.10	16.03	16.10	16.03	16.10
PLECOPTERES														
Capniidae								1						
Chloroperlidae	8	4		1							2			
Leuctridae	432	216	205	48	1063	207	76	5	163	46	250	103	129	400
Nemouridae	209	97	68	11	15	24	12		16	7	6	10	8	13
Perlodidae		14											1	
Taeniopterygidae	2	16		1						1	1	1		3
TRICOPTERES														
Hydropsychidae								1		1				
Limnephilidae	5	9	2			3	1	1	4	14	15	4	7	20
Rhyacophilidae	91	32	17	18	16	26			37	33	51	31	5	30
EPHEMEROPTERES														
Baetidae	273	28	82	1	233	1	80		63	57	165	46	223	77
Heptageniidae	118	97	122	12	58	18	27	3	27	40	28	39	4	83
COLEOPTERES														
Elmidae													2	
Hydraenidae											2			
DIPTERES														
Anthomyiidae						1							5	
Athericidae	9		1	2	4	1			4					
Blephariceridae									2					
Ceratopogonidae	1								1					
Chironomidae	167	74	6382	44	2798	420	2476	33	316	290	78	433	289	663
Dixidae							1			1		1		4
Empididae	15	1	4		1	1		2	1			3		
Limoniidae	20	18	33	14	26	12	3	1	14	3	8		8	2
Psychodidae	3	2	1	5		4								
Simuliidae	16		89	2	406	163	118	7	124	21	87	151	289	785
Stratiomyidae		1				1								1
Tipulidae											1			
BIVALVES														
Sphaeriidae						1								
GASTERPODES														
Lymnaeidae					2	1			1					
TRICLADES														
Planariidae	2	3			8	1	1							
AUTRES TAXONS														
Oligochetes		2	4614	2	8380	42	1507	1	3		1	1	1	3
Nemathelminthes					3	2	2						1	
Hydracariens				1		1	2				1			1

Station	DAL 09.4		DAL 06.9		DAL 06.4		DAL 06.1		DAL 02.5		DAL 00.3		DAL-all 00.3/ DAL 00.1
	Leukerbad amont	Aval gravière	Aval STEP	Aval prise d'eau Güsät	Rumeling	Amont usine électrique	Amont embouchure						
Date (2016)	16.03	16.10	16.03	16.10	16.03	16.10	16.03	16.10	16.03	16.10	16.03	16.10	16.03
Nb total d'individus	1371	614	11620	162	13013	930	4306	54	777	513	694	826	965
Groupe Indicateur - GI	9	9	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	9
Taxon Indicateur	Chloroperlidae	Chloroperlidae	Leuctridae	Leuctridae	Leuctridae	Leuctridae	Leuctridae	Leuctridae	Leuctridae	Leuctridae	Leuctridae	Leuctridae	Taeniopterygidae
Diversité	16	16	13	14	14	20	13	9	16	11	14	14	12
Note IBCH	13	13	11	11	11	12	11	9	11	10	11	11	10
Qualité selon norme IBCH	Satisfaisant	Satisfaisant	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Satisfaisant

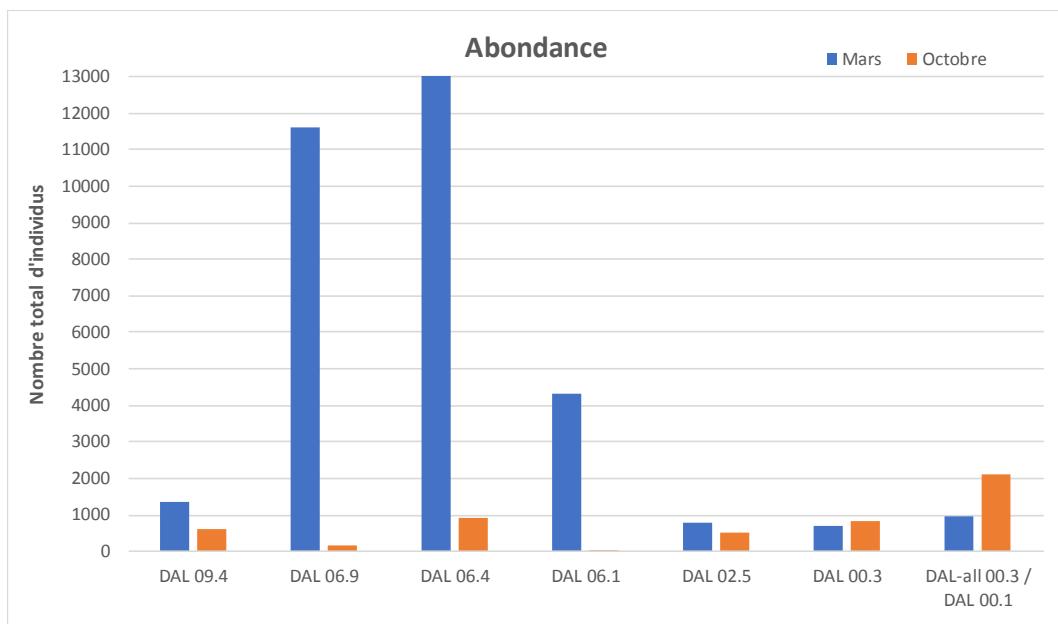
5.3. Résultats liés à l'indice biologique suisse (IBCH)

5.3.1. Abondance totale

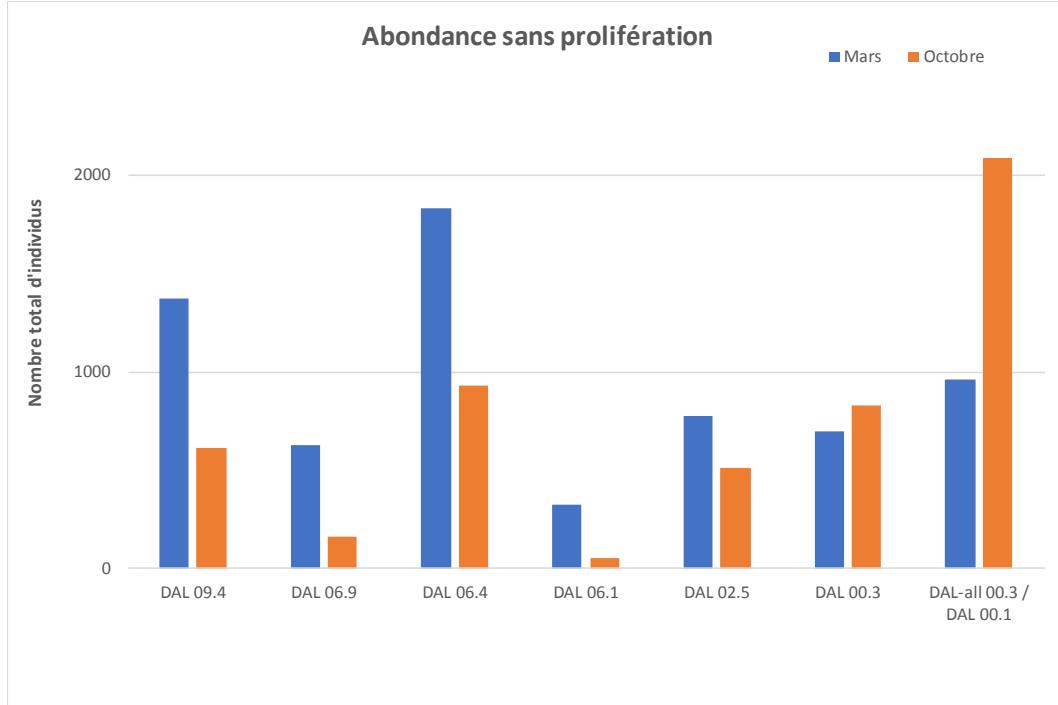
Le nombre total d'individus par station (cf. Tableau 2 et Graphique 3) varie entre 13'000 (DAL 06.4 en mars) et 54 (DAL 06.1 en octobre).

L'abondance moyenne sur l'ensemble des stations est de **2'710** individus. Elle est largement supérieure à l'abondance moyenne des affluents du Rhône (1'200 individus toutes campagnes confondues selon BERNARD et al, 1994). Toutefois, cette moyenne est fortement augmentée par les proliférations des Oligochètes et des Chironomidae en mars aux stations DAL 06.9, DAL 06.4, et DAL 06.1 (voir paragraphe 5.2.1). Si l'on ne tient pas compte de ces proliférations, la moyenne se rapproche de 850 individus, ce qui correspond à une abondance moyenne inférieure à celle des affluents du Rhône. Seules les 2 stations aval abritaient une faune benthique plus abondante en octobre.

La faune benthique était largement plus abondante en mars (86% des individus récoltés) qu'en octobre (14%). Ici encore, les proliférations évoquées ci-dessus, bien visibles sur le Graphique 3, jouent un rôle primordial. Si on élimine les Oligochètes et des Chironomidae (Graphique 4), la différence s'estompe entre les 2 périodes de prélèvement (56% en mars, 44% en octobre).



Graphique 3 : Abondance de la faune benthique au niveau de chaque station dans le bassin versant de la Dala en mars et octobre 2016.



Graphique 4 : Abondance de la faune benthique au niveau de chaque station dans le bassin versant de la Dala en mars et octobre 2016, sans tenir compte des prolifération des Chironomes et Oligochètes.

5.3.2. Abondance (nombre d'individus) par taxon

Afin d'intégrer la fréquence habituelle des taxons, la DIREN Rhône-Alpes en France a proposé une échelle d'abondance qui tient compte des **différences naturelles**¹ (Agence de l'Eau, 2000). Le

Tableau 3 met en évidence les taxons aux abondances « élevées » et « très élevées » (classes 3 et 4). Deux remarques peuvent être faites :

- Certains taxons sont abondants à très abondants dans la plupart des stations (minimum 6 stations) : Leuctridae, Rhyacophilidae, Heptageniidae, Chironomidae, Limoniidae, Simuliidae.
- D'autres sont très abondants seulement ponctuellement (maximum 3 stations) : Nemouridae, Perlodidae, Oligochètes.

Tableau 3 : Taxons les plus abondants dans le bassin versant de la Dala en mars et octobre 2016 selon les critères de fréquences proposés par l'Agence de l'Eau (2000).

Station	DAL 09.4	DAL 06.9	DAL 06.4	DAL 06.1	DAL 02.5	DAL 00.3	DAL-all 00.3 / DAL 00.1
Date	16.03.2016	16.10.2016	16.03.2016	16.10.2016	16.03.2016	16.10.2016	16.03.2016
PLECOPTERES							
Chloroperlidae	+						
Leuctridae	++	++	++	+	++	++	++
Nemouridae	++	++	++		+		
Perlodidae		++					
TRICOPTERES							
Rhyacophilidae	++	++	++	++	++	++	++
EPHEMEROPTERES							
Baetidae	+		+	+	+		+
Heptageniidae	++	++	++		+	+	+
DIPTERES							
Chironomidae	+	+	++		++	+	+
Limoniidae	++	++	++	++	++	++	+
Simuliidae			++		++	+	++
AUTRES TAXONS							
Oligochetes			++	++	++		

+ abondance élevée ; ++ abondance très élevée ;

■ les cases en grisé indiquent des abondances extrêmement élevées (> 1'000 ind. considérés comme une prolifération).

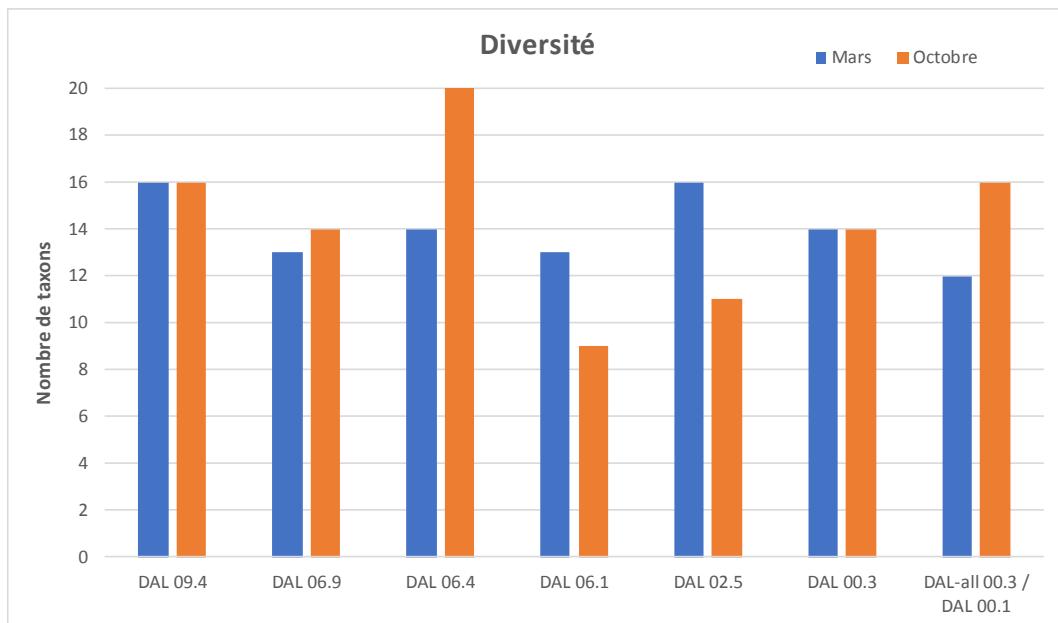
¹ Certains taxons étant toujours naturellement mieux représentés que d'autres, des classes spécifiques ont été établies ; p. ex. pour atteindre la classe maximale 4, il faudra 9 individus pour les Perlodidae ou Perlidae, 65 individus pour les Taeniopterygidae ou Leuctridae et 513 individus pour les Baetidae ou Chironomidae.

5.3.3. Diversité taxonomique (nombre de taxons) d'après la méthode utilisée

La diversité taxonomique (niveau famille) des stations (cf. Tableau 2 et Graphique 5) varie entre 9 (DAL 06.1 en octobre) et 20 (DAL 06.4 en octobre). **La diversité moyenne globale** est de **14.1 taxons** sur les 2 campagnes, et elle est quasiment identique entre mars (14.0) et octobre (14.3).

Aucune tendance significative de la diversité d'amont en aval n'est observée sur la Dala.

Un total de **31 taxons** a été recensé dans la Dala lors des deux campagnes. Pour comparaison, le nombre total de taxons recensés lors des études précédentes (pour les 2 campagnes) est le suivant : 34 pour la Printse (2015-2016), 28 pour la Turtmänna (2015), 28 pour la Liène (2014), 37 pour le bassin versant de la Vièze (2012-2013), 32 pour la Borgne (2011), 37 pour la Navisence (2009-2010), 36 pour la Sionne (2006-2007), 25 dans la Dranse de Ferret (2005-2006), 27 pour le Trient (2003-2004) et 33 dans la Fare (2002-2003). La Dala se situe donc légèrement en dessous de la moyenne des bassins versants valaisans en termes de diversité taxonomique (niveau famille).



Graphique 5 : Diversité de la faune benthique à chaque station dans le bassin versant de la Dala en mars et octobre 2016.

Groupe indicateur (GI) Le groupe indicateur maximal (cf. Tableau 2 et Graphique 6) de ^{9²} (Chloroperlidae, Perlidae, Perlodidae, Taeniopterygidae) n'est observé que dans la station amont, ainsi que dans la station aval DAL 00.1 en octobre. A noter que des individus du GI 9 ont été observés aux stations DAL 06.9, DAL 02.5, et DAL 00.3, mais en nombre insuffisant pour

² Pour qu'un taxon du GI 9 soit retenu, il faut qu'il soit représenté par au moins 3 individus.

être retenus comme GI.

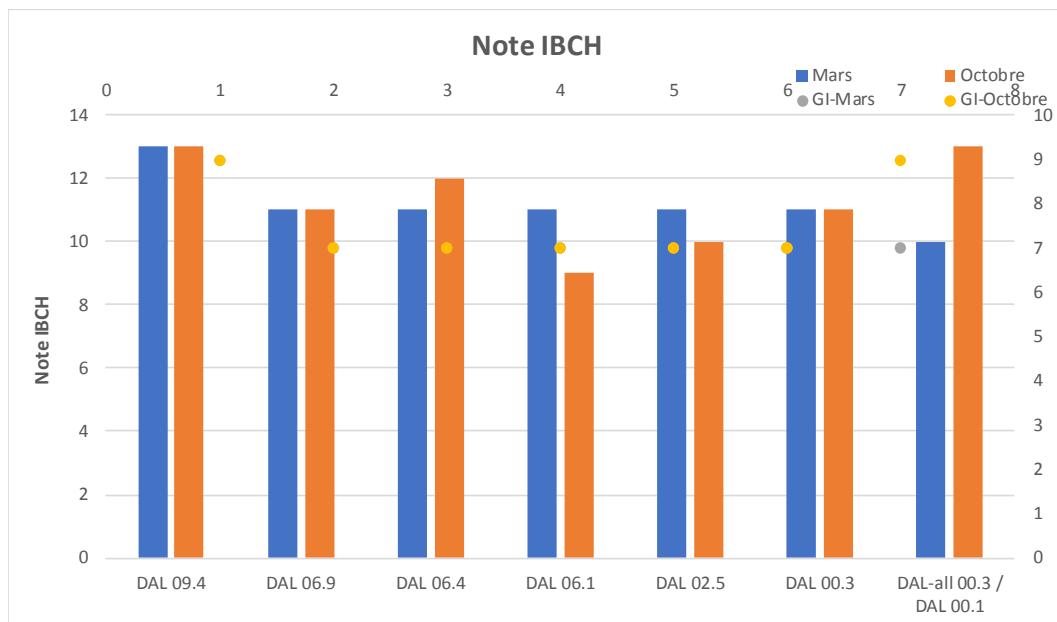
Note IBCH Les stations tout en amont et en aval DAL 09.4 (mars et octobre) et DAL 00.1 (octobre) présentent une **qualité satisfaisante**. Les autres stations montrent une **qualité moyenne**, tant en mars qu'en octobre.

Les notes IBCH (cf. Tableau 2 et Graphique 6) varient entre 9 (qualité moyenne ; DAL 06.1 en octobre) et 13 (qualité satisfaisante ; DAL 09.4 en mars et octobre, DAL 00.1 en octobre). **La moyenne globale des notes IBCH** est de **11.2** ; elle est similaire en mars (11.1) et en octobre (11.3).

Pour une même station, les notes IBCH présentent un écart maximal de 1 point entre mars et octobre, sauf pour la station DAL 06.1 en aval de la prise de Güsat, dont la note passe de 11 à 9, et pour la station aval qui n'a pas été échantillonnée exactement au même endroit (DAL-all 00.3 et DAL 00.1 avec une note, respectivement de 10 et 13).

Pour comparaison, la moyenne des notes IBCH/IBGN obtenue lors des études précédentes (moyenne des 2 campagnes) est la suivante : 14.1 pour le bassin versant de la Printse (2015-2016), 14.3 pour la Turtmänna (2014-2015), 12.1 pour la Lienne (2014), 13.7 pour la Vièze (2012-2013), 12.4 pour la Borgne (2011), 12.9 pour la Navisence (2009-2010), 14.0 pour la Sionne (2006-2007), 12.0 dans la Dranse de Ferret (2005-2006), 11.9 pour le Trient (2003-2004), et 13.8 dans la Fare (2002-2003).

La Dala est donc le bassin versant qui présente la plus faible qualité de cette liste.



Graphique 6 : Notes IBCH (histogrammes) et GI (symboles) obtenus pour chaque station dans le bassin versant de la Dala en mars et octobre 2016.

ANHANG 6 :

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS PAR STATION

DAL 09.4 - Leukerbad amont		Mars 2016	Octobre 2016
DONNÉES DE LA STATION	Altitude	1475 m.	
	Généralités	Fait office de station de référence (peu d'impacts anthropiques).	
	Écomorphologie	Berges partiellement aménagées (enrochements avec localement berge atypique), mais caractéristiques naturelles du lit. Variabilité de la profondeur limitée en mars (faible débit) ; variabilité prononcée de la largeur et de la profondeur en octobre. 2 seuils artificiels en amont et en aval de la station.	
	Aspect général	Aucune atteinte.	
	Hydrologie	Débit naturel, étiage en mars.	
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION	Physico-chimie et Bactériologie	Très bonne qualité. Très bonne qualité en mars et octobre, bonne à très bonne qualité en août.	 
	Diatomées et DI-CH (mars / octobre)	Densité (millions de cellules/cm ²): forte (2.74) / réduite (0.46) ; Etat : bon, taux de fragmentation faible (32.4 / 35.1%), téraplage non significative de nuisance ; Communauté : largement dominée par l'espèce pionnière sensible <i>Achnanthidium pyrenaicum</i> (78.9%) / dominée par les espèces pionnières sensibles <i>A. pyrenaicum</i> (31.9%) et <i>A. minutissimum</i> (24.7%) ; Biodiversité spécifique (taxons dominants) : faible (15) / normale (26) ; Légère valeur patrimoniale du peuplement ; DI-CH : excellente qualité (1.33) / très bonne qualité (1.71) ; indice trophique : très bonne qualité (1.43 / 1.48, oligo-mésotrophe) ; indice saprobique : très bonne qualité (oligo à β-mésosaprobe).	 
	Algues macroscopiques	Soubassement d'algues bleues sur les galets en bon état en mars et érodé en octobre. Touffes bien développées d' <i>Ulothrix tenuissima</i> en mars, aucune algue en octobre.	
	Macroinvertébrés et IBCH	En mars, l'abondance de la faune benthique est « bien représentée » (environ 1'400 individus). Le peuplement est dominé par les Leuctridae (32%), les Baetidae (20%) et les Nemouridae (15%). En octobre, l'abondance de la faune benthique est « modérée » (environ 600 individus). Le peuplement est dominé par les Leuctridae (35%), les Nemouridae (16%) et les Heptageniidae (16%). Aussi bien en mars qu'en octobre, la diversité taxonomique est assez bonne (16 taxons), et la famille des Chloroperlidae est retenue comme taxon indicateur (GI maximal de 9), avec une note IBCH satisfaisante de 13. La note IBCH indique une bonne qualité sur cette station de référence, avec une note qui n'est toutefois pas aussi élevée que ce qui pourrait être espérée, du fait des conditions naturelles peu favorables.	13 13
	Objectifs légaux et qualité globale	Atteints pour tous les indicateurs. Bonne à très bonne qualité de l'eau et du milieu.	 

DAL 09.4 - Leukerbad amont	Mars 2016	Octobre 2016
<i>MESURE(S) D'AMÉLIORATION ET DE GESTION</i>	Maintien de la surveillance (monitoring de la qualité du milieu).	

DAL 06.9 - Amont STEP, aval Gravière		Mars 2016	Octobre 2016
DONNÉES DE LA STATION	Altitude 1290 m		
	Généralités En aval de Leukerbad ; gravière directement en amont de la station.		
	Écomorphologie Berges totalement aménagées (enrochements). Variabilité limitée de la largeur et de la profondeur du lit. Forte érosion des berges. Impression d'incision du lit.		
	Aspect général Turbidité provoquée par le déblayage de la neige en mars. Quelques déchets provenant de l'évacuation des eaux (papier WC) en octobre.		
	Hydrologie Débit naturel. Etiage en mars.		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION	Physico-chimie et Bactériologie Très bonne qualité. qualité moyenne à bonne.		
	Diatomées et DI-CH Densité (millions de cellules/cm ²): très forte (16.22) / moyenne (1.69) ; Etat : bon, taux de fragmentation assez faible (44.3 / 44.2%), aucune forme tématologique ; Communauté : légèrement dominée par les espèces pionnières sensibles <i>Achnanthidium pyrenaicum</i> (13.2%) et <i>A. minutissimum</i> (7.8%), et par l'espèce plus stable moyenement sensible <i>Nitzschia fonticola</i> (28.6%) et 3 espèces sensibles du genre <i>Encyonema</i> (38.2%) / dominée par les espèces pionnières sensibles <i>A. minutissimum</i> (47.8%) et <i>A. pyrenaicum</i> (11.2%) et par l'espèce sensible <i>Encyonema minutum</i> (23.7%) ; Biodiversité spécifique (taxons dominants) : faible (16 / 17) ; Valeur patrimoniale réduite du peuplement ; DI-CH : très bonne qualité (2.39 / 2.09) ; indice trophique : très bonne qualité (1.64 / 1.53, oligo-mésotrophe) ; indice saprobique : bonne qualité (β -mésosaprobe).		
	Algues macroscopiques Soubassement d'algues bleues sur les galets en bon état en mars, érodé en octobre. Touffes isolées d' <i>Ulothrix zonata</i> en mars, aucune algue en octobre.		
	Macroinvertébrés et IBCH En mars, l'abondance élevée de la faune benthique correspond à une « prolifération » (environ 11'500 individus avec plus de 6'000 Chironomes et plus de 4'000 Oligochètes). Le peuplement est fortement dominé par ces 2 groupes : Chironomidae (55%) et Oligochètes (40%). En octobre, l'abondance de la faune benthique est « faible » (environ 160 individus). Le peuplement est dominé par les Leuctridae (30%) et les Chironomidae (27%). Aussi bien pour mars que pour octobre, la diversité taxonomique est assez bonne (13 taxons en mars, 14 taxons en octobre), et la famille des Leuctridae est retenue comme taxon indicateur (GI 7), avec une note IBCH de 11 (qualité moyenne). A noter la présence de 2 individus du GI 9 en octobre, en nombre insuffisant pour être retenus comme GI.	11	11

	<p>Objectifs légaux et qualité globale</p> <p>Non atteints pour les IBCH.</p> <p>La qualité de l'eau (physico-chimie et diatomées) est globalement bonne, bien que contaminée en bactéries (notamment <i>E. coli</i>).</p> <p>Plusieurs paramètres de la qualité du milieu (IBCH moyens, présence de déchets d'eaux usées, concentration trop élevée en <i>E. coli</i>), suggèrent des apports d'eaux usées provenant de la station de Leukerbad (station fortement touristique).</p>		
MESURE(S) D'AMÉLIORATION ET DE GESTION	Recherche de l'origine des sources de pollution (mauvais raccordement, déversement d'un ouvrage du réseau d'assainissement, etc.), mise en place de mesures correctives.		

DAL 06.4 - Aval STEP		Mars 2016	Octobre 2016
DONNÉES DE LA STATION	Altitude	1280 m	
	Généralités	STEP de Leukerbad directement en amont de la station.	
	Écomorphologie	Berges en partie aménagées (enrochements). Variabilité limitée de la largeur et de la profondeur du lit. Incision du lit, berges érodées.	
	Aspect général	En mars, matières organiques (boues de STEP) colmatant localement les substrats et odeur de STEP.	
	Hydrologie	Débit naturel. Etiage en mars.	
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION	Physico-chimie et Bactériologie	Qualité mauvaise (Ptot) et médiocre (NH_4^+) en mars. Qualité mauvaise à moyenne en mars, médiocre à moyenne en août, moyenne en octobre.	 Ptot, <i>E. coli</i>  <i>E. coli</i>
	Diatomées et DI-CH	Densité (millions de cellules/cm ²): moyenne (1.98) / réduite (0.89) ; Etat : taux de fragmentation un peu élevé (58.4%), formes tétratologiques potentiellement significative d'une toxicité / moyen (45.5%), aucune forme tétratologique ; Communauté : dominée par les espèces pionnières sensibles <i>Achnanthidium pyrenaicum</i> (25.8%) et <i>A. minutissimum</i> (25.6%), par l'espèce plus stable moyennement sensible <i>Nitzschia fonticola</i> (11.5%), et par l'espèce sensible <i>Encyonema minutum</i> (21.5%) / dominée par l'espèce pionnière sensible <i>A. minutissimum</i> (39.4%), et par l'espèce très résistante <i>Fistulifera saprophila</i> (35.6%), accompagnée de 7 autres espèces typiques de pollutions organiques Biodiversité spécifique (taxons dominants) : faible (15) / normale (28) ; Légère valeur patrimoniale du peuplement ; DI-CH : très bonne qualité (1.93) / qualité moyenne (4.79) ; indice trophique : très bonne qualité (1.60, oligo-mésotrophe) / qualité moyenne (2.41, eu.- à polytrophe) ; indice saprobique : bonne qualité (β -mésosaprobe) / qualité moyenne (fortement β -mésosaprobe).	  DI-CH trophe saprobie
	Algues macroscopiques	Soubassement d'algues bleues sur les galets en bon état en mars, érodé en octobre. Touffes isolées d' <i>Ulothrix tenuissima</i> en permanence.	
	Macroinvertébrés et IBCH	En mars, l'abondance de la faune benthique correspond à une « prolifération » (environ 13'000 individus avec plus de 8'000 Oligochètes et plus de 2'500 Chironomes). Le peuplement est fortement dominé par ces 2 groupes : Oligochètes (64%) et Chironomidae (22%). La diversité taxonomique est assez bonne (14 taxons), et la famille des Leuctridae est retenue comme taxon indicateur (GI 7), avec une note IBCH de 11 (qualité moyenne). En octobre, l'abondance de la faune benthique est « modérée » (environ 900 individus). Le peuplement est dominé par les Chironomidae (45%), les Leuctridae (22%) et les Simuliidae (18%). La diversité taxonomique est bonne (20 taxons), et la famille des Leuctridae est retenue comme taxon indicateur (GI 7), avec une note IBCH de 12 (qualité moyenne).	 11  12

	<p>Objectifs légaux et qualité globale</p> <p>Non atteints pour la physico-chimie en mars, les indices diatomiques en octobre, et les IBCH.</p> <p>Les importantes atteintes à la qualité de l'eau (physico-chimie, bactériologie et indices diatomiques) et du milieu (boues de STEP et IBCH) indiquent un impact évident des effluents de la STEP de Leukerbad sur le milieu récepteur, qui s'ajoute à ceux identifiés sur la station directement en amont.</p>		
<p>MESURE(S) D'AMÉLIORATION ET DE GESTION</p>	<p>Contrôle et amélioration des installations de la STEP de Leukerbad (concentrations en sortie et rendement). Sans doute problème de rapport de débit en hiver entre les effluents de la STEP et le débit d'étiage.</p>		

DAL 06.1 - Aval prise d'eau Güsat		Mars 2016	Octobre 2016
DONNÉES DE LA STATION	Altitude	1250 m	
	Généralités	Prise d'eau pour l'usine hydroélectrique de KW Dala directement en amont.	
	Écomorphologie	Naturelle. Variabilité de la profondeur limitée en mars (débit faible). Variabilité prononcée de la largeur et de la profondeur du lit en octobre (débit naturel car prise ouverte depuis 1 semaine pour contrôler l'état des conduites forcées).	
	Aspect général	Léger ensablement des substrats en mars et octobre.	
	Hydrologie	Débit résiduel (dotation :100 l/s). Prise d'eau hors-service en octobre (débit naturel).	
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION	Physico-chimie et Bactériologie	Bonne à très bonne qualité. Qualité mauvaise à médiocre en mars, médiocre à moyenne en août et octobre.	 germes totaux  entéro-coques
	Diatomées et DI-CH	Densité (millions de cellules/cm ²): moyenne (1.46) / très faible (0.05) ; Etat : taux de fragmentation un peu élevé (52.1%, formes tératologiques potentiellement significative d'une toxicité / taux de fragmentation un peu élevé (53.7%), très faible tératologie ; Communauté : dominée par les espèces pionnières sensibles <i>Achnanthidium minutissimum</i> (30.3%) et <i>A. pyrenaicum</i> (13.3%), par l'espèce plus stable moyennement sensible <i>Nitzschia fonticola</i> (9.0%), et l'espèce sensible <i>Encyonema minutum</i> (23.8%) / dominée par les espèces pionnières sensibles <i>A. minutissimum</i> (35.8%) et <i>A. lineare</i> (14.1%), par l'espèce sensible <i>Encyonema minutum</i> (9.2%), et par l'espèce résistante <i>Fistulifera saprophila</i> (5.6%). Biodiversité spécifique (taxons dominants) : normale (23 / 34) ; Valeur patrimoniale réduite du peuplement ; DI-CH : très bonne qualité (2.48 / 2.16) ; indice trophique : très bonne qualité (1.65, oligo-mésotrophe) / bonne qualité (1.81, eutrophe) ; indice saprobique : bonne qualité (β-mésosaprobe).	 
	Algues macroscopiques	Soubassement d'algues bleues des galets érodé en permanence. En mars touffes isolées d' <i>Ulothrix zonata</i> . Aucune algue visible à l'œil nu en octobre.	
	Macroinvertébrés et IBCH	En mars, l'abondance de la faune benthique est « élevée » (environ 4'300 individus avec près de 2'500 Chironomes et 1'500 Oligochètes). Le peuplement est fortement dominé par ces 2 groupes : Chironomidae (58%) et Oligochètes (40%). La diversité taxonomique est assez bonne (13 taxons), et la famille des Leuctridae est retenue comme taxon indicateur (GI 7), avec une note IBCH de 11 (qualité moyenne). En octobre, l'abondance de la faune benthique est très « faible » (env. 50 ind). Il est toutefois probable que les substrats prélevés soient en eau depuis peu avec l'ouverture de la prise. Le peuplement est dominé par les Chironomidae (61%). La diversité taxonomique est faible (9 taxons), et les Leuctridae sont retenus comme taxon indicateur (GI 7) ; note IBCH de 9 (qualité moyenne).	11  9 

	<p>Objectifs légaux et qualité globale</p> <p>Non atteints pour les IBCH.</p> <p>L'amélioration de la qualité physico-chimique et des indices diatomiques par rapport à la station située directement en amont s'expliquent par un phénomène d'autoépuration et peut-être par une légère dilution (apports latéraux). Toutefois, les impacts détectés sur les 2 stations plus en amont (dus aux rejets d'eaux usées dans la station de Leukerbad et à la STEP) se marquent encore nettement sur la bactériologie (concentration élevée en <i>E. coli</i>), et vraisemblablement aussi sur les IBCH. A noter toutefois que la qualité moyenne donnée par les IBCH peut également s'expliquer par les conditions naturellement difficiles de la Dala (régime glaciaire, pente élevée, crues fréquentes, substrats mobiles, etc.) qui limitent la colonisation du cours d'eau par les macroinvertébrés, notamment les familles plus sensibles.</p> <p>Aucun impact de la prise d'eau de Güsat n'est clairement mis en évidence.</p>		
<p>MESURE(S) D'AMÉLIORATION ET DE GESTION</p>		Voir mesures d'amélioration et de gestion préconisées aux stations DAL 06.9 et DAL 06.4.	

DAL 02.5 - Rumeling		Mars 2016	Octobre 2016
DONNÉES DE LA STATION	<p>Altitude 840 m</p> <p>Généralités Station localisée dans une zone plus plate au sein de 2 gorges successives. Mini-STEP de Rumeling en aval de la station.</p> <p>Écomorphologie Naturelle. Variabilité prononcée de la largeur et de la profondeur du lit.</p> <p>Aspect général Ensablement des substrats.</p> <p>Hydrologie Débit résiduel (dotation : 100 l/s + apports latéraux). Prise d'eau hors-service en octobre (débit naturel). Fort débit en octobre (pluies).</p>		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION	<p>Physico-chimie et Bactériologie Bonne à très bonne qualité. Qualité moyenne à très bonne en mars et août, médiocre à moyenne en octobre.</p> <p>Diatomées et DI-CH Densité (millions de cellules/cm²): bien développée (2.69) / moyenne (1.14) ; Etat : bon, taux de fragmentation bas (35.3%), formes tératologiques non significative d'une toxicité / taux de fragmentation un peu élevé (52.5%), aucune forme tératologique ; Communauté : dominée par les espèces pionnières sensibles <i>Achnanthidium pyrenaicum</i> (26.9%) et <i>A. minutissimum</i> (16.8%), et par l'espèce plus stable sensible <i>Encyonema minutum</i> (10.4%) / dominée par les espèces pionnières très sensibles à sensibles <i>A. minutissimum</i> (16.8%) et <i>A. lineare</i> (16.5%). Biodiversité spécifique (taxons dominants) : normale (26 / 19) ; Valeur patrimoniale réduite du peuplement ; DI-CH : très bonne qualité (2.01 / 1.74) ; indice trophique : très bonne qualité (1.70, oligo-mésotrophe) / bonne qualité (1.79, légèrement eutrophe) ; indice saprobique : bonne qualité (β-mésosaprobe) / très bonne qualité (légèrement β-mésosaprobe).</p> <p>Algues macroscopiques Soubassement d'algues bleues sur les galets en bon état en mars, érodé en octobre. En mars, touffes isolées d'<i>Hydrurus foetidus</i> et de deux espèces d'<i>Ulothrix</i>. Seule une des deux espèces subsiste en octobre.</p> <p>Macroinvertébrés et IBCH En mars, l'abondance de la faune benthique est « modérée » (environ 800 individus). Le peuplement est fortement dominé par les Chironomidae (41%), les Leuctridae (21%) et les Simuliidae (16%). La diversité taxonomique est assez bonne (16 taxons), et la famille des Leuctridae est retenue comme taxon indicateur (GI 7), avec une note IBCH de 11 (qualité moyenne). En octobre, l'abondance de la faune benthique est « modérée » (environ 500 individus). Le peuplement est dominé par les Chironomidae (57%). La diversité taxonomique est moyenne (11 taxons), et la famille des Leuctridae est retenue comme taxon indicateur (GI 7), avec une note IBCH de 10 (qualité moyenne). A noter la présence d'un individu du GI 9, en nombre insuffisant pour être retenu comme GI.</p>	 <i>E. coli</i>  entéro-coques	

<i>Objectifs légaux et qualité globale</i>	Non atteints pour les IBCH. La qualité de l'eau (physico-chimie et diatomées) est globalement bonne, bien que contaminée en bactéries (notamment <i>E. coli</i>). Les déficits de la qualité du milieu (IBCH) et la concentration trop élevée en bactéries suggèrent que les impacts détectés en amont (village de Leukerbad et STEP) se marquent encore sur cette station. A noter toutefois que la qualité moyenne donnée par les IBCH peut également s'expliquer par les conditions naturellement difficiles de la Dala (régime glaciaire, pente élevée, crues fréquentes, substrats mobiles, etc.) qui limitent la colonisation du cours d'eau par les macroinvertébrés, notamment les familles plus sensibles.		
<i>MESURE(S) D'AMÉLIORATION ET DE GESTION</i>	Voir mesures d'amélioration et de gestion préconisées aux stations DAL 06.9 et DAL 06.4.		

DAL 00.3 - Amont usine hydroélectrique KW Dala		Mars 2016	Octobre 2016
DONNÉES DE LA STATION	Altitude 600 m		
	Généralités Forte modification de la station suite aux différentes crues des années précédentes (disparition du lambeau de forêt alluviale).		
	Écomorphologie Naturelle, à caractère alluvial (plusieurs bras). Variabilité prononcée de la largeur et de la profondeur du lit.		
	Aspect général Léger ensablement des substrats.		
	Hydrologie Débit résiduel (dotation : 100 l/s + apports latéraux). Prise d'eau hors-service en octobre (débit naturel).		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION	Physico-chimie et Bactériologie Très bonne qualité en mars et octobre, bonne à très bonne qualité en août. Bonne à très bonne qualité en mars et en août, qualité médiocre à moyenne en octobre.		 <i>E. coli</i>
	Diatomées et DI-CH Densité (millions de cellules/cm ²): réduite (0.54 / 0.80) ; Etat : taux de fragmentation un peu élevé (48.0%) / taux de fragmentation élevé (65.7%), formes tératologiques non significative d'une toxicité ; Communauté : dominée par les espèces pionnières très sensibles à sensibles <i>Achnanthidium pyrenaicum</i> (25.9%), <i>A. minutissimum</i> (22.1%) et <i>A. lineare</i> (17.5%) / dominée par l'espèce pionnière sensible <i>A. minutissimum</i> (54.4%) et par l'espèce indicatrice de pollution organique <i>Fistulifera saprophila</i> (10.6%). Biodiversité spécifique (taxons dominants) : normale (25 / 26) ; Valeur patrimoniale réduite du peuplement ; DI-CH : très bonne qualité (1.54 / 3.42) ; indice trophique : très bonne qualité (1.64, oligo-mésotrophe) / bonne qualité (2.05, eutrophe) ; indice saprobique : bonne qualité (β-mésosaprobe).		
	Algues macroscopiques Soubassement d'algues bleues sur les galets en bon état en mars, érodé en octobre. En mars touffes bien développées de <i>Bangia atropurpurea</i> , et touffes isolées de deux espèces d' <i>Ulothrix</i> et d' <i>Hydrurus foetidus</i> . En octobre, ne subsiste que <i>Bangia atropurpurea</i> .		
	Macroinvertébrés et IBCH Aussi bien en mars qu'en octobre, l'abondance de la faune benthique est « modérée » (entre 700 et 800 individus environ). En mars, le peuplement est dominé par les Leuctridae (36%) et les Baetidae (24%) ; en octobre, par les Chironomidae (52%), les Simuliidae (18%) et les Leuctridae (12%). Aussi bien en mars qu'en octobre, la diversité taxonomique est assez bonne (14 taxons), et la famille des Leuctridae est retenue comme taxon indicateur (GI 7), avec une note IBCH de 11 (qualité moyenne). A noter la présence de respectivement 3 et 1 individus au total du GI 9 en mars et octobre, en nombre insuffisant pour être retenus comme GI (moins de 3 individus par famille).	11	11

	<p>Objectifs légaux et qualité globale</p> <p>Non atteints pour les IBCH.</p> <p>La qualité de l'eau (physico-chimie et diatomées) est globalement bonne, bien que contaminée par des bactéries en octobre (notamment <i>E. coli</i>). Les déficits de la qualité du milieu (IBCH) et la concentration trop élevée en bactéries suggèrent que les impacts détectés en amont (village de Leukerbad et STEP) se marquent encore sur cette station. A noter toutefois que la qualité moyenne donnée par les IBCH peut également s'expliquer par les conditions naturellement difficiles de la Dala (régime glaciaire, pente élevée, crues fréquentes, substrats mobiles, etc.) qui limitent la colonisation du cours d'eau par les macroinvertébrés, notamment les familles plus sensibles.</p>			
<p>MESURE(S) D'AMÉLIORATION ET DE GESTION</p>		Voir mesures d'amélioration et de gestion préconisées aux stations DAL 06.9 et DAL 06.4.		

DAL-all 00.3 / DAL 00.1 – Amont embouchure dans le Rhône		Mars 2016	Octobre 2016
DONNÉES DE LA STATION	Altitude 598 m		
	Généralités En mars, la nouvelle embouchure correspond à un prolongement de la Dala en parallèle du Rhône (mesure dans le cadre de la gestion du Rhône de Finges). En octobre, ce prolongement n'est plus en eau → station déplacée . Restitution de la prise d'eau de KW Dala directement en amont de la station (usine à l'arrêt en octobre, car prise hors service pour révision des conduites).		
	Ecomorphologie « Naturelle » (même si elle est régulièrement réaménagée). En mars, variabilité prononcée de la largeur et de la profondeur du lit. En octobre, variabilité limitée de la largeur.		
	Aspect général Léger ensablement des substrats en mars, plus prononcé en octobre.		
	Hydrologie Débit naturel (restitution en amont des eaux dérivées).		
DÉTERMINATION ET ÉVALUATION	Physico-chimie et Bactériologie Bonne à très bonne qualité en mars, très bonne qualité en août et octobre. Qualité médiocre à bonne en mars, moyenne à bonne en août, moyenne à très bonne en octobre		
	Diatomées et DI-CH Densité (millions de cellules/cm ²): relativement bien développée (1.54 / 1.93) ; Etat : taux de fragmentation un peu élevé (60.2% / 55.4%), aucune forme tématologique ; Communauté : dominée par l'espèce moyennement résistante <i>Nitzschia fonticola</i> (27.1%), et par les espèces pionnières sensibles <i>Achnanthidium minutissimum</i> (23.3%) et <i>A. pyrenaicum</i> (13.9%) / dominée par les espèces pionnières sensibles <i>A. minutissimum</i> (25.0%) et <i>A. pyrenaicum</i> (21.7%), par l'espèce très résistante <i>Fistulifera saprophila</i> (13.2%), et par l'espèce sensible <i>Encyonema minutum</i> (15.3%). Biodiversité spécifique (taxons dominants) : faible (15) / normale (27) ; Valeur patrimoniale réduite du peuplement ; DI-CH : très bonne qualité (2.82 / 3.04) ; indice trophique : bonne qualité (1.83 / 1.81, eutrophe) ; indice saprobique : bonne qualité (β-mésosaprobe).		
	Algues macroscopiques Soubassement d'algues bleues des galets érodé en permanence. Très peu de macroalgues en mars, quelques touffes d' <i>Ulothrix zonata</i> et de <i>Bangia atropurpurea</i> en octobre.		
	Macroinvertébrés et IBCH En mars, l'abondance de la faune benthique est « assez élevée » (environ 2'000 individus). Le peuplement est dominé par les Simuliidae (38%), les Chironomidae (32%) et les Leuctridae (19%). La diversité taxonomique est moyenne (12 taxons), et la famille des Leuctridae est retenue comme taxon indicateur (GI 7), avec une note IBCH de 10 (qualité moyenne). Présence d'1 individu du GI 9, en nombre insuffisant pour être retenu comme GI. En octobre, l'abondance de la faune benthique est « modérée » (environ 950 individus). Le peuplement est dominé par les Chironomidae (30%), les Simuliidae (30%) et les Baetidae (23%). La diversité taxonomique est assez bonne (16 taxons), et la famille des Taeniopterygidae est retenue comme taxon indicateur (GI maximal de 9), avec une note IBCH de 13 (bonne qualité)	10	13 (11 - test robustesse)

	<p>Objectifs légaux et qualité globale</p> <p>Non atteints pour l'IBCH de mars.</p> <p>La qualité de l'eau (physico-chimie et diatomées) est globalement bonne, bien que contaminée en bactéries (notamment <i>E. coli</i>). Les déficits de la qualité du milieu (IBCH) en mars, et la concentration trop élevée en bactéries, suggèrent que les impacts détectés en amont (village de Leukerbad et STEP) se marquent encore sur cette station. A noter toutefois que la qualité moyenne donnée par les IBCH peut également s'expliquer par les conditions naturellement difficiles de la Dala (régime glaciaire, pente élevée, crues fréquentes, substrats mobiles, etc.) qui limitent la colonisation du cours d'eau par les macroinvertébrés, notamment les familles plus sensibles. On remarque toutefois une amélioration de la qualité en octobre, liée à la présence de 3 Taeniopterygidae du GI maximal 9. Toutefois, cette famille est moins sensible à la qualité du milieu. En appliquant un test de robustesse de la note IBCH (calcul de la note avec le GI immédiatement après les Taeniopterygidae), on obtient un IBCH de 11, soit une qualité moyenne proche de celle trouvée en mars.</p>		
<p>MESURE(S) D'AMÉLIORATION ET DE GESTION</p>	<p>Voir mesures d'amélioration et de gestion préconisées aux stations DAL 06.9 et DAL 06.4.</p> <p>Le prolongement de l'embouchure de la Dala en parallèle du Rhône permettait d'obtenir un cours plus diversifié et sans doute à terme une meilleure qualité biologique avec une augmentation de la diversité taxonomique, en lien avec des habitats plus variés. Malheureusement, la configuration de l'embouchure de la Dala dans le Rhône, avec une arrivée très perpendiculaire (présence du resserrement lié à la gorge), rend très aléatoire le maintien de ce type de morphologie. Il est plus que probable que la Dala retrouve son lit naturel après chaque crue.</p>		

