



# Untersuchung zum Zustand der Fließgewässer des Kantons Freiburg

—  
Begleitdokument Monitoring  
2012

Glane, Neirigue



ETAT DE FRIBOURG  
STAAT FREIBURG

**Service de l'environnement SEn**  
**Amt für Umwelt AfU**

—  
Direction de l'aménagement, de l'environnement et des constructions **DAEC**  
Raumplanungs-, Umwelt- und Baudirektion **RUBD**

---

# Inhalt

---

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>Ergebnisse 2012</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>Rahmen und Ziele des Monitorings</b>	<b>4</b>	<b>5.1</b>	<b>Glane</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>4</b>	<b>5.2</b>	<b>Neirigue</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Programm 2012</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>Schlussfolgerung</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>Datenblätter</b>	<b>6</b>	<b>A1</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>21</b>
<b>3.1</b>	<b>Präsentationsblatt Einzugsgebiet</b>	<b>6</b>	<b>A2</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>22</b>
<b>3.2</b>	<b>Datenblatt pro Messstation</b>	<b>6</b>			
<b>4</b>	<b>Gesamtbilanz</b>	<b>9</b>			
<b>4.1</b>	<b>Zielerreichung 2012</b>	<b>11</b>			
<b>4.2</b>	<b>Bilanz vorherige/aktuelle Kampagne</b>	<b>12</b>			

---

# 1 Einleitung

---

Seit 1981 hat das Amt für Umwelt (AfU) den Zustand der Fliessgewässer pro Einzugsgebiet dreimal untersucht, um Kenntnisse über die Entwicklung der Qualität der Fliessgewässer zu erlangen und die Effizienz der im Laufe der Jahre ergriffenen Massnahmen zur Zustandsverbesserung zu beurteilen.

Die beiden ersten Kampagnenreihen erfolgten nach dem gleichen Prinzip (NOËL & FASEL, 1985); 2004 wurden im Rahmen der dritten Untersuchung einige Änderungen an der Methodik vorgenommen (ETEC, 2005a). 2011 wurde ein neues Monitoring-Programm eingeführt (ETEC, 2011).

Die Glane und die Neirigue wurden bereits 1981 (NOËL & FASEL, 1985), 1993 (nicht veröffentlicht) und 2006 (ETEC, 2007a und ETEC, 2007b) untersucht.

Das Ziel dieser Untersuchungen besteht darin, eine Bilanz der physikalisch-chemischen und biologischen Qualität der Fliessgewässer zu erstellen, ihre Entwicklung in Raum (flussauf- und flussabwärts) und Zeit zu messen und gegebenenfalls Korrekturmassnahmen vorzuschlagen, um den Zustand der Fliessgewässer zu verbessern.

Das vorliegende Begleitdokument legt den Rahmen und die Ziele des Monitorings 2012 fest, präsentiert das Programm 2012 und informiert über die Methodik. Es erklärt die Darstellungsarten in den pro Messstation erstellten Datenblättern und fasst die wichtigsten Ergebnisse zusammen.

---

## 2 Rahmen und Ziele des Monitorings

### 2.1 Allgemeines

Seit 2011 erfolgt, auf Grundlage früher festgestellten Beeinträchtigungen, eine Auswahl der Messstationen. Ziel dieser Auswahl ist es, eine hohe Repräsentativität zu erhalten. Die biologischen Erhebungen (benthische Fauna und Kieselalgen) verteilen sich im Untersuchungsjahr auf zwei Kampagnen (eine im Frühling, eine im Herbst), die physikalisch-chemischen Parameter werden monatlich gemessen.

Die Einzugsgebiete sind in grössere geografische Einheiten zusammengefasst, um den Untersuchungszyklus auf sechs Jahre zu begrenzen und so die Einzugsgebiete regelmässiger und in kürzeren Abständen zu kontrollieren (möglichst optimale Bewirtschaftung der Fliessgewässer).

Zudem erfolgten Änderungen an der Methodik und zusätzliche Analysen: Anwendung der neuen Methode IBCH (Biologischer Index Schweiz) (STUCKI, 2010), physikalisch-chemische Qualität auf Grundlage von zwölf monatlichen Probenahmen, Pestizidanalysen, Kieselalgenuntersuchungen (zweimal jährlich, parallel zur benthischen Fauna), gemäss dem durch das AfU genehmigten Sonderprogramm.

Die vereinbarte Vorgehensweise und Methodik werden in der „Note explicative du monitoring“ (*Erläuterung zum Monitoring*) (ETEC, 2011) detailliert beschrieben.

Statt in Form eines „traditionellen“ Berichts werden die Ergebnisse seit 2011 in Form von Datenblättern veröffentlicht, die sowohl Informationen über das Einzugsgebiet als auch über die einzelnen Messstationen enthalten.

Das vorliegende Dokument liegt den Datenblättern bei. Es erklärt die zugrunde liegende Systematik und dient dem Verständnis der wichtigsten Punkte. Zudem wird für jede Messstation eine allgemeine Bilanz der einzelnen Erhebungen erstellt, um festzustellen ob die festgelegten Ziele erreicht wurden. Des Weiteren werden Vergleiche zu vorherigen Kampagnen gezogen.

Das Ziel des Vergleichs der vorherigen und der aktuellen Kampagne besteht darin, die wichtigsten Tendenzen (Verbesserung, Stabilität oder Verschlechterung) durch eine festgelegte Methode zu ermitteln, damit die weiteren Untersuchungen auf den gleichen Analysegrundlagen basieren können.

Am Ende dieses Dokuments befinden sich ein Abkürzungsverzeichnis sowie eine Bibliografie.

### 2.2 Programm 2012

Tabelle 1 zeigt das vom AfU genehmigte Monitoring-Programm 2012.

Sämtliche vorgesehenen Entnahmen an den verschiedenen Messstationen konnten gemäss diesem Basisprogramm erfolgen.

Tabelle 1: Zusammenfassung des Monitoring-Programms 2012

Einzugs- gebiet	Fließgewässer	Messstationen IBCH	Messstationen phys.-chem	Messstationen Kieselalgen	Anzahl Stationen IBCH	Anzahl Stationen phys.-chem.	Anzahl Stationen DI-CH
Glane RIII					26	16	10
	Glane	134, 139, 142, 145, 146, 126, 153, 161, 167, 173	134, 146, 126, 167, 172	146, 161, 172	10	5	3
	B. Les Chavannes	130, 133	133	133	2	1	1
	Glaney	-	-	-	0	0	0
	Le Glèbe	157, 160	160	160	2	1	1
	Longive	155	155	155	1	1	1
	B. Cottens	164b	164b	164b	1	1	1
	Bagne	169, 171	171	-	2	1	0
	Neirigue	101, 105, 113, 121, 123	101, 117, 121	123	5	3	1
	B. Sâles	-	-	-	0	0	0
	Les Grands Marais	110	111	110	1	1	1
	B. Les Brêts	115	115	115	1	1	1
	B. Maussion	129b	129b	-	1	1	0

Die physikalisch-chemischen und biologischen Entnahmen (benthische Fauna oder Kieselalgen) erfolgten nicht immer an den gleichen Standorten. Grund hierfür ist insbesondere die Zugänglichkeit für physikalisch-chemische Entnahmen. Die Station für die Messungen der physikalisch-chemischen Qualität befindet sich gelegentlich etwas weiter flussaufwärts oder flussabwärts, am häufigsten in Höhe einer Brücke. Für die Probenahme der benthischen Fauna (IBCH) wurden bevorzugt natürlichere Messstationen bzw. Messstationen mit repräsentativeren Bedingungen aus methodischer Sicht erhalten. Wurden keine Veränderungen zwischen den beiden Messstationen vorgenommen, können die Ergebnisse einander gegenübergestellt werden (siehe Tabelle 3 zur Übereinstimmung der Messstationen). Zur Vereinfachung wird dann nur der Code der biologischen Messstation im Datenblatt und in den Übersichtsdokumenten aufgenommen. Diese Präzisierung erscheint im detaillierten Ergebnisblatt, im Abschnitt „Description de la station“ (*Beschreibung der Messstation*). Für die beiden hier relevanten Einzugsgebiete betrifft diese leichte geografische Verlagerung folgende Messstationen:

- > Im Bereich Glane
  - > GLA 173 (Kieselalgen und physikalisch-chemische Qualität auf GLA 172, weiter flussaufwärts)
- > Im Bereich Neirigue
  - > NEI-MAR 110 (physikalisch-chemische Qualität auf NEI-MAR 111, weiter flussabwärts).

---

## 3 Datenblätter

### 3.1 Präsentationsblatt Einzugsgebiet

In einer Einführung jedes Einzugsgebietes werden die Ergebnisse pro Messstation präsentiert. Sie enthält folgende Informationen:

1. Ablauf der Messkampagnen;
2. Hauptmerkmale der Teileinzugsgebiete aus dem Hydrologischen Atlas der Schweiz;
3. Typologie der Fließgewässer mit kartografischer Darstellung der Entnahmestellen;
4. Bestandsaufnahme des Einzugsgebiets (Übersicht der wichtigsten Ergebnisse und Beeinträchtigungen);
5. Zusammenfassung der wichtigsten Verbesserungsvorschläge.

### 3.2 Datenblatt pro Messstation

Diese Datenblätter enthalten folgende Elemente und Angaben:

1. Beschreibung der Messstation und kartografische Darstellung;
2. Kenndaten der Messstation in Bezug auf vorherige und aktuelle Messkampagne (Frühling und Herbst separat); einige Informationen (Fotos, Substrate, Kolmationen, Algen, Ufervegetation, Morphologie) stammen aus Felderhebungen des Büros ETEC, andere (Ökomorphologie F, ARA-Daten) wurden durch das AfU bereitgestellt;
3. Beeinträchtigungen und Entwicklungen der Messstation; diese Angaben stammen in erster Linie aus Feldbeobachtungen der vorherigen und der aktuellen Messkampagne (Frühling und Herbst), aber auch aus Informationen des AfU;
4. Ergebnisse des Moduls „Äusserer Aspekt“ des Schweizer Modul-Stufen-Konzept (MSK) (BINDERHEIM & GÖGGER, 2007) für die aktuelle Messkampagne (Frühling und Herbst separat), erstellt durch das Büro ETEC; die drei Bewertungsklassen werden mithilfe von drei Farben dargestellt;
5. Biologische Qualität, auf Grundlage des IBGN – Indice Biologique Global Normalisé (*Biologischer Global Index*) (AFNOR 2004) für frühere Messkampagnen und des IBCH (STUCKI, 2010) gemäss Modul des Schweizer MSK für die aktuelle Messkampagne (Frühling und Herbst separat); da es sich bei IBGN und IBCH um sehr ähnliche Methoden handelt, sind ihre Ergebnisse vergleichbar (siehe ETEC, 2011); Angabe der Indikatorgruppe (IG) mit Erwähnung des Indikator-Taxons, der taxonomischen Vielfalt und der IBGN/IBCH-Benotung mit entsprechendem Farbcode (fünf identische Bewertungsklassen); die Untersuchungen erfolgten durch das Büro ETEC, unterstützt durch das AfU bei der Feldarbeit;
6. Biologische Qualität, auf Grundlage des DI-CH (Diatomeen Index Schweiz), Modul des Schweizer MSK über Kieselalgen (HÜRLIMANN & NIEDERHAUSER, 2007), für die aktuelle Messkampagne (Frühling und Herbst separat), mit zwei zusätzlichen Indizes (Saprobie- und Trophieindizes); die Indizes werden mithilfe von fünf Farben dargestellt; mit dieser Untersuchung wurde das Büro PhycoEco (PhycoEco, 2013) beauftragt;
7. Fließgeschwindigkeiten, physikalisch-chemische Qualität des Wassers und Pestizide (Entnahmen, Analysen und Datenverarbeitung erfolgten durch AfU):
  - > Fließgeschwindigkeit, entsprechend dem arithmetischen Mittelwert der zwölf Messwerte (Salinomad);
  - > physikalisch-chemische Parameter, gemäss Modul „Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe“ des Schweizer MSK (LIECHTI, 2010), nämlich Schwebstoffe (SS), gelöster organischer Kohlenstoff (DOC), gesamter organischer Kohlenstoff (TOC), Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ), Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), Ortho-Phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) und Gesamtphosphor (Ptot); gemäss MSK-Methode werden jährlich zwölf Proben genommen (Stichproben), dabei soll auf eine zufällige zeitliche Verteilung der Probenahmen (Uhrzeit, Tag, Woche) geachtet werden; die Werte in der Tabelle entsprechen dem 90. Perzentil dieser

- 
- zwölf Proben; fünf Bewertungsklassen von fünf Farben dargestellt, mit Ausnahme der SS, für die es keine Klasse gibt;
- > Für die 16 durch das AfU ausgewählten Pestizide (die bereits einer Beobachtung durch NAQUA unterliegen) erfolgten ebenfalls zwölf Probenahmen. Die Gesamtnote entspricht der Summe der Anzahl der festgestellten Pestizide (Werte ungleich null), wobei zu berücksichtigen ist, dass die Pestizide, die den gesetzlichen Schwellwert gemäss GSchV (0,1 µg/l) überschreiten, dreifach zählen. Der Höchstwert für die Zielerreichung ist 10 (siehe Dokument „Traitement des données pesticides – règle de calcul“, AfU, 2013); die Unterteilung in fünf Klassen erfolgt nach dem Modul „Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe“; eine Methode für Pflanzenschutzmittel wird derzeit mit dem Modul „Ökotoxikologie“ erarbeitet (EAWAG 2001);
  - > Übersichtstabelle der wichtigsten verfügbaren Indikatoren, mit Darstellung der Entwicklung zwischen der vorherigen und der aktuellen Messkampagne (siehe Tabelle 2); die Werte werden als Kreise (Situation 2006) oder Quadrate (Situation 2012) auf der jeweiligen Klasse dargestellt. Bei folgenden Indikatoren können die Werte zwischen zwei Werten liegen.
    - > Ufervegetation (spärlich oder nicht);
    - > IBCH (Jahresmittel aus zwei Messkampagnen);
    - > DI-CH (Jahresmittel aus zwei Messkampagnen).

Gemäss MSK wird die Ökomorphologie in nur vier Klassen unterteilt. Die Information ist für vorherige Messkampagnen nicht immer verfügbar.

Es ist zu beachten, dass die physikalisch-chemischen Ergebnisse der vorherigen Messkampagne (vor 2011) auf einer jährlichen Probenahme über 24 h basieren, während die der aktuellen Messkampagne auf zwölf Stichproben (siehe Punkt 7) beruhen;

8. Interpretation der biologischen, Kieselalgen-, physikalisch-chemischen und Pestiziduntersuchungen, Beeinträchtigungen und deren wahrscheinlichste Ursache;
9. Tabelle mit Verbesserungsvorschlägen, angesichts der Übersicht über Beeinträchtigungen und Entwicklungen (siehe Punkt 3);
10. Gesamtzustand der Messstation, mit Ergebnissen der fünf MSK-Modulen: IBCH, DI-CH, physikalisch-chemisch, Ökomorphologie und äusserer Aspekt; diese Tabelle wird anhand der Synthese der Beurteilungen auf Stufe F (flächendeckend) ermittelt. Diese in Entwicklung befindende Methode wurde vorläufig veröffentlicht (BAFU, 2010). Die Synthese wird auf der Spezialisten-Ebene durchgeführt. D.h. nur innerhalb der Module physikalisch-chemisch und Äusserer Aspekt wurde im Worst-Case-Prinzip (Berücksichtigung des am stärksten diskriminierenden Parameters) aggregiert. So behält jedes Modul seinen eigenen Wert (anders als bei der Generalisten-Ebene, wo abiotische und biotische Module zu Teilsystemen zusammengefasst werden). Die Synthese wurde auch für vorige Kampagnen angewendet.

Tabelle 2: Beispiel einer Übersichtstabelle über die Hauptindikatoren, mit Darstellung der Situationsentwicklung zwischen vorheriger (Kreise) und aktueller Messkampagne (Quadrate).

Modul	Indikatoren					
<b>Äusserer Aspekt</b>	Kolmation (künstlichen oder unbekanntem Ursprungs) (vollständig, stark, mittel, leicht, keine)	Red	Orange	Yellow	Green	Blue
	Heterotropher Bewuchs (viel, mittel, wenig, vereinzelt, kein)	Red	Orange	Yellow	Green	Blue
	Feststoffe/Abfälle (sehr zahlreich, zahlreich, vereinzelt, sehr wenig, keine)	Red	Orange	Yellow	Green	Blue
<b>Ökomorphologie</b>	Ökomorphologie F	Red	Orange	Yellow	Green	Blue
	Ufervegetation (schlecht=fehlend, mittel=1 Ufer, sehr gut=2 Ufer)	Red	Orange	Yellow	Green	Blue
<b>Hydrobiologie</b>	Note/Qualität IBCH	Red	Orange	Yellow	Green	Blue
<b>Diatomeen</b>	DI-CH	Red	Orange	Yellow	Green	Blue
<b>Physikalisch-chemische Qualität</b>	Ammonium / N-NH4+	Red	Orange	Yellow	Green	Blue
	Nitrite / N-NO2-	Red	Orange	Yellow	Green	Blue
	Nitrate / N-NO3-	Red	Orange	Yellow	Green	Blue
	Ortho-Phosphate / P-PO43-	Red	Orange	Yellow	Green	Blue
	Gesamtphosphor / Ptot	Red	Orange	Yellow	Green	Blue
	DOC/TOC	Red	Orange	Yellow	Green	Blue
	Pestizide	Red	Orange	Yellow	Green	Blue

Sehr gut	Gut	Mässig	Unbefriedigend	Schlecht

Situation zu Beginn der Beobachtung (2006)	Aktuelle Situation (2012)

---

## 4 Gesamtbilanz

---

Die Methode für die im vorliegenden Dokument erstellte Gesamtbilanz wird auch für die Monitorings der kommenden Jahre angewendet. Sie beruht auf festgelegten Vorgehensweisen und Grundlagen, die im folgenden Kapitel erklärt werden (Erläuterungen in Form von kleinen Farbtabelle(n)).

### **Hinweis**

Zur Erinnerung: Der Vergleich der Kampagnen 2012 und 2006 erfolgt anhand von Ergebnissen, die durch teilweise unterschiedliche Methoden erzielt wurden, insbesondere:

- > IBGN 2006 gegenüber IBCH 2012 (die Ergebnisse sind nicht oder kaum beeinflusst);
- > Physikalisch-chemisch; zwölf Stichproben wurden im gesamten Jahr 2012 genommen, anschliessend Berechnung des 90. Perzentils, während zuvor nur eine Durchschnittsprobe über 24 h genommen wurde; die Ergebnisse können folglich verzerrt sein.

Daher dürfen nur vorsichtige Schlussfolgerungen aus diesen Vergleichen gezogen werden. Auch wenn diese Interpretationen auf festgelegten Regeln beruhen, stellen sie dennoch eher eine „Expertenmeinung“ als eine statistische Analyse dar. Das Ziel besteht darin, einfach zu verstehende Angaben und Tendenzen zu vermitteln.

Es sei auch darauf hingewiesen, dass sich die Messstationen zwischen den beiden Kampagnen nicht immer an den gleichen Standorten befinden. Tabelle 3 zeigt die Übereinstimmung der Messstationen um die vergleichbaren Ergebnisse einander gegenüberstellen zu können, selbst wenn diese nicht unbedingt an den gleichen Orten erzielt wurden (siehe Kapitel 2.2).

Tabelle 3: Übereinstimmung zwischen den Messstationen der vorherigen und der aktuellen Kampagne mit Nachweis darüber, ob die zuvor untersuchte Messstation erhalten wurde oder nicht.

2012			2006	
IBCH	Kieselalgen	phys.-chem.	phys.-chem.	Bemerkung/Rechtfertigung
<b>Glane</b>				
GLA 134		GLA 134	GLA 134	
GLA 139				
GLA-CHA 130				
GLA-CHA 133	GLA-CHA 133	GLA-CHA 133	GLA-CHA 133	
GLA 142				
GLA 145			GLA 144	Zufluss (Glaney) zwischen 144 und 145
GLA 146	GLA 146	GLA 146	GLA 146	
GLA 126		GLA 126	GLA 126	
GLA-CHA 157				
GLA-CHA 160	GLA-CHA 160	GLA-CHA 160	GLA-CHA 160	
GLA 153			GLA 152	Zufluss (Glèbe) zwischen 152 und 153
GLA-LON 155	GLA-LON 155	GLA-LON 155	GLA-LON 155	
GLA 161	GLA 161			
GLA-COT 164b	GLA-COT 164b	GLA-COT 164b	GLA-COT 164b	
GLA 167		GLA 167	GLA 167	
GLA-BAG 169				
GLA-BAG 171		GLA-BAG 171	GLA-BAG 171	
GLA 173	GLA 172	GLA 172	GLA 172	Stationen genügend nahe, keine Einflüsse dazwischen

2012			2006	
IBCH	Kieselalgen	phys.-chem.	phys.-chem.	Bemerkung/Rechtfertigung
NEI 101		NEI 101	NEI 101	
NEI 105				
NEI-MAR 110	NEI-MAR 110	NEI-MAR 111	NEI-MAR 111	Stationen genügend nahe, keine Einflüsse dazwischen
NEI 113				
NEI-BRE 115	NEI-BRE 115	NEI-BRE 115	NEI-BRE 115	
		NEI 117	NEI 117	
NEI-MAU 129b		NEI-MAU 129b	NEI-MAU 129	Stationen genügend nahe, keine Einflüsse dazwischen
NEI 121				
NEI 123	NEI 123		NEI 125	Stationen genügend nahe, keine Einflüsse dazwischen

Für den Vergleich zulässig  
 Für den Vergleich unzulässig

## 4.1 Zielerreichung 2012

Der Schwerpunkt liegt auf den nicht erreichten Zielen. Ergebnisse in den Kategorien „sehr gut“ und „gut“ wurden weder in der Analyse noch in den Berechnungen berücksichtigt, ausser für die Benotungen in den Bereichen „Äusserer Aspekt“ und „Physikalisch-chemisch“. Für diese Bereiche wurden eine Auswahl von Verschmutzungstypischen Anzeichen hinzugefügt, damit bei der Berechnung der Durchschnittsnote jeder Bereich gleich gewichtet wird.

Schliesslich kann eine Situation nur dann zufriedenstellend sein, wenn alle analysierten Parameter die gesetzlich festgelegten Ziele erreichen. Die Herabstufungen werden gemäss MSK benotet: Je höher die Noten sind, desto stärker ist die Herabstufung (mässig = 1, unbefriedigend = 2, schlecht = 3). Dabei kommen die Farbcodes der verschiedenen Module wieder zum Einsatz (mässig = gelb, unbefriedigend = orange, schlecht = rot). Gelegentlich werden bei Berechnungen Zwischenklassen und -farben zugeordnet (mässig/fast gut in blassgrün, mässig/fast unbefriedigend in blassorange).

Das Berechnungsprinzip wurde für jede Parametergruppe angepasst:

- > Für die Biologie (IBCH/DI-CH) werden die Ergebnisse der beiden Kampagnen berücksichtigt und anhand folgender Regel eine Punktzahl ermittelt:

IBCH/DI-CH	
0.5	1 mässiger Index
1.0	2 mässige Indizes
1.5	1 mässiger + 1 unbefriedigender Index
2.0	2 unbefriedigende Indizes
2.5	1 unbefriedigender + 1 schlechter Index
3.0	2 schlechte Indizes

- > Äusserer Aspekt: Nur die vier repräsentativsten Parameter einer organischen Verschmutzung werden berücksichtigt (heterotropher Bewuchs, Eisensulfidflecken, Geruch, Feststoffe/Abfälle); der künstliche Ursprung einiger Kriterien ist nicht einfach zu belegen, wie z. B. Auftreten von Schlamm (auch verbunden mit der Entwicklung der aquatischen Vegetation oder Streuablagerungen) oder Schaum (der auch natürlichen Ursprungs sein kann), Farbe (die Flüsse im Kanton Freiburg haben oft eine leicht gelbliche Färbung) oder auch Trübung. Die Kolmation hängt stark von der Morphologie des Fliessgewässers ab. Diese physikalischen Angaben werden in der allgemeinen Bilanz nicht berücksichtigt; jeder Parameter wird gemäss unten stehender Regel betrachtet, dann wird ein Mittelwert aller vier Parameter berechnet; der erzielte Mittelwert (der somit auch die guten Ergebnisse enthält) wird anschliessend auf halbe Punktwerte aufgerundet, um die Berechnung zugunsten der nicht erreichten Ziele auszugleichen.

Äusserer Aspekt	
0.5	1 Bewertung in gelb
1.0	2 Bewertungen in gelb
1.5	1 Bewertung in rot
2.0	1 Bewertung in gelb + 1 in rot
3.0	2 Bewertungen in rot

- > Physikalisch-chemisch & Pestizide: Die fünf wichtigsten Parameter zur Charakterisierung einer organischen Verschmutzung werden betrachtet (dabei werden Redundanzen wie DOC/TOC oder  $PO_4/P_{total}$  bereinigt) und die Noten anhand nachstehenden Prinzips vergeben. Dann wird ein gewichteter Mittelwert aller Parameterbewertungen ( $DOC$ ,  $NH_4 \times 2$ ,  $NO_2 \times 2$ ,  $NO_3$ ,  $PO_4 \times 2$ , Pestizide  $\times 2$ ) gebildet; dabei werden Ammonium und Nitrite (toxisch insbesondere für die Fische), Ortho-Phosphate (die sehr stark zur Eutrophierung des Wassers beitragen) und Pestizide stärker gewichtet; der erzielte Mittelwert aus den sechs Parametern (der somit auch die

guten Ergebnisse enthält) wird anschliessend auf halbe Punktwerte aufgerundet, um die Berechnung zugunsten der nicht erreichten Ziele auszugleichen.

Physikalisch-chemisch	
1.0	mässig
2.0	unbefriedigend
3.0	schlecht
2.0	2xmässig
4.0	2xunbefriedigend
6.0	2xschlecht

Die Gesamtbewertung der Messstation erfolgt durch die Berechnung des Mittelwerts der verfügbaren Parameternoten (zur Erinnerung: nicht alle Parameter werden an den Messstationen erfasst). Beeinflusst eine festgestellte Verschmutzung die Qualität eines Fliessgewässerabschnitts, wird demjenigen Mittelwert ein Punkt hinzuaddiert (+1), der an der Messstation erzielt wurde, die sich am nächsten flussabwärts der vermeintlichen Einleitungsstelle befindet. Ist hingegen im Wesentlichen nur eine der Parametergruppen für die Abwertung verantwortlich, während alle anderen die Zielsetzungen erreichen, wird der Mittelwert zu streng. In diesem Fall wird ein Punkt abgezogen (-1). Der erzielte Mittelwert wird anschliessend auf halbe Punktwerte aufgerundet. Die Messstationen werden schliesslich in vier Hauptklassen unterteilt:

Gesamtnote	
0.5	fast erreicht
1	nicht erreicht
1.5 und 2	nicht erreicht
2.5 und 3	nicht erreicht

## 4.2 Bilanz vorherige/aktuelle Kampagne

Nur die Messstationen, die Ergebnisse für die vorherige und die aktuelle Messkampagne vorweisen können, werden verglichen. Der Vergleich basiert auf Übersichtstabelle, die die Entwicklung der betroffenen Messstation zeigt (siehe Tabelle 2).

Bei den verwendeten Parametern für diesen Vergleich handelt es sich um diejenigen, die für beide Kampagnen vorliegen, d. h.: für die biologischen Erhebungen IBCH (IBGN für die vorherige Kampagne) und für die physikalisch-chemischen Erhebungen DOC, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>.

Bei den biologischen Erhebungen lässt sich ein Klassenunterschied zwischen den beiden Jahren feststellen (theoretisch -4 bis +4, meist jedoch um ± 1). Bei den physikalisch-chemischen Erhebungen wurden die Klassenunterschiede der fünf Parameter addiert oder subtrahiert je nach festgestellter Verbesserung oder Verschlechterung; die erhaltene Note wurde anschliessend durch fünf geteilt (Mittelwert der Unterschiede).

---

Die Schlussbewertungen in Kommentarform unter der Tabelle werden gemäss folgenden Regeln in Form von kleinen Tabellen formuliert:

- > Status quo: gleiche Qualitätsklasse (keine Veränderung);
- > leichte Zunahme/leichte Abnahme: Unterschied geringer als eine Qualitätsklasse;
- > Verbesserung/Verschlechterung: Unterschied gleich oder höher als eine Qualitätsklasse.

**Skala für die Bilanz**

Note $\geq -1$	Verschlechterung
$-1 > \text{note} > 0$	leichte Abnahme
Note = 0	Status quo
$0 > \text{note} > 1$	leichte Zunahme
Note $\geq 1$	Verbesserung

## 5 Ergebnisse 2012

### 5.1 Glane

Zur Erinnerung: An 18 Messstationen wurden IBCH-Untersuchungen vorgenommen, an sieben wurden Kieselalgen entnommen und zehn wurden auf die physikalisch-chemischen Qualität geprüft.

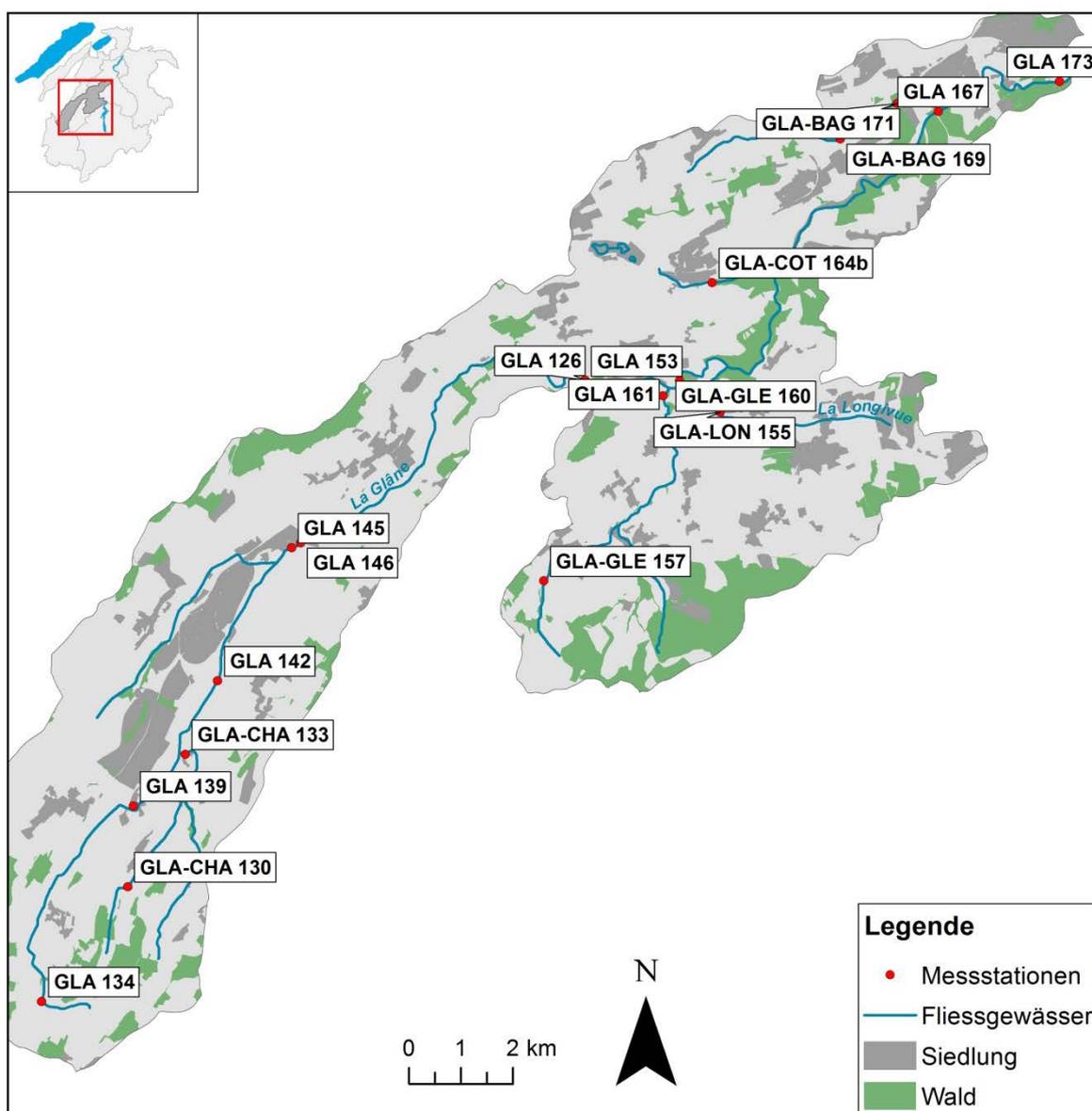


Abbildung 1: Einzugsgebiet der Glane, mit Darstellung der Messstationen.

Das weitgehend landwirtschaftlich geprägte Einzugsgebiet der Glane (siehe Abbildung 1) wies 2006 eine punktuell hohe Stickstoffbelastung auf, möglicherweise durch landwirtschaftliche Tätigkeit verursacht. Der Verdacht einer diffusen Verschmutzung landwirtschaftlichen Ursprungs entstand an verschiedenen Messstationen (Glane, Bäche Les

---

Chavannes, Bagne). Das Vorliegen reduzierter Formen von Stickstoff (Ammonium und Nitrite) war jedoch eher auf Haushaltsabwässer zurückzuführen. Die wesentlichen Verschlechterungen der Wasserqualität sind der Einleitung von Abwasser oder Laugen (Glâne, Bäche St-Anne, Longive) oder ARA-Ausläufe (insbesondere ARA von Cottens) geschuldet. Die insgesamt „zufriedenstellende“ biologische Qualität verschlechterte sich flussabwärts. Neben der weniger guten physikalisch-chemischen Qualität trugen die Korrekturen des Flussbetts zu dieser Verschlechterung bei.

Die wesentlichen Veränderungen, die zwischen 2006 und 2012 in diesem Einzugsgebiet stattgefunden haben, sind:

- > Erhöhung der Kapazität der ARA von Romont (Einfluss ab Messstation GLA 146);
- > Anschluss der ARA von Cottens an die ARA von Autigny (mit Auswirkungen auf GLA-COT 164b);
- > Erweiterung der ARA von Autigny mit Verringerung der biologische Kapazität, aufgrund Erreichung der Nennkapazität (ARA befindet sich flussaufwärts der Messstation GLA 161);
- > Erhöhung der Kapazität der ARA von Villars-sur-Glâne (mit Auswirkungen auf GLA 173), mit starker Abnahme der Belastung der ARA, aufgrund des Anschlusses der CREMO an die ARA von Freiburg.

Für 2012 sind mehrere erwiesene Verschmutzungen zu erwähnen:

- > chronische Verschmutzung des Baches St-Anne, mit potentiellen Auswirkungen auf die Messstation GLA 142, jedoch ohne Folgen für die biologischen Indizes;
- > Einleitung von Jauche flussabwärts des Baches Glaney im Februar 2012 (mit Auswirkungen auf GLA 145, die die durchschnittliche IBCH-Note vom April scheinbar beeinflusst haben; im September fiel diese wieder zufriedenstellend aus).

Zudem wurden mithilfe der Feldbeobachtungen potenziell verschmutzende Einleitungen festgestellt:

- > Einleitung flussabwärts von GLA 139 (Klärgrube, Molke?), mit Auswirkungen auf die Messstationen flussabwärts von GLA 142 (Zufluss Bach Les Chavannes, zwischen den beiden Messstationen);
- > Verdacht von Abwassereinleitungen oder ARA-Ausläufen, mit optischen Auswirkungen (GLA-COT 164b: ARA-Geruch und einige Flocken Toilettenpapier im März 2012; GLA 167: Toilettenpapier im März 2012, Schaumflocken im März und September 2012; GLA 173: Schaum und Gerüche durch ARA von Villars-sur-Glâne im März 2012;
- > mehrere RÜ kritisch bewertet.

Da die Ergebnisse der Messstationen durch keinerlei Verschmutzung beeinflusst wurden, wurden die erzielten Durchschnittsnoten nicht mit einem zusätzlichen „Strafpunkt“ versehen. Eine Korrektur erfolgte hingegen an der Messstation GLA-BAG 171, die zu schwer „bestraft“ worden war (nur bei der physikalisch-chemischen Untersuchung konnten Ziele nicht erreicht werden, während die Zielsetzungen in den Bereichen IBCH und äusserer Aspekt weitgehend erreicht wurden).

Die Ergebnisse der Hauptindikatoren der Übersichtstabelle zeigen, dass die Ziele 2012 in 50 % aller Fälle erreicht oder fast erreicht wurden (siehe Tabelle 4). Die Mehrheit der Messstationen (80 % der Ergebnisse für beide Kampagnen) weist eine sehr zufriedenstellende biologische Qualität auf (IBCH ist gut bzw. sogar sehr gut, dreimal werden 17/20 Punkten erzielt); die Diatomeen Indizes (DI-CH) erfüllen die gesetzlichen Zielvorgaben. Die physikalisch-chemische Qualität und der äussere Aspekt sind also diejenigen Parameter, aufgrund derer die Ziele am häufigsten nicht erreicht werden. Schliesslich stellen insbesondere Phosphor (70 % der Messstationen sind von starken Überschreitungen betroffen) und in geringerem Umfang auch Eisensulfidflecken (60 % der Messstationen sind von leichten bis starken Überschreitungen betroffen) ein Problem dar. Vier von neun Messstationen, die nicht erreichte Ziele aufweisen, werden stärker abgewertet (Kategorie orange statt gelb).

Die Analyse der Qualitätsentwicklung zwischen 2006 und 2012 im Bereich der einzelnen Messstationen zeigt punktuell Verbesserungen oder Verschlechterungen (siehe Tabelle 4). Auf der Ebene des Einzugsgebiets lässt sich eine allgemeine Verbesserung im Bereich IBCH beobachten, während die physikalisch-chemische Qualität insbesondere aufgrund hoher Phosphorkonzentrationen (Ortho-Phosphate) und der Anwesenheit von Pestiziden abnimmt.

Tabelle 4: Glane – Gesamtbilanz der an den Messstationen zwischen 2006 und 2012 aufgezeichneten Qualitätsentwicklung (IBCH und physikalisch-chemische Qualität) und Grad der Erreichung der gesetzlichen Zielvorgaben 2012.

Messstation	Entwicklung 2006 - 2012	Ziele 2012
GLA 134	leichte Abnahme phys.-chem.	nicht erreicht
GLA 139	Status quo	fast erreicht
GLA-CHA 130	Status quo	erreicht
GLA-CHA 133	leichte Abnahme phys.-chem.	nicht erreicht
GLA 142	Status quo	erreicht
GLA 145	leichte Abnahme IBCH	fast erreicht
GLA 146	leichte Zunahme IBCH, leichte Abnahme phys.-chem.	nicht erreicht
GLA 126	Verbesserung IBCH, leichte Abnahme phys.-chem.	nicht erreicht
GLA-GLE 157	Status quo	fast erreicht
GLA-GLE 160	leichte Zunahme phys.-chem.	fast erreicht
GLA 153	Status quo	fast erreicht
GLA-LON 155	Verschlechterung IBCH	nicht erreicht
GLA 161	Status quo	fast erreicht
GLA-COT 164b	leichte Abnahme IBCH, leichte Zunahme phys.-chem.	nicht erreicht
GLA 167	Verbesserung IBCH, leichte Abnahme phys.-chem.	nicht erreicht
GLA-BAG 169	Verbesserung IBCH	fast erreicht
GLA-BAG 171	Verbesserung IBCH, leichte Abnahme phys.-chem.	nicht erreicht
GLA 173	Verschlechterung phys.-chem.	nicht erreicht

- > Zur Erinnerung: Alle Messstationen der Messkampagne 2012 haben ihre geografische Lage beibehalten, mit Ausnahme von:  
GLA 173 (IBCH) → GLA 172 (Kieselalgen und physikalisch-chemische Qualität).

Die wesentlichen Verbesserungsmöglichkeiten sind:

- > Kontrolle der ARA-Ausläufe (insbesondere ARA von Villars-sur-Glâne), ggf. Erweiterung der Anlagen oder Schaffung zusätzlicher Anlagen;
- > Suche nach eventuellen fehlerhaften Abwasseranschlüssen; Anlagenstörungen (RÜ, RWB)
- > Überwachung und Information der Landwirte;
- > Beachtung des Pufferstreifens (6 m, linkes und rechtes Ufer).

Die Massnahmen auf der Ebene jeder einzelnen Messstation sind im Datenblatt genauer erläutert.

## 5.2 Neirigue

Zur Erinnerung: An acht Messstationen wurden IBCH-Untersuchungen vorgenommen, an dreien wurden Kieselalgen entnommen und sechs wurden auf die physikalisch-chemischen Qualität geprüft.

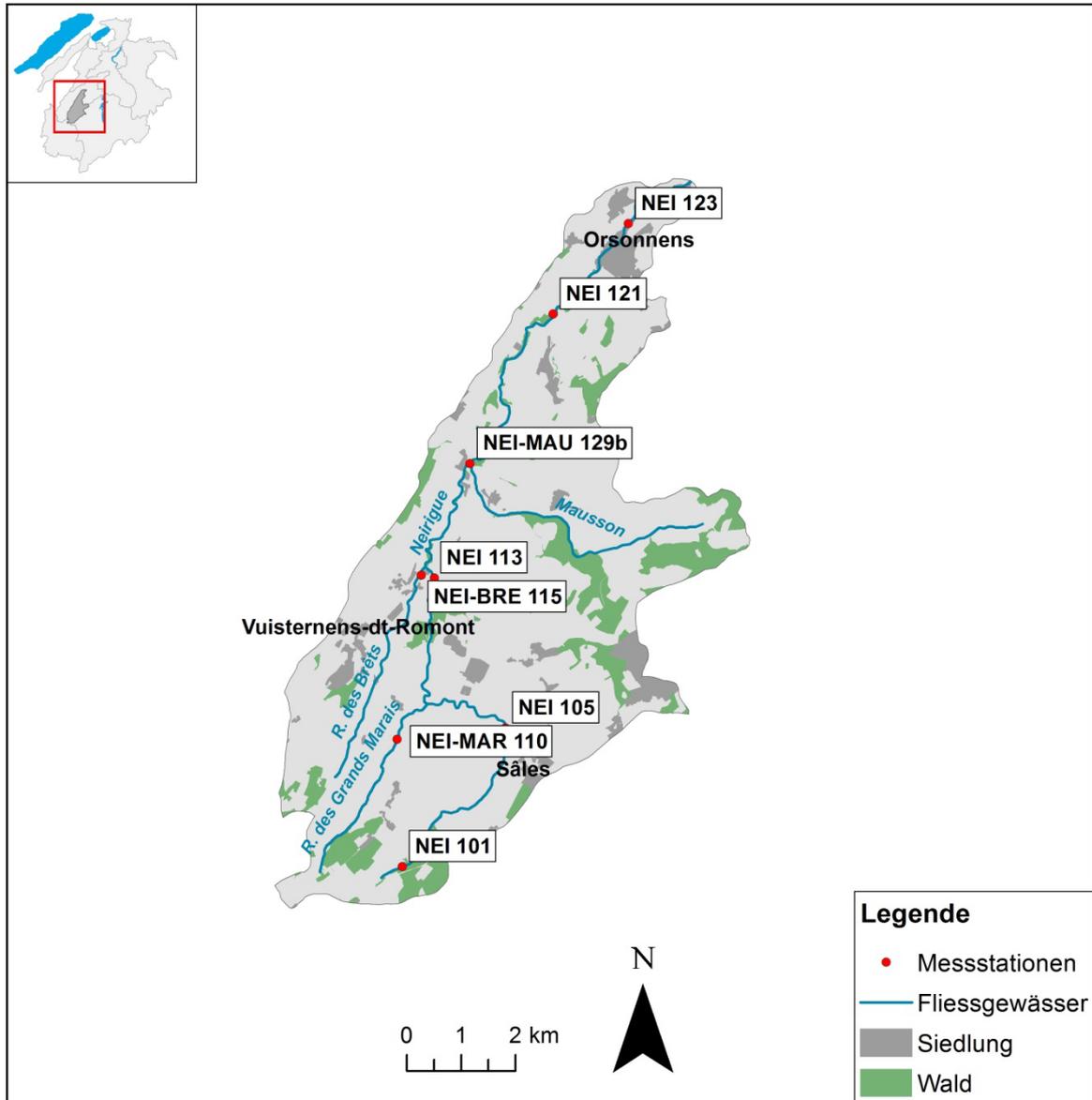


Abbildung 2: Einzugsgebiet der Neirigue, mit Darstellung der Messstationen.

---

Das hauptsächlich bewaldete, jedoch auch landwirtschaftlich genutzte Einzugsgebiet der Neirigue (siehe Abbildung 2) wies 2006 eine sehr gute Wasserqualität auf. Der Bach Les Grands Marais, der ab seinem Oberlauf eine erhöhte Ortho-Phosphat-Konzentration aufweist, liess Einleitungen durch private Kläranlagen oder eine diffuse Verschmutzung landwirtschaftlichen Ursprungs vermuten. Auch die Werte der weiter flussabwärts der Neirigue gelegenen Messstation überschritten die gesetzlichen Zielvorgaben. Die insgesamt „zufriedenstellende“ biologische Qualität wurde am Bach Les Brêts sowie an einer flussabwärts der Neirigue gelegenen Messstation als „durchschnittlich“ bewertet.

Zwischen 2006 und 2012 fanden im Einzugsgebiet keine Veränderungen oder Neuerungen statt. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass die untersuchten Messstationen nicht durch ARA-Einleitungen beeinflusst werden. Da 2012 keinerlei Verschmutzung erwähnt wurde, erhielt keine Messstation einen „Strafpunkt“.

Mithilfe der Feldbeobachtungen wurden jedoch potenziell verschmutzende Einleitungen festgestellt:

- > Verdacht einer Verschmutzung der Neirigue (flussabwärts der Messstation NEI 105), mit Verdacht einer Einleitung am rechten Ufer im April 2012 (heterotropher Bewuchs); das Wasser war im September 2012 klar; laut AfU trat im Bach Sâles eine chronische Verschmutzung auf;
- > Verdacht von Abwasser- oder Klärgrubeneinleitungen in die Neirigue (NEI 113) und den Bach Mausson (flussabwärts von NEI-MAU 129b).

Die Ergebnisse der Hauptindikatoren der Übersichtstabelle zeigen, dass die Ziele 2012 für vier von neun Messstationen, d. h. in knapp 45 % aller Fälle, erreicht oder fast erreicht wurden (siehe Tabelle 5). Alle Messstationen weisen in beiden Kampagnen eine gute bzw. eine Messstation sogar eine sehr gute (17/20 Punkten) biologische Qualität auf. Auch die Diatomeen Indizes (DI-CH) an den drei untersuchten Messstationen belegen eine gute Wasserqualität. Eine Ausnahme bildet der Bach Les Brêts, der im September das ökologische Ziel nicht mehr erreichte. Die Saprobie- und Trophieindizes weisen jedoch auf belastetes Wasser hin; der Trophieindex für die Messstation am Bach Les Grands Marais (NEI-MAR 110) erhöhte sich im Herbst. Die Ergebnisse der chemisch-physikalische Erhebungen zeigen in der Tat, dass die Ziele nur in seltenen Fällen erreicht werden, insbesondere im Bereich Phosphor (> 80 % der Messstationen sind von starken Überschreitungen des Qualitätsziels betroffen) und in geringerem Umfang auch im Bereich DOC (alle Messstationen weisen leichte Überschreitungen auf). Die Klassifizierung der Pestizide erfolgt jedoch noch immer als gute oder sehr gute Qualität. Auch die Parameter des äusseren Aspekts erfüllen meist die gesetzlichen Zielvorgaben. Nur einige Eisensulfidflecken wurden entdeckt.

Tabelle 5 : Neirigue – Gesamtbilanz der an den Messstationen zwischen 2006 und 2012 aufgezeichneten Qualitätsentwicklung (IBCH und physikalisch-chemische Qualität) und Grad der Erreichung der gesetzlichen Zielvorgaben 2012.

Messstation	Entwicklung 2006 - 2012	Ziele 2012
NEI 101	leichte Abnahme phys.-chem.	nicht erreicht
NEI 105	Status quo	erreicht
NEI MAR-110	leichte Abnahme phys.-chem.	nicht erreicht
NEI 113	Status quo	fast erreicht
NEI-BRE 115	Verbesserung IBCH, Verschlechterung phys.-chem.	nicht erreicht
NEI 117	leichte Abnahme phys.-chem.	nicht erreicht
NEI-MAU 129b	leichte Abnahme phys.-chem.	fast erreicht
NEI 121	leichte Abnahme phys.-chem.	nicht erreicht
NEI 123	Verbesserung IBCH	erreicht

- > Zur Erinnerung: Alle Messstationen der Messkampagne 2012 haben ihre geografische Lage beibehalten, mit Ausnahme von:  
 NEI-MAR 110 (IBCH + DI-CH) → NEI-MAR 111 (physikalisch-chemisch).  
 Beim Vergleich 2006-2012 wurden folgende Übereinstimmungen für die physikalisch-chemischen Erhebungen berücksichtigt:  
 NEI-MAR 110 → NEI-MAR 111, NEI-MAU 129b → NEI-MAU 129 und NEI 123 → NEI 125.

Die Analyse der Qualitätsentwicklung zwischen 2006 und 2012 im Bereich der einzelnen Messstationen zeigt punktuelle Verbesserungen im Bereich IBCH, jedoch zahlreiche leichte Verschlechterungen im physikalisch-chemischen Bereich (siehe Tabelle 5). Auf der Ebene des Einzugsgebiets lässt sich eine Tendenz zu einer Verbesserung im Bereich IBCH beobachten, während die physikalisch-chemische Qualität insbesondere aufgrund von Phosphor- und DOC-Problemen abnimmt. Diese Verschlechterung ist vermutlich einer diffusen Verschmutzung landwirtschaftlichen Ursprungs geschuldet (Neirigue, Bäche Les Grands Marais, Les Brêts, Mausson).

Die wesentlichen Verbesserungsmöglichkeiten sind:

- > Identifikation und Kontrolle der verdächtigten Einleitungen, einschliesslich Einleitungen durch Klärgruben;
- > Überwachung und Information der Landwirte;
- > Beachtung des Pufferstreifens (6 m, linkes und rechtes Ufer).

Die Verbesserungen auf der Ebene jeder einzelnen Messstation sind im Datenblatt genauer erläutert.

---

## 6 Schlussfolgerung

---

Dank der Messkampagne 2012 konnte eine Bilanz der Qualität von zwei Einzugsgebieten (Glane und Neirigue) erstellt und die Entwicklung seit den letzten Untersuchungen (2006) gemessen werden.

Die allgemeinen Tendenzen sind für Glane und Neirigue sehr ähnlich: Die biologische Qualität (IBCH und DI-CH) erweist sich insgesamt als sehr zufriedenstellend und die Ziele im Bereich Qualität werden in den meisten Fällen erreicht. Die physikalisch-chemische Qualität hingegen ist in der Regel unbefriedigend, bestimmte Parameter erreichen die Qualitätsziele an den meisten untersuchten Messstationen nicht. Die Ortho-Phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) sind mit Abstand derjenige Parameter, der das grösste Problem darstellt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Tendenzen eine gewisse Verbesserung im Bereich IBCH, jedoch eine Verschlechterung der physikalisch-chemischen Parameter zeigen, die in hohem Masse den erhöhten Ortho-Phosphat-Konzentrationen geschuldet ist.

Die landwirtschaftlichen Aktivitäten scheinen hauptverantwortlich für die an diesen beiden Einzugsgebieten festgestellten Beeinträchtigungen zu sein; schuld sind aber auch Verschmutzungen oder Verschlechterungen aufgrund von Abwasser- oder Klärgrubeneinleitungen. Dies gilt insbesondere für das Einzugsgebiet der Glane.

Verbesserungsmöglichkeiten werden allgemein auf der Ebene des Einzugsgebiets aufgezeigt, jedoch für jede Messstation präzisiert.

Sitten, August 2015

Dokument erstellt von Régine Bernard & Laurent Vuataz (ETEC)

für das Amt für Umwelt

### Weitere Auskünfte

---

Amt für Umwelt AfU  
Sektion Gewässerschutz

Impasse de la Colline 4, 1762 Givisiez

T +26 305 37 60, F +26 305 10 02  
[sen@fr.ch](mailto:sen@fr.ch), [www.fr.ch/wasser](http://www.fr.ch/wasser)

Oktober 2015

---

# A1 Abkürzungsverzeichnis

---

Die in den Blättern und dem Begleitdokument verwendeten Abkürzungen werden nachstehend erläutert.

Deutsch		Französisch
RWB:	Regenwasserbecken	(BEP bassin d'eaux pluviales)
EG:	Einzugsgebiet	(BV bassin versant)
DI-CH:	Diatomeen Index Schweiz	(DI-CH indice diatomique suisse)
RÜ:	Regenüberlauf	(DO déversoir d'orage)
DOC:	gelöster organischer Kohlenstoff	(DOC carbone organique dissous)
AW:	Abwasser	(EU eaux usées)
IG:	Indikatorgruppe	(GI groupe indicateur)
IBCH:	Biologischer Index Schweiz (Indice biologique suisse)	
IBGN:	Biologischer Global Index (Indice biologique global normalisé) (Frankreich)	
SS:	Schwebstoffe	(MES matières en suspension)
Stufe F:	Stufe flächendeckend	(niveau R niveau région)
GEP:	Genereller Entwässerungsplan	(PGEE plan général d'évacuation des eaux)
Ptot:	Gesamtphosphor	(Ptot phosphore total)
B.:	Bach	(r. ruisseau)
RU:	rechtes Ufer	(RD rive droite)
LU:	linkes Ufer	(RG rive gauche)
MSK:	Modul-Stufen-Konzept	(SMG système modulaire gradué)
PS:	Pumpstation	(STAP station de pompage)
ARA:	Abwasserreinigungsanlage	(STEP station d'épuration)
TOC:	gesamter organischer Kohlenstoff	(TOC carbone organique total)

---

## A2 Bibliographie

---

AFNOR, 2004. „Qualité des eaux. Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN)“. NF T90-350. Paris.

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

EAWAG, 2001. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer in der Schweiz. Vorschläge zur Vorgehensweise im Modul Ökotoxikologie (nur auf Deutsch)

AfU, 2013. Traitement des données pesticides. Règle de calcul (note). Amt für Umwelt des Kantons Freiburg.

ETEC, 2005. Etude de l'état sanitaire des cours d'eau du canton de Fribourg. Rapport méthodologique 2004. Amt für Umwelt des Kantons Freiburg.

ETEC, 2007a. Etude de l'état sanitaire des cours d'eau du canton de Fribourg. La Glâne (campagne 2006). Amt für Umwelt des Kantons Freiburg.

ETEC, 2007b. Etude de l'état sanitaire des cours d'eau du canton de Fribourg. La Neirigue (campagne 2006). Amt für Umwelt des Kantons Freiburg.

ETEC, 2011. Proposition de programme pour l'étude de l'état sanitaire des cours d'eau du canton de Fribourg à partir de 2011 : note explicative du monitoring. Aktualisierte Version 2014. Amt für Umwelt des Kantons Freiburg.

HÜRLIMANN J., NIEDERHAUSER P., 2007. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Kieselalgen Stufe F (flächendeckend). Umwelt-Vollzug Nr. 0740. Bundesamt für Umwelt, Bern. 130 S.

LIECHTI P., 2010. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe. Umwelt-Vollzug Nr. 1005. Bundesamt für Umwelt, Bern. 44 S.

NOËL F. und FASEL D., 1985. Etude de l'état sanitaire des cours d'eau du canton de Fribourg. Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. - Band 74 1/2/3 S. 1-332.

BAFU, 2010. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Synthese der Beurteilungen auf Stufe F (flächendeckend), Entwurf, Juni 2010.

PhycoEco, 2013. Programme rivières 2012. La Glâne et la Neirigue. Examen des populations de diatomées (Bacillariophyceae) épilithiques dans la Glâne et la Neirigue. Diagnostic de l'état de santé biologique des eaux. Amt für Umwelt des Kantons Freiburg.

STUCKI P. .2010. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Makrozoobenthos – Stufe F. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1026. 61 S.