
Bulletin de santé des cours d'eau genevois

État 2008 et évolution depuis 1995



Résumé

La qualité des cours d'eau peut être évaluée en tenant compte de différents paramètres: physico-chimiques, bactériologiques, biologiques. Les campagnes de mesures effectuées entre 1995 et 2008 à Genève ont permis de constater que les efforts entrepris ces dernières années pour améliorer l'assainissement des eaux et ainsi réduire l'eutrophisation des cours d'eaux ont porté leurs fruits. On constate, une nette amélioration des paramètres physico-chimiques traceurs du phénomène (azote, phosphore...). Il en va de même pour les métaux (cuivre, zinc, cadmium et plomb) hormis le nickel.

Cependant, la qualité biologique demeure globalement insatisfaisante. Les organismes vivants sont sensibles au cumul des conditions du milieu, qu'elles soient physiques (état du lit et des berges des cours d'eau, température, débits...) ou chimiques (pollution par des nutriments, des métaux, des polluants organiques provenant des activités humaines).

La qualité insuffisante diagnostiquée par les indices biologiques intègre ces conditions et montre que des améliorations demeurent nécessaires.

Parallèlement à la poursuite des mesures déjà en place, de nouvelles actions restent à entreprendre. Il s'agit d'améliorer l'état physique des cours d'eau (renaturation), de diminuer l'impact des réseaux d'assainissement (mise en séparatif, entretien des réseaux, efficacité des stations d'épuration) et des activités agricoles (réduction des traitements, diminution des ruissellements).

INTRODUCTION	4
LES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES	6
<i>État 2008</i>	<i>6</i>
<i>Évolution depuis 1995</i>	<i>7</i>
LES PARAMÈTRES SANITAIRES: QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE.....	11
<i>État 2008</i>	<i>11</i>
<i>Évolution depuis 1995</i>	<i>11</i>
LES BIO-INDICATEURS	14
LES ALGUES DIATOMÉES (DI-CH)	14
<i>État 2008</i>	<i>14</i>
<i>Évolution depuis 1997</i>	<i>15</i>
L'ÉTAT BIOLOGIQUE GLOBAL EXPRIMÉ PAR LA MACROFAUNE BENTHIQUE (IBGN)	17
<i>État 2008</i>	<i>17</i>
<i>Évolution depuis 1995</i>	<i>17</i>
CONCLUSIONS	20
BIBLIOGRAPHIE	21
ANNEXES	22
ANNEXE 1: MÉTHODES	22
A1.1 Analyses physico-chimiques	22
<i>Le module Chimie du Système modulaire gradué</i>	<i>22</i>
<i>La pollution métallique.....</i>	<i>23</i>
A1.2 Analyses bactériologiques	24
A1.3 Indice diatomique suisse (DI-CH).....	25
A1.4 Etat biologique global exprimé par la macrofaune benthique.....	26
ANNEXE 2 : ÉVOLUTION DÉTAILLÉE ANTE ET POST 2003 DES PARAMÈTRE PHYSICO-CHIMIQUES	27
ANNEXE 3 : QUALITÉ DES STATIONS ÉTUDIÉES SELON LES MODULES DU SYSTÈME MODULAIRE GRADUÉ.	31

Introduction

A Genève, les cours d'eau sont tous plus ou moins influencés par les activités humaines. Ils coulent généralement en zones urbanisées ou agricoles, à proximité de routes, sont aménagés pour la production d'énergie et pour la protection contre les crues. Ces conditions ont des conséquences non seulement sur la morphologie, mais également sur la faune et la flore de ces milieux. De nos jours, l'analyse de l'état de santé des cours d'eau consiste en une observation intégrée du cours d'eau et des organismes (faune, flore, microorganismes) y résidant.

A cet effet, l'Office fédéral de la protection de l'environnement a développé un concept d'analyse et d'appréciation des cours d'eau sous forme d'un système modulaire gradué (OFEPF, 1998).

Il s'agit d'examiner les cours d'eau et de déterminer si leur état correspond aux exigences et objectifs de la loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) du 24 janvier 1991 et de son ordonnance d'application (OEaux) du 28 octobre 1998. Ces méthodes standardisées couvrent les domaines de l'hydrologie, de la morphologie, de la biologie, de la chimie et de l'écotoxicologie. Elles permettent un diagnostic de l'état des cours d'eau et un classement en 5 catégories d'état : "Très bon", "Bon", "Moyen", "Médiocre" et "Mauvais". Les diagnostics "Moyen", "Médiocre" et "Mauvais" ne satisfont pas les exigences légales de l'OEaux.

Le service de l'écologie de l'eau (SECOE), du département de l'intérieur et de la mobilité du canton de Genève, est non seulement chargé de déterminer les origines des perturbations anthropogènes et leur ampleur, mais participe également à la planification et à la mise en place des mesures nécessaires pour garantir, à court et à long terme, un état des cours d'eau genevois conforme à la législation.

Le présent rapport a pour but de décrire l'état actuel des cours d'eau du canton et d'évaluer l'évolution de leur qualité depuis 1995. Il rapporte les résultats obtenus dans les domaines de la chimie, de la bactériologie et de la biologie (méthodes en Annexe 1) au cours des campagnes de mesures effectuées entre 1995 et 2008 sur l'ensemble des bassins versant. La carte des stations de prélèvement (figure 1) indique que la couverture spatiale du canton est assurée. La diversité des sites étudiés au niveau hydrologique, morphologique, géologique et de l'occupation des sols couplée au grand nombre de données accumulées (plusieurs milliers) garantissent la validité statistique des interprétations.

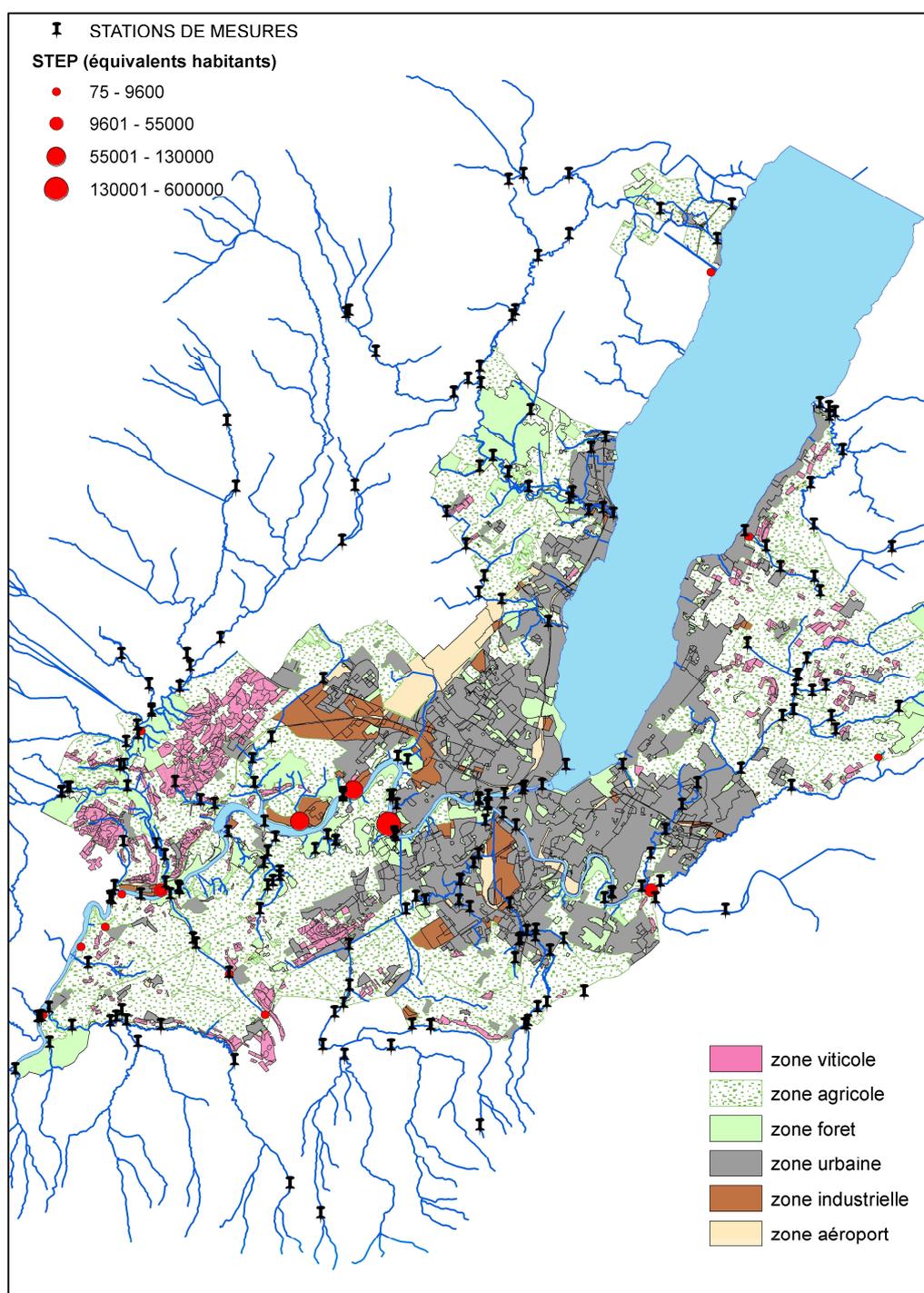


Figure 1 : Localisation des stations de prélèvements.

Les paramètres physico-chimiques

État 2008

La figure 2 présente l'état de la qualité physico-chimique de 107 stations réparties sur 60 cours d'eau (détail en annexe 2). Les analyses de ces stations ont été réalisées entre 2003 et 2008.

Il apparaît que 43% seulement des stations étudiées satisfont aux exigences de l'Ordonnance fédérale sur la protection des eaux (OEaux, 1998). A l'échelle du canton, parmi les paramètres considérés - carbone organique dissous (COD), ammonium (N- NH₄), nitrites (N-NO₂), nitrates (N-NO₃), ortho phosphates (Psol), chrome (Cr), nickel (Ni), cuivre (Cu), zinc (Zn), cadmium (Cd) et plomb (Pb) - ce sont le Psol et le Cu qui sont les plus problématiques, mais les résultats pour les nitrites et le zinc sont également peu satisfaisants (tableau 1). Le cuivre, le zinc, les nitrites et le phosphore sont d'origine anthropique, ils proviennent directement ou indirectement des activités humaines (agriculture, industries, assainissement domestique...). Le cuivre, le zinc et les nitrites sont potentiellement toxiques pour la faune. Le phosphore, lui, favorise l'eutrophisation des cours d'eau.

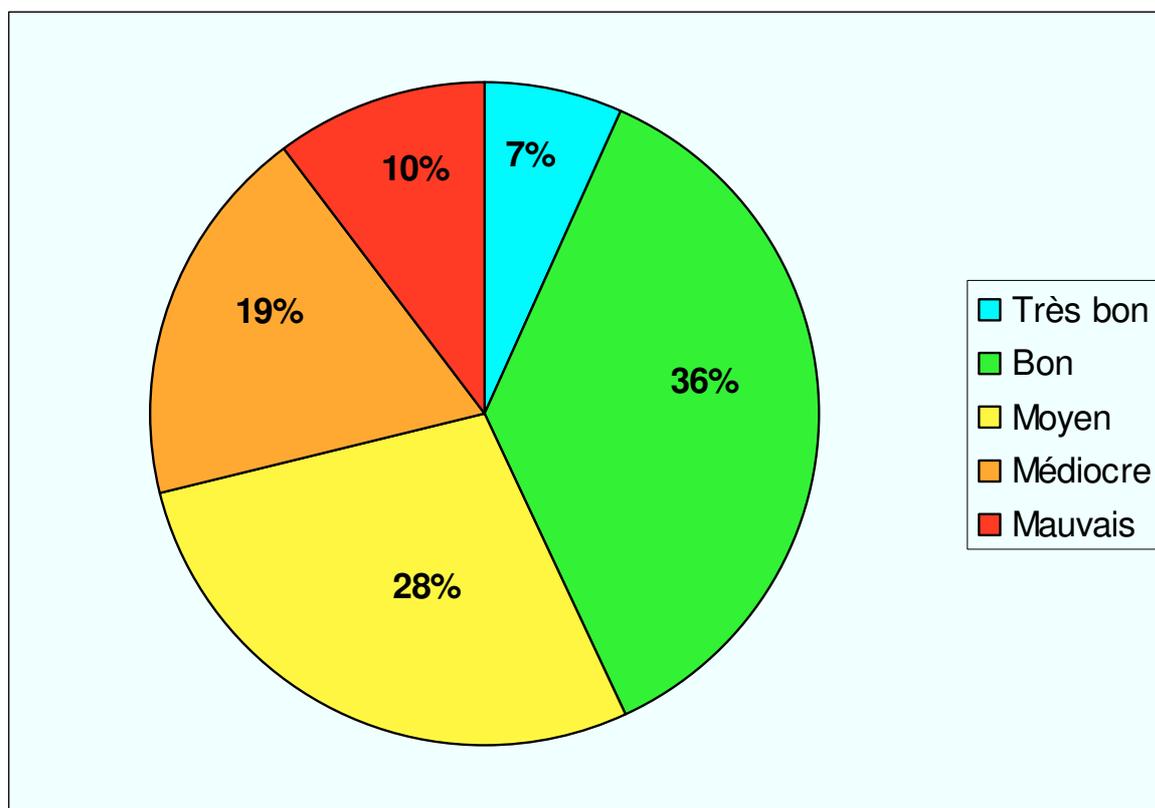


Figure 2 : Bilan de la qualité physico-chimique, état 2008.

Tableau 1 : Taux de satisfaction aux exigences dans les stations étudiées (2003-2008)

Paramètres de l'eutrophisation	Stations satisfaisant aux exigences (%)
Psol	43
N-NO₂	61
COD	71
N-NO₃	76
N- NH₄	86
Métaux	
Cu	43
Zn	70
Ni	78
Pb	88
Cr	93
Cd	93

Évolution depuis 1995

Afin d'estimer l'évolution de la qualité physico-chimique des eaux de surface au cours de ces dernières années, nous avons comparé, dans la figure 3, l'état de la période 1995 - 2002 à celui de la période 2003 - 2008 pour les mêmes stations, sur les mêmes rivières (75 stations, 41 cours d'eau).

On constate une amélioration nette. Avant 2003, 16% seulement des stations satisfaisaient aux exigences de l'ordonnance fédérale; ce chiffre est passé à 48%. On observe non seulement une diminution des stations non satisfaisantes mais une chute significative (-18%) du nombre de stations de mauvaise qualité.

Le tableau 2 résume cette évolution pour les paramètres de l'OEaux, le détail des résultats est présenté en annexe (annexe 2). Seuls le COD, les nitrates et le nickel ne montrent pas d'amélioration entre les deux périodes considérées (ante et post 2003). La diminution du nombre de stations satisfaisantes pour les nitrates (-2%) n'est probablement pas significative. Dans le cas du COD, le nombre de stations bonnes a notablement diminué. Pour le nickel il y a une diminution des qualités extrêmes au profit des intermédiaires.

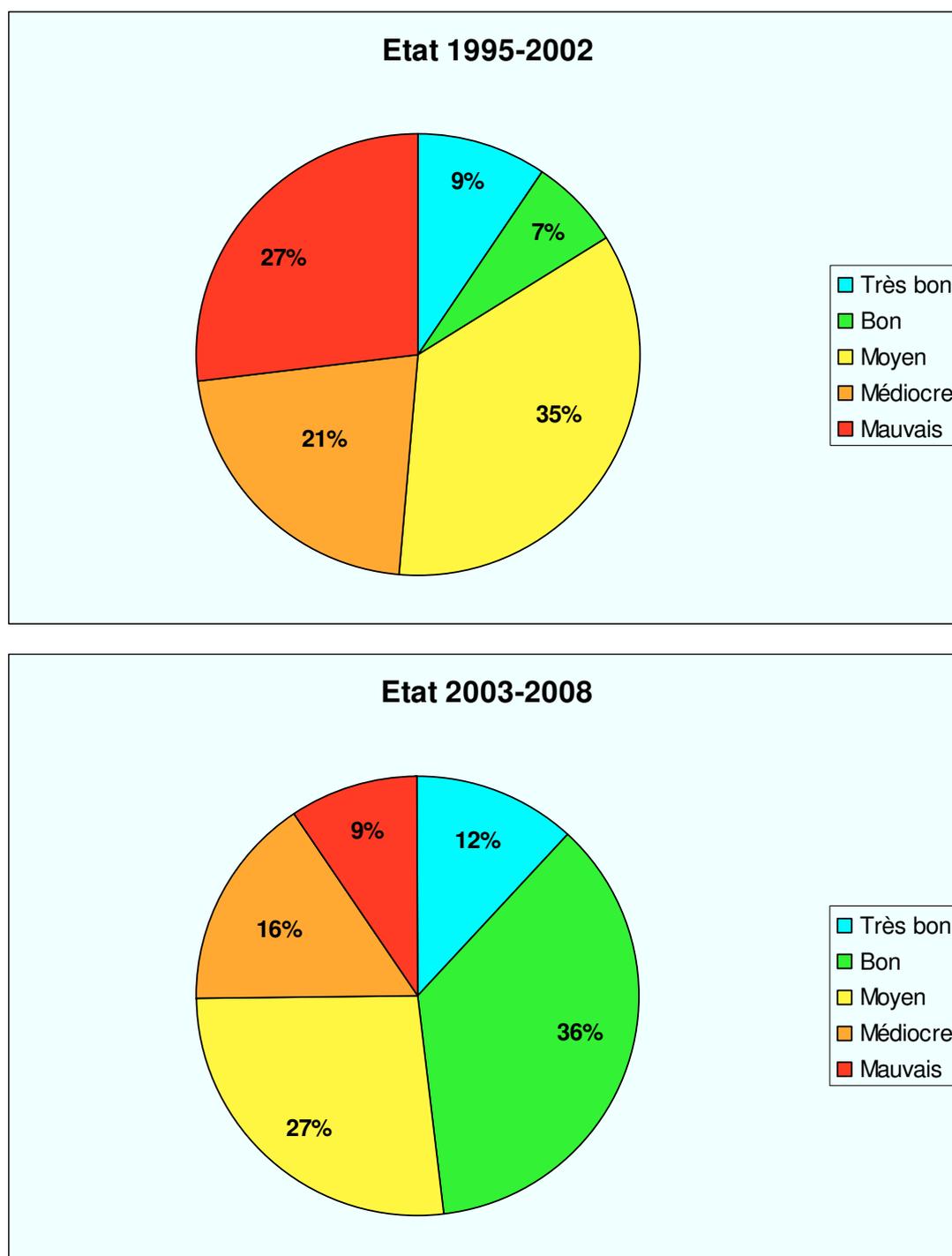


Figure 3 : Évolution de l'état physico-chimique des mêmes stations entre 1995-2002 et 2003-2008.

Les résultats majoritairement positifs dans la colonne *Très bon* et négatifs dans la colonne *Mauvais* confirment l'amélioration dans le temps des paramètres considérés.

Tableau 2 : Détails de l'évolution en % des classes de qualité des paramètres de l'OEaux entre 1995-2002 et 2003-2008.

	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
COD	5	-12	3	5	-1
N NH₄	7	-5	3	1	-5
N NO₂	11	8	4	-16	-7
N NO₃	1	-3	1	-	-
P soluble	5	9	4	-9	-9
Ni	-11	5	11	1	-7
Cu	15	8	-3	-3	-17
Zn	13	-11	3	3	-8
Cd	13	-9	-4	-	-
Pb	17	-13	-	-4	-

Les améliorations constatées sur les paramètres étudiés sont principalement dues aux efforts entrepris au niveau cantonal et transfrontalier en matière d'assainissement, à savoir les fermetures ou les rénovations de stations d'épuration (tableau 3).

Il est cependant bon de rappeler que les paramètres étudiés selon le système modulaire gradué sont, hormis les métaux, des paramètres très sensibles aux pollutions domestiques et agricoles. Ils représentent donc de bons indicateurs des actions en matière d'assainissement et de pratiques agricoles mais ne traduisent pas à eux seuls les impacts consécutifs aux activités humaines : les autres pollutions chimiques (en particulier les micropolluants organiques), les pollutions accidentelles (pouvant échapper à des contrôles ponctuels), les atteintes à l'écomorphologie pour ne citer qu'elles. A ce titre, les paramètres biologiques qui sont plus intégrateurs, permettent d'affiner ce diagnostic en estimant une qualité biologique résultant d'un état global et pas seulement trophique, des milieux aquatiques. C'est particulièrement le cas de l'indice biologique normalisé (IBGN) présenté plus loin.

Tableau 3 : Stations d'épuration fermées ou rénovées sur les bassins versants étudiés.

Pays	Station d'épuration	Rénovation	Fermeture	Bassin versant
Suisse	Dardagny	-	2006	R. des Charmilles
Suisse	Aïre	2001	-	Rhône
Suisse	Firmenich	2005-2006	-	Rhône
Suisse	Givaudan	2001	-	Rhône
Suisse	Hermance	-	2000	Hermance
Suisse	La Plaine de l'Aire - Confignon	-	2001	Aire
Suisse	Grand Saconnex	-	1999	Marquet Gobé Vengeron
France	Ferney	-	1998	Marquet Gobé Vengeron
France	Veigy	-	2001	Hermance
France	Divonne	2002	-	Versoix
France	Oudar - Versonnex	1996	-	Versoix
France	Chenex	-	2006	Laire
France	Vers	-	2007	Laire
France	Saint Julien	-	2001	Aire

Les paramètres sanitaires: qualité bactériologique

État 2008

La figure 4 ci-dessous présente les résultats bactériologiques de 1995 à 2008, dans 107 stations réparties sur 60 cours d'eau.

L'interprétation des résultats se base sur une adaptation de la Grille d'appréciation du canton de Berne (Gewässerbericht 1997-2000) par le canton de Genève (Service de l'écologie de l'eau). Elle permet un classement en 5 catégories d'état: "Très bon", "Bon", "Moyen", "Médiocre" et "Mauvais".

En 2008, 33% des stations ont un état sanitaire satisfaisant (état "Bon" et "Très bon"), selon la grille genevoise.

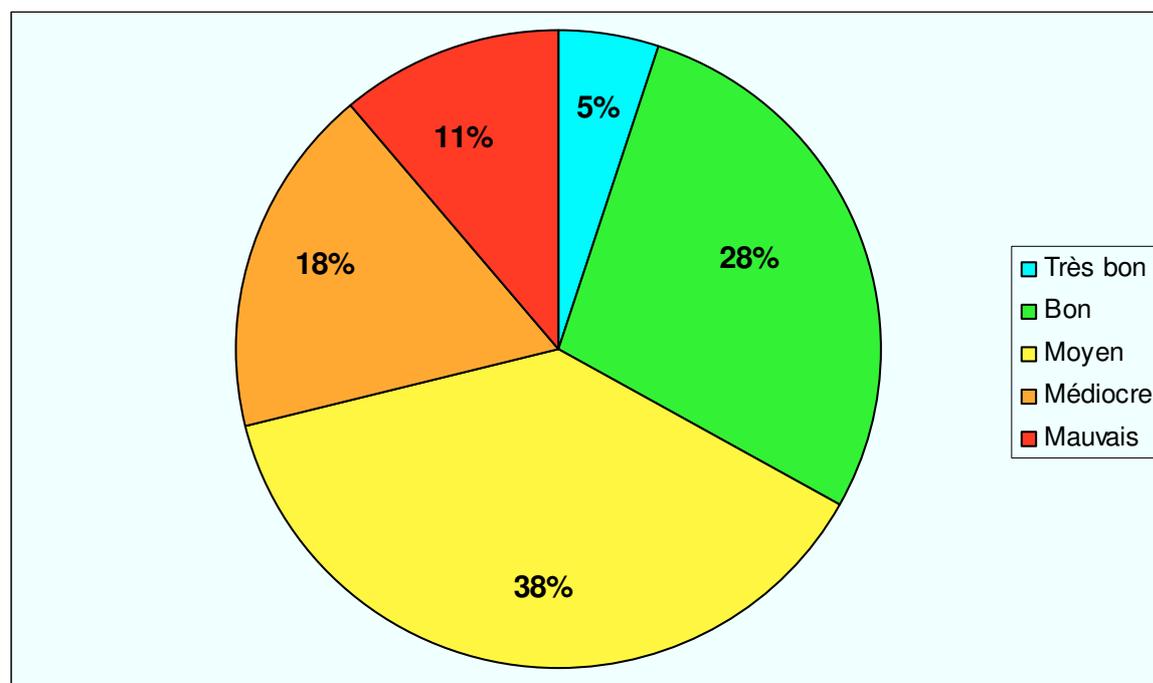


Figure 4: Bilan de l'état sanitaire, situation 2008.

Évolution depuis 1995

Afin d'estimer l'évolution sanitaire des cours d'eau genevois, la qualité des mêmes stations est comparée entre les périodes 1995 - 2002 et 2003 - 2008.

Les pourcentages des classes de qualité sont présentés dans la figure 5.

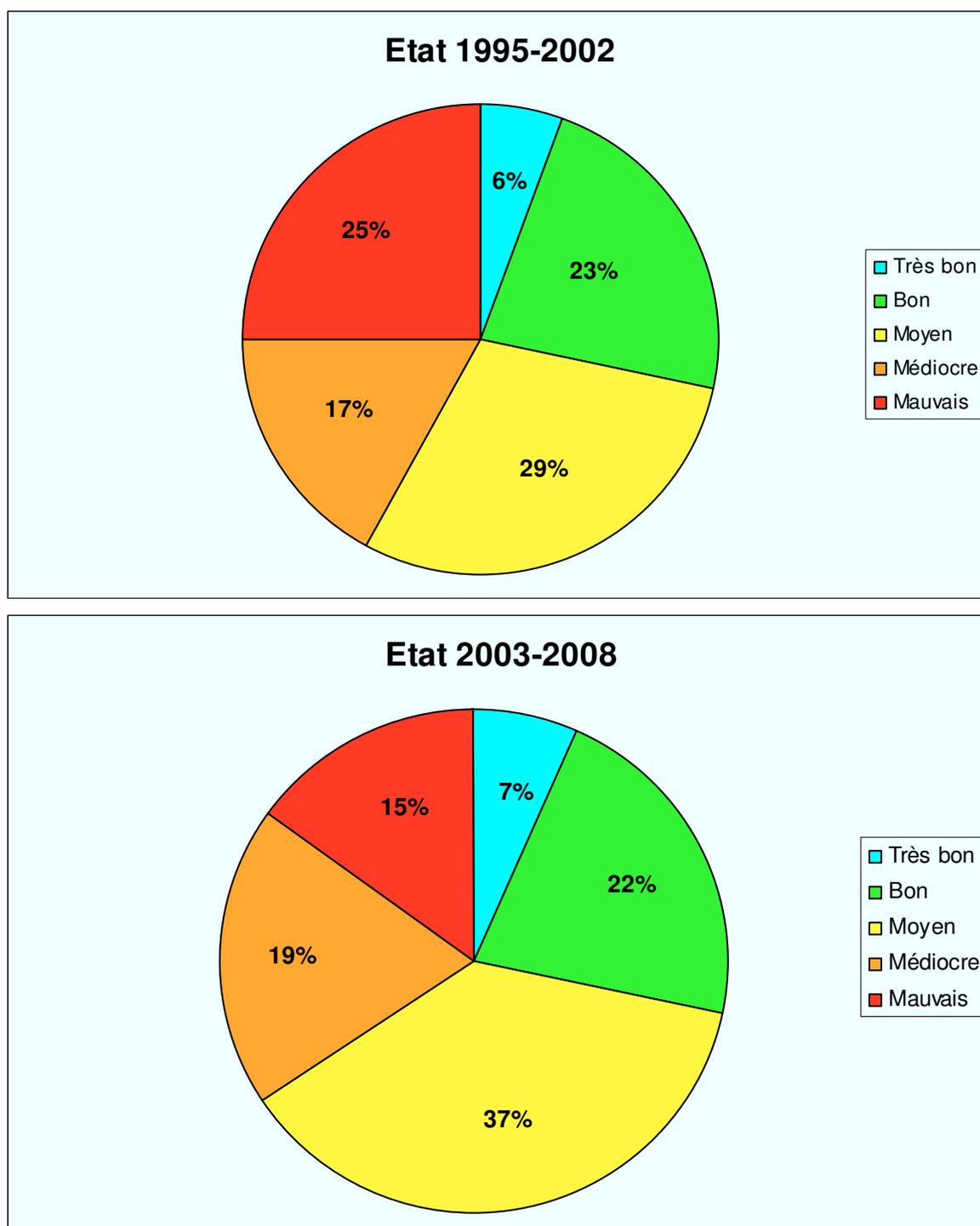


Figure 5: Évolution de l'état sanitaire des mêmes stations entre 1995-2002 et 2003-2008.

Le bilan de cette comparaison est résumé dans le tableau 4 ci-dessous:

Tableau 4 : Évolution des classes d'état sanitaire entre 1995-2002 et 2003-2008.

	1995-2002		2003-2008		Évolution
	n	%	n	%	
Très bon	10	6	4	7	+1
Bon	40	23	27	22	-1
Moyen	52	29	33	37	+8
Médiocre	30	17	14	19	+2
Mauvais	44	25	8	15	-10

Pour les stations de qualité *Très bon* et *Bon*, il n'y a pas de changement significatif. Par contre, on note une nette augmentation du nombre de stations de qualité moyenne (de 29% à 37%) accompagnée d'une diminution significative des stations de mauvaise qualité qui passent de 25% à 15 %.

Ces valeurs reflètent l'amélioration de la qualité sanitaire des eaux des cours d'eaux genevois durant les dernières années et traduisent les effets des efforts entrepris en matière d'assainissement des eaux.

A noter que la grille d'évaluation de l'état sanitaire a été, à la base, conçue pour les eaux de baignade. Cela explique la sévérité des seuils qui délimitent les classes.

Les bio-indicateurs

Le système modulaire gradué propose différentes méthodes biologiques permettant de vérifier si les objectifs écologiques des cours d'eau définis par l'OEaux sont atteints. Le canton de Genève en utilise deux : l'indice suisse des diatomées (DI-CH) (Hürlimann J. et Niederhauser, 2007) et l'indice biologique global normalisé (IBGN, AFNOR, 2004). Ces méthodes présentent l'avantage d'intégrer de nombreux paramètres tels que la qualité physico-chimique des eaux, les pollutions accidentelles et les conditions hydro-morphologiques des cours d'eau (Annexe 1).

Les algues diatomées (DI-CH)

Les diatomées sont des algues brunes microscopiques qui colonisent, entre autres, les cailloux des cours d'eau. Elles réagissent aux différentes pollutions qui affectent la qualité de l'eau (substances minérales et organiques, métaux, pesticides,...) et qui favorisent le développement des espèces tolérantes au détriment des sensibles. Le DI-CH permet de caractériser biologiquement la qualité de l'eau d'un cours d'eau par rapport aux paramètres chimiques. La note obtenue reflète donc la qualité physico-chimique globale de l'eau. Les diatomées sont ainsi complémentaires aux prélèvements physico-chimiques ponctuels et mettent particulièrement en évidence les pollutions accidentelles. Le DI-CH est appliqué depuis 1997 dans le canton de Genève.

État 2008

La figure 6 ci-après présente les résultats du DI-CH (le plus récent pour une station donnée) de 1997 à 2008, dans 113 stations et 58 cours d'eau. Ils sont issus de la moyenne des deux campagnes de prélèvements: février-mars (débits élevés) et août-septembre (débits faibles).

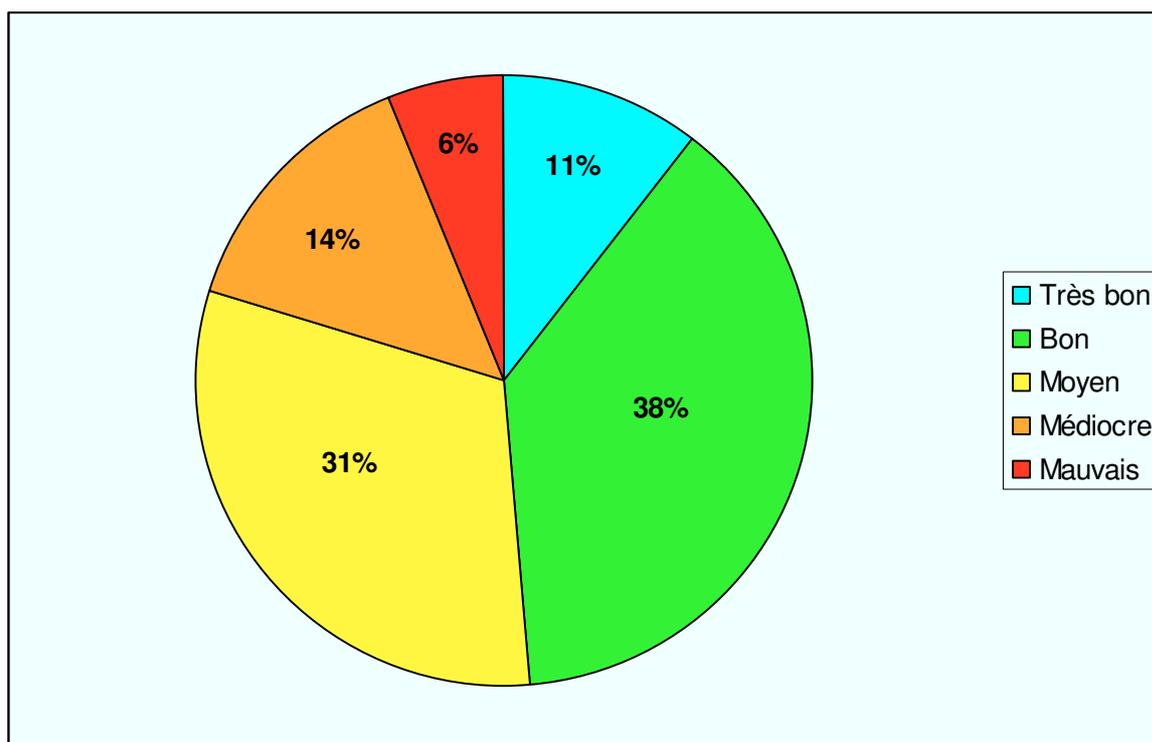


Figure 6 : Bilan de la qualité du DI-CH, état 2008.

En 2008, 49% des stations échantillonnées atteignent les objectifs écologiques fixés pour la microflore par l'Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux, 1998). Ces résultats sont bien corrélés avec les résultats physico-chimiques pour les éléments majeurs et les métaux.

Cependant, un grand nombre de stations ne remplissent pas les objectifs écologiques. Cela signifie que d'autres types de pollution, par exemple les micropolluants organiques (pesticides, résidus médicamenteux,...) affectent le développement des espèces sensibles de diatomées dans les rivières genevoises.

De plus, dans certains cours d'eau fortement exposés aux pollutions anthropiques, on dénombre des formes de diatomées tératologiques (dont la cellule est déformée par des pollutions toxiques).

Évolution depuis 1997

Afin d'estimer l'évolution de la qualité biologique exprimée par les algues diatomées au cours de ces dernières années l'état de la période 1997 - 2002 est comparé à celui de la période 2003 - 2008 aux mêmes stations sur les mêmes rivières (53 stations, 31 cours d'eau). Il n'existe pas de données DI-CH antérieures à 1997.

La figure 7 ci-après présente les pourcentages des classes d'état du DI-CH pour la période 1997-2002 et 2003-2008. Il s'agit toujours des moyennes des deux campagnes de prélèvements.

En comparant les résultats, on ne constate pas d'amélioration notable de la qualité de l'eau exprimée par les algues diatomées. Cependant seules 53 stations sur les 113 étudiées ont été échantillonnées lors des deux périodes 1997-2002 et 2003-2008. Les diatomées étant un bio-indicateur intégré récemment au monitoring, les données manquent actuellement pour établir un bilan évolutif robuste.

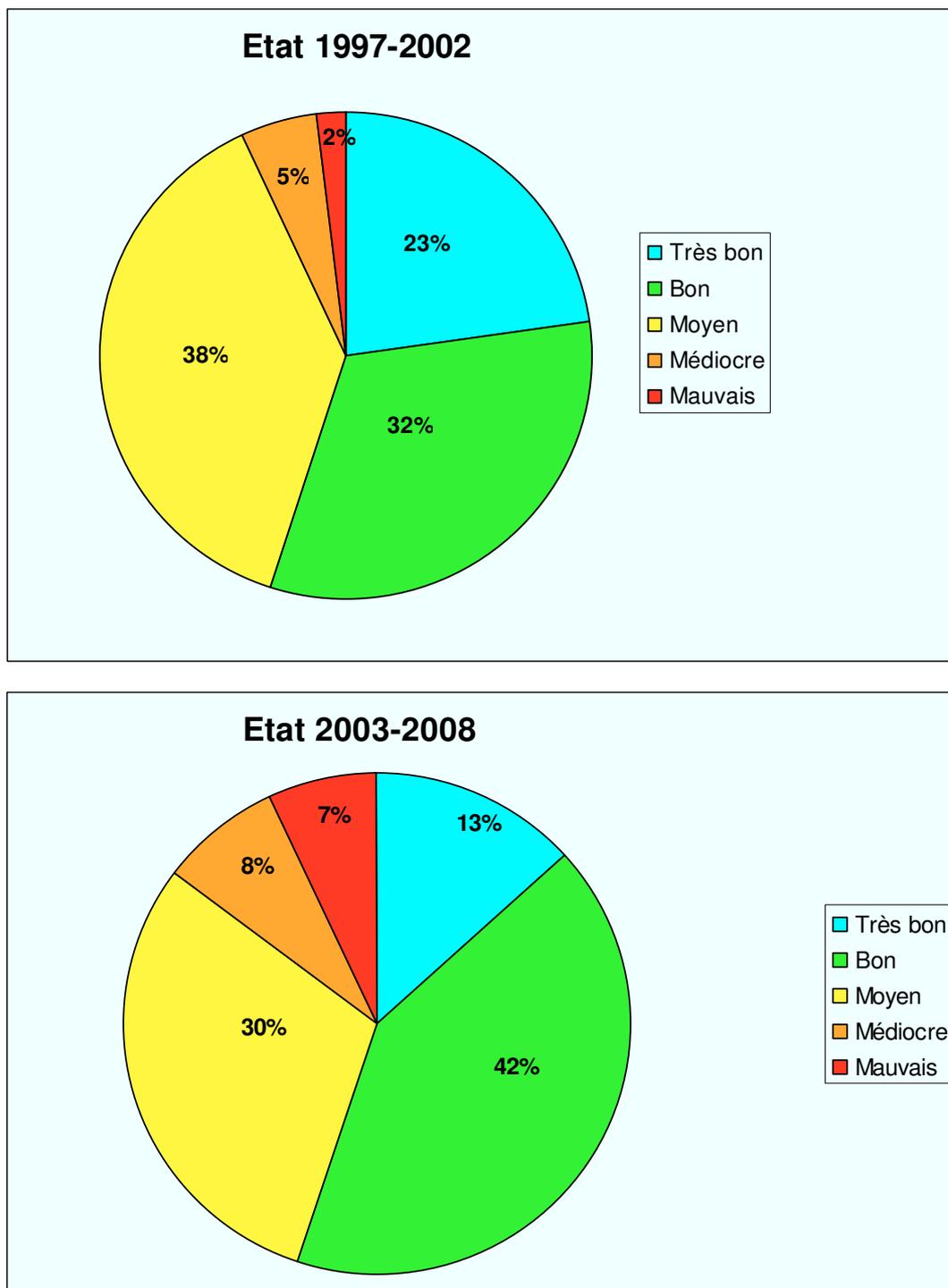


Figure 7 : Évolution DI-CH des mêmes stations entre 1997-2002 et 2003-2008.

L'état biologique global exprimé par la macrofaune benthique (IBGN)

État 2008

La répartition des indices IBGN décrivant l'état des cours d'eau genevois en 2008 est présentée à la figure 8. Seul un tiers des stations a une qualité conforme aux objectifs de qualité (état *Bon* ou *Très bon*). La plupart de ces stations sont situées dans les bassins versants où la pression des activités humaines est la moins forte (Allondon, Laire, Versoix ...).

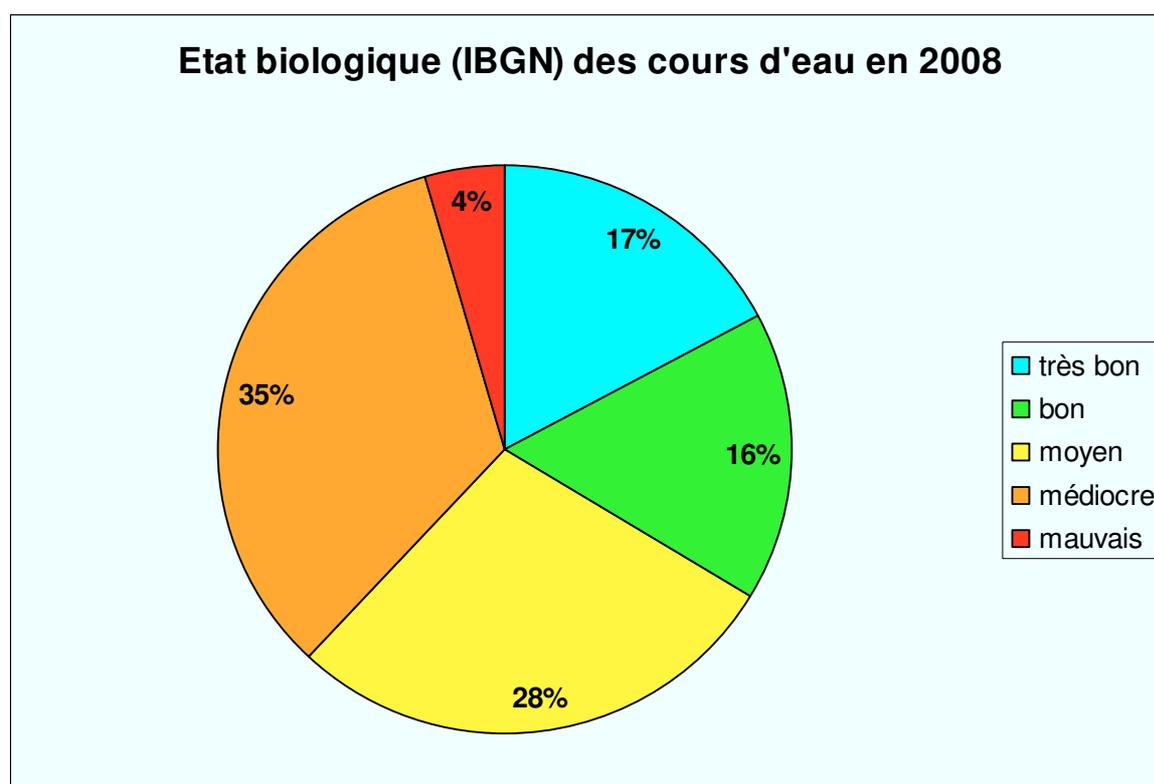


Figure 8 : Bilan de la qualité de l'IBGN, état 2008.

Évolution depuis 1995

Afin d'estimer l'évolution de l'état biologique global des cours d'eau genevois, la comparaison porte sur les mêmes 95 stations, réparties sur 52 cours d'eau, pour les périodes 1995 - 2002 et 2003 - 2008

La figure 9 ci-après présente les pourcentages des 5 classes d'état biologique global pour les périodes 1995-2002 (a) et 2003-2008 (b).

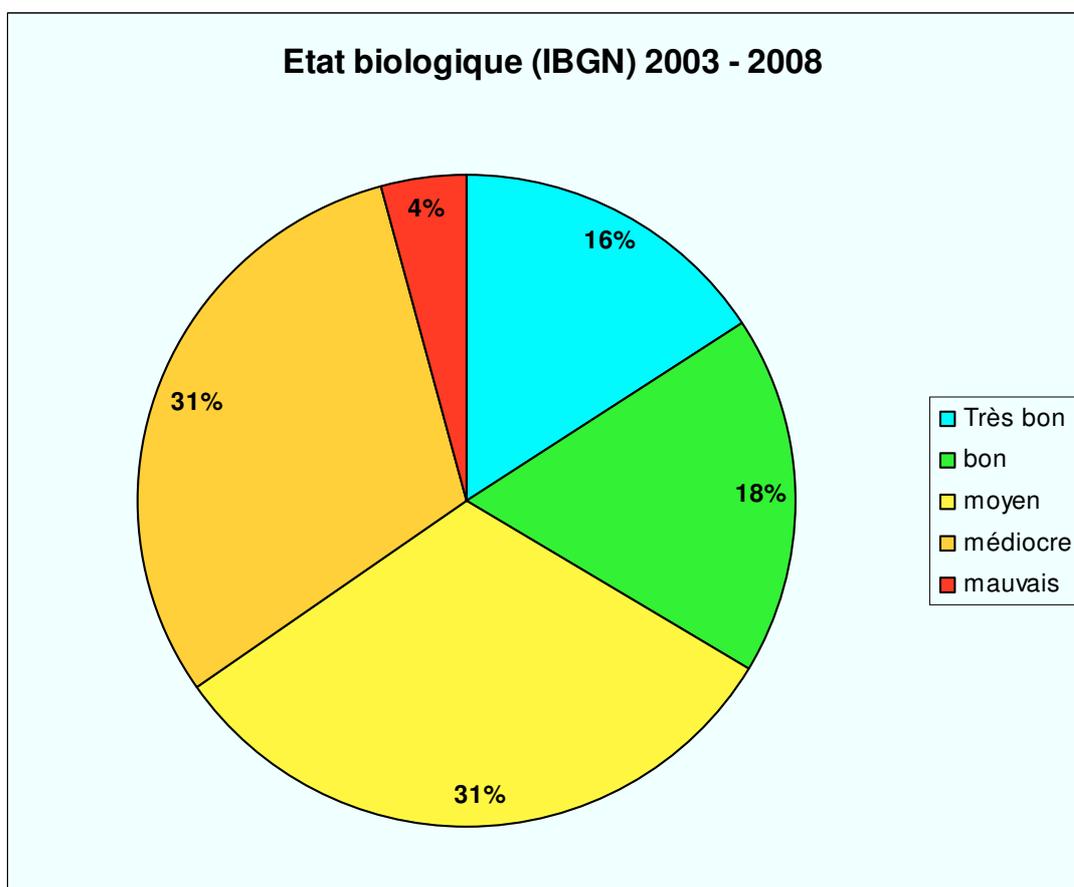
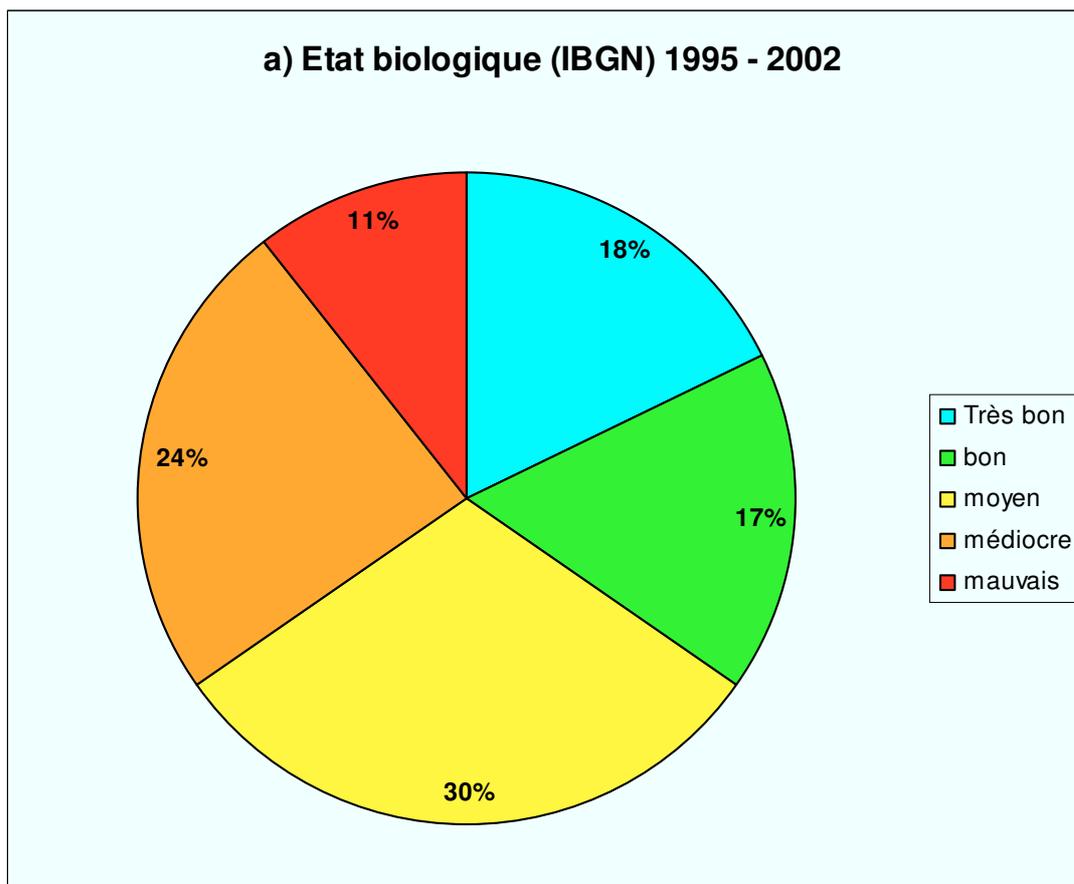


Figure 9 : Évolution de l'IBGN des mêmes stations entre 1995-2002 (a) et 2003-2008 (b).

Le bilan de cette comparaison est résumé dans le tableau 5 ci-dessous :

Tableau 5 : répartition des indices IBGN dans les 5 classes d'état avant et après 2003 et évolution entre les deux périodes

n = 95	1995 - 2002		2003 - 2008		évolution
	n	%	n	%	%
Très bon	17	18	15	16	- 2
bon	16	17	17	18	+ 1
moyen	29	30	30	31	+ 1
médiocre	23	24	29	31	+ 7
mauvais	10	11	4	4	- 7

Avec 35, respectivement 34 % de stations répondant aux critères de l'OEaux (*Bon* ou *Très bon* état), aucune évolution globale ne peut être mise en évidence entre les deux périodes considérées. A noter toutefois une diminution significative des stations de mauvais état, qui passent de 11 à 4 %.

Le décalage temporel entre les améliorations constatées au niveau de la qualité physico-chimique de l'eau et la qualité biologique globale peut s'expliquer par la persistance de substances toxiques dans les sédiments, qui influencent la faune vivant dans ou à leur surface (faune benthique), même si l'eau coulant dans le cours d'eau est de bonne qualité. De plus, la faune benthique intègre aussi la qualité de l'écomorphologie du lit et des berges, le colmatage des fonds et les perturbations du régime hydrologique. Dans les cours d'eau genevois, ces trois aspects ne sont pas toujours favorables au développement d'une macrofaune diversifiée et sensible. Il est donc nécessaire d'agir pour améliorer la qualité de l'eau, mais également l'écomorphologie des cours d'eau et le régime hydrologique.

Conclusions

On voit dans le tableau 6 que le bilan de santé des cours d'eau genevois est nuancé selon l'indicateur considéré (résultats détaillés en annexe 3). Le pourcentage de stations satisfaisant aux exigences légales varie de 33 à 49%. Si la qualité physico-chimique s'est nettement améliorée suite aux mesures prises, en particulier en matière d'assainissement, les paramètres biologiques n'ont pas montré d'amélioration nette. On notera cependant une diminution du nombre de stations de qualité médiocre ou mauvaise pour tous les paramètres hormis le DI-CH. Les mesures contribuant à la diminution de l'eutrophisation et la renaturation des cours d'eau doivent être poursuivies. Les schémas de planification cantonaux (Schéma de protection, d'aménagement et de gestion des eaux - SPAGE, Plan Général d'Évacuation des Eaux - PGEE, Plan Régional d'Évacuation des Eaux - PREE) permettent de coordonner et élaborer les actions dans le domaine de la gestion des cours d'eau genevois afin de limiter l'impact des activités humaines. Finalement, d'autres polluants en particulier les micropolluants organiques (pesticides, cosmétiques, médicaments...) doivent être limités. A cette fin, un projet pilote, soutenu par la Confédération, de réduction de la concentration en produits phytosanitaires dans le ruisseau des Charmilles est en cours depuis 2008 et pour 6 ans. Par ailleurs, une modification des bases légales introduisant une obligation de traitement de ces composés par les stations d'épuration est actuellement proposée au niveau fédéral.

Tableau 6 : Synthèse des différents indicateurs de qualité

Indicateur	% de stations satisfaisant à l'OEaux en 2008	Évolution du nombre de stations satisfaisantes entre 1995-2002 et 2003-2008	Améliorations
Physico-chimie	43	Multiplié par 3	Moins de stations médiocres et mauvaises
DI-CH	49	Pas d'évolution	Pas d'amélioration
IBGN	33	Pas d'évolution	Moins de stations mauvaises
<i>E. coli</i>	33	Pas d'évolution	Moins de stations mauvaises

Bibliographie

- 2004- AFNOR *Qualité de l'eau. Détermination de l'Indice biologique global normalisé (IBGN)* -NF T 90-350. Paris, Assoc. française de normalisation : 16 p.
- 1999- CONSEIL FEDERAL SUISSE *Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux)*. 1er janvier 1999, 62 art. + annexes. Berne. http://www.admin.ch/ch/f/rs/c814_201.html
- 2007- HURLIMANN et NIEDERHAUSER : *Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau : Diatomées - niveau R (région)*, 2007, 57 p. + annexes. <http://www.modul-stufen-konzept.ch/f/diatomeen-f.htm>
- 2004- LIECHTI P., FRUTIGER A. et ZOBRIST J. : *Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse : Module chimie – Analyses physico-chimiques niveau R & C. Projet. OFEFP, Berne. 27 p. + annexes.* <http://www.modul-stufen-konzept.ch/f/chemie-f.htm>
- 1998- OFEFP *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. <http://www.modul-stufen-konzept.ch/f/index-f.htm>
- 2010- OFEV : *Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse : Macrozoobenthos - niveau R IBCH. Version provisoire mars 2010*, 32 p. + annexes. Office fédéral de l'environnement, Berne.
- 1990- OFSP : *Recommandations pour l'évaluation de la qualité hygiénique des eaux de baignade de lacs et de rivières*. Berne, 29 p.

ANNEXES

ANNEXE 1: Méthodes

A1.1 Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques d'eau sont effectuées sur des échantillons instantanés prélevés mensuellement. 21 paramètres classiques sont mesurés à l'aide de méthodes standards. De plus, 60 métaux sont analysés par ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry).

Ces méthodes sont régulièrement vérifiées par comparaisons inter-laboratoires et font l'objet d'une accréditation ISO 17025.

Les exigences pour les différents paramètres physico-chimiques de l'ordonnance fédérale sur la protection des eaux (OEaux) du 28 octobre 1999 (Conseil fédéral, 1999), sont présentées dans le tableau A1.

Tableau A1: exigences de l'ordonnance OEaux pour la physico-chimie de l'eau

Paramètre	Concentration maximale admissible
Demande Biochimique en Oxygène (DBO ₅)	2 à 4 mg/LO ₂ 2mg/l valable pour les eaux naturellement peu polluées
Carbone Organique Dissous (COD)	1 à 4 mg/L C 1mg/l valable pour les eaux naturellement peu polluées
Ammonium (N-NH ₄ ⁺ +N-NH ₃)	T° > 10°C: 0.2 mg/L N T° < 10°C: 0.4 mg/ L N
chrome (Cr)*	2 µg/ L
nickel (Ni)*	5 µg/ L
cuivre (Cu)*	2 µg/ L
zinc (Zn)*	5 µg/ L
cadmium (Cd)*	0.05 µg/ L
plomb (Pb)*	1 µg/L
Mercure (Hg)	0.01 µg/L

* métaux dissous, filtration à 0.45µm.

Le module Chimie du Système modulaire gradué

Le module Chimie « Analyses physico-chimiques - Niveau R et C » a été publié sous forme de projet en 2004 par l'OFEP (Liechi & al. 2004) et complété en 2006.

Six paramètres ont été retenus par le SECOE pour apprécier l'impact des activités humaines sur les eaux:

Orthophosphates (Ortho-P)

Phosphore total (P tot)

Nitrates

Nitrites

Ammonium

Carbone organique dissous (COD)

Les résultats des analyses chimiques sont combinés pour apprécier la qualité des échantillons d'eau au moyen d'indices pouvant ensuite être comparés aux exigences/objectifs dans un système comprenant 5 classes (tableau A2).

Pour les nitrites, les limites proposées pour les classes *Bon* et *Moyen* sont valables lorsque les teneurs en chlorures varient entre 10 et 20 mg Cl/L ou si les chlorures ne sont pas déterminés. Le classement est décalé d'un cran vers le haut lorsque les teneurs en chlorures sont inférieures à 10 mg Cl/L et d'un cran vers le bas lorsqu'elles sont supérieures à 20 mg Cl/L.

L'ammonium comprend la somme des $N-NH_4^+$ et des $N-NH_3$. Une plus grande sévérité s'impose pour les températures supérieures à 10 °C et un pH supérieur à 9, en raison de la protolyse du $N-NH_4^+$ et de l'augmentation concomitante des teneurs en ammoniac. Une longue exposition à des concentrations en ammoniac supérieures à 0.008 mg N/L peut s'avérer toxique pour les œufs et les alevins des poissons nobles; il ne faudrait dès lors pas dépasser 0.02 mg N/L.

Les émissaires de marais et de lacs sont caractérisés par des concentrations élevées en COD d'origine naturelle. En automne, le COD peut également augmenter par suite de la décomposition des feuilles mortes tombées dans l'eau. L'OEaux en tient compte, en proposant une fourchette de 1 à 4 mg C/L. Dans les cas favorables, il faut donc adapter l'évaluation en adoptant des valeurs proportionnellement plus basses.

Tableau A2: Classification de l'état chimique des eaux, au niveau R.

Appréciation	Ortho-P [mg P/L]	P tot. [mg P/L]	Nitrates [mg N/L]	Nitrites* [mg N/L]	Ammonium** [mg N/L]	COD [mg/L]
					(<10°C)	
Très bon	< 0.02	< 0.04	< 1.5	< 0.05	<0.08	< 2.0
Bon	0.02 < 0.04	0.04 < 0.07	1.5 < 5.6	0.05 < 0.1	0.08 < 0.4	2.0 < 4.0
Moyen	0.04 < 0.06	0.07 < 0.10	5.6 < 8.4	0.1 < 0.15	0.4 < 0.6	4.0 < 6.0
Médiocre	0.06 < 0.08	0.10 < 0.14	8.4 < 11.2	0.15 < 0.20	0.6 < 0.8	6.0 < 8.0
Mauvais	> 0.08	> 0.14	> 11.2	> 0.20	> 0.8	> 8

*Les valeurs de nitrites sont calibrées pour des valeurs de chlorures > 20mg/l.

** Les valeurs d'ammonium sont calibrées pour des températures < 10 °C

Outre le module chimie de l'OFEP, d'autres indices de la qualité physico-chimique de l'eau ont été élaborés par le SECOE parmi lesquels l'IPM (Indice de Pollution Métallique).

La pollution métallique

Construit sur le même principe que le module chimie, il reprend les exigences de l'OEaux pour les métaux (hors mercure) et propose un indice en 5 classes selon les tableaux A3 et A4 pour aboutir à la grille d'appréciation présentée dans le tableau A5.

Tableau A3: Choix de l'indice utilisé pour la mise en valeur des résultats d'analyse à une station, en fonction du nombre d'échantillons.

Type et nombre d'échantillons	Quantile représentatif	Remarques
8 – 11 échantillons continus journaliers 12 – 23 échantillons instantanés	80%	Regroupement de mesures couvrant plus de 2 à 3 ans seulement si aucune tendance ne se dessine à long terme.
> 11 échantillons continus journaliers > 23 échantillons instantanés	90%	Les valeurs de plus de 2-3 ans ne devraient pas être prises en compte pour le calcul du 90 ^e centile, en particulier si les exigences relatives au nombre d'échantillons ne sont pas parfaitement remplies.

Tableau A4. Classification de l'état chimique des eaux (niveau R).

Appréciation	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Conditions	$I < \frac{1}{2} O$ et $M < O$	$\frac{1}{2} O \leq I < O$ et $M < 2 * O$	$O \leq I < 1.5 * O$ et $M < 3 * O$	$1.5 * O \leq I < 2 * O$	$I \geq 2 * O$

indice IPM, M : valeur maximale mesurée, O : objectif qualité

Tableau A5 : Grille d'appréciation de la pollution métallique des cours d'eau (IPM).

Appréciation	Cr (µg/L)	Ni (µg/L)	Cu (µg/L)	Zn (µg/L)	Cd (µg/L)	Pb (µg/L)	IPM
Très Bon	< 1	< 2.5	< 1	< 2.5	< 0.025	< 0.5	< 0.5
Bon	1 - 2	2.5 - 5	1 - 2	2.5 - 5	0.025 - 0.05	0.5 - 1	0.5-1
Moyen	2 - 3	5 - 7.5	2 - 3	5 - 7.5	0.05 - 0.075	1 - 1.5	1 - 1.5
Médiocre	3 - 4	7.5 - 10	3 - 4	5 - 10	0.75 - 0.10	1.5 - 2	1.5 -2
Mauvais	> 4	> 10	> 4	> 10	> 0.10	> 2	> 2

La méthode analytique utilisée (ICP-MS) ne permet pas une mesure fiable du mercure. Le chrome n'est mesuré avec précision que depuis 2007.

A1.2 Analyses bactériologiques

Les eaux usées sont une des principales causes d'atteinte à la qualité hygiénique des eaux. La pollution bactérienne peut être d'origine domestique (mauvais raccordement aux égouts, STEP défectueuse ou en surcharge) ou rurale (élevage de bétail). Elle est déterminée par des mesures d'*Escherichia coli* ; la sensibilité de cette bactérie en fait un très bon indicateur de contamination fécale de l'eau.

- La méthode utilisée est celle habituellement appliquée pour la surveillance de la qualité hygiénique des eaux de baignade (OFSP et al. 1990).
- L'interprétation des résultats se base sur une adaptation de la Grille d'appréciation du canton de Berne (Gewässerbericht 1997-2000) par le canton de Genève (Service de l'écologie de l'eau).

Les valeurs sont exprimées en UFC/ml d'*Escherichia coli*. Les couleurs correspondent aux cinq classes d'états sanitaires suivants :

Grille GENEVOISE		
Etat sanitaire		
Très bon	0 UFC / ml	1
Bon	1 à 9 UFC / ml	2
Moyen	10 à 39 UFC / ml	3
Médiocre	40 à 80 UFC / ml	4
Mauvais	> 80 UFC / ml	5

A1.3 Indice diatomique suisse (DI-CH)

Les diatomées sont des algues brunes microscopiques vivant, entre autres, sur les pierres des cours d'eau. Elles sont utilisées depuis le début du 20^{ème} siècle comme bio-indicateurs de la qualité de l'eau des rivières (Kolkwitz et Marsson, 1902). Les populations de diatomées intègrent la qualité physico-chimique globale de l'eau des stations étudiées sur environ trois à quatre semaines.

Le SECOE (Service de l'écologie de l'eau) utilise les indices diatomiques pour la surveillance des rivières depuis 1996. Depuis 2002, c'est la méthode DI-CH, proposée dans le cadre du système modulaire gradué de l'OFEPF qui est appliquée. En 2006, cette méthode a fait l'objet d'une mise à jour et d'une nouvelle publication (Hürlimann & Niederhauser, 2006).

La note obtenue pour une station correspond à une des 5 classes de qualité d'eau présentées dans le tableau A6 ci-dessous.

Les stations des classes bleue et verte respectent les objectifs écologiques fixés par la Confédération (OEaux, annexe 1). Si la classe est jaune, orange ou rouge, elle n'atteint pas ces objectifs.

Tableau A6 : Classes qualité de l'indice diatomique suisse DI-CH

Note DI-CH	Qualité
1.0 – 3.49	Très bon
3.5 – 4.49	Bon
4.5 – 5.49	Moyen
5.5 – 6.49	Médiocre
6.5 – 8.0	Mauvais

A1.4 Etat biologique global exprimé par la macrofaune benthique

Le canton de Genève évalue l'état des cours d'eau au moyen de méthodes biologiques depuis 1984. Ces méthodes utilisent la faune invertébrée visible à l'œil nu vivant sur ou dans les substrats du fond des cours d'eau (macrofaune benthique ou macrozoobenthos). Elle est essentiellement composée de vers, de mollusques, de crustacés et d'insectes aquatiques.

Entre 1984 et 1993, c'est la méthode française *Indice de Qualité Biologique Globale - IQBG* (Verneaux & al. 1976) qui a été appliquée, puis, entre 1994 et 2008, son évolution *Indice Biologique Global Normalisé - IBGN* (AFNOR 2004). Dès 2009, le SECOE applique la méthode suisse *Macrobenthos niveau R - IBCH* (OFEV, 2010), proposée dans le cadre du *Système modulaire gradué pour l'analyse et l'appréciation des cours d'eau en Suisse* (OFEFP, 1998).

Toutes ces méthodes ont en commun l'utilisation de deux caractéristiques de la macrofaune benthique : la diversité des organismes, corrélée positivement avec la qualité du milieu, et la présence d'organismes connus pour leur sensibilité à la pollution (groupe indicateur).

Le diagnostic permet une appréciation globale de la qualité du cours d'eau et des effets de perturbations du milieu sur les organismes, mais pas de désigner la cause précise de dégradations observées. Cette approche est donc complémentaire à l'analyse physico-chimique de l'eau, qui fournit des indications sur les causes potentielles de dégradation du milieu aquatique.

L'effet mémoire lié à la durée de vie des organismes permet de détecter des dégradations survenues durant une période de plusieurs semaines précédant le prélèvement.

Les détails de la méthode figurent dans le document publié par l'OFEV (http://www.modul-stufen-konzept.ch/download/mzb_niveau-r.pdf) et ne sont pas repris ici.

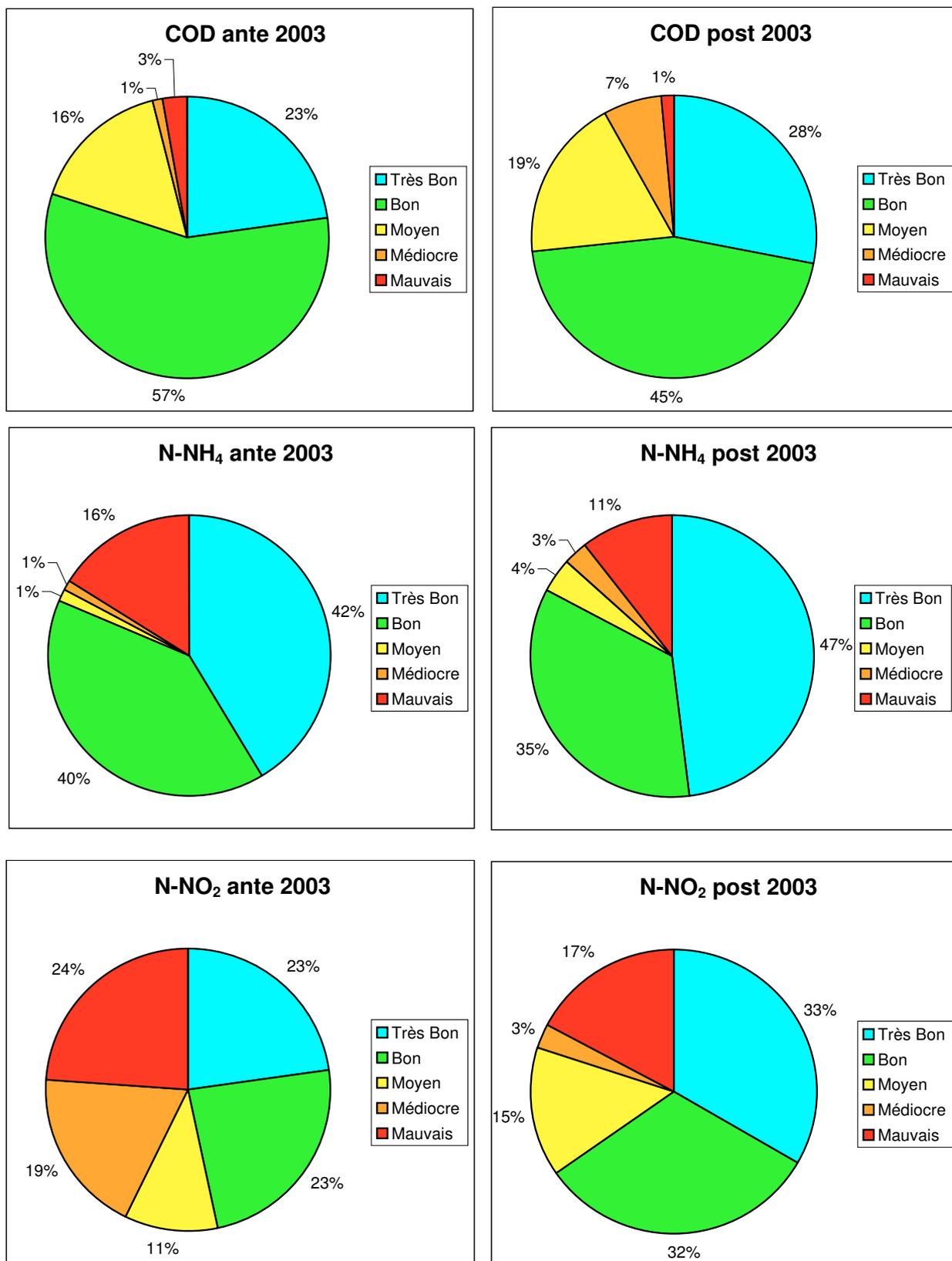
Dans l'attente d'une grille de répartition spécifique pour la Suisse, les valeurs indicielles, comprises entre 1 et 20, sont regroupées en 5 classes d'état selon l'échelle proposée par le CEMAGREF (Wasson & al. 2002) pour l'hydroécocoréion Jura - Préalpes (tableau A10)

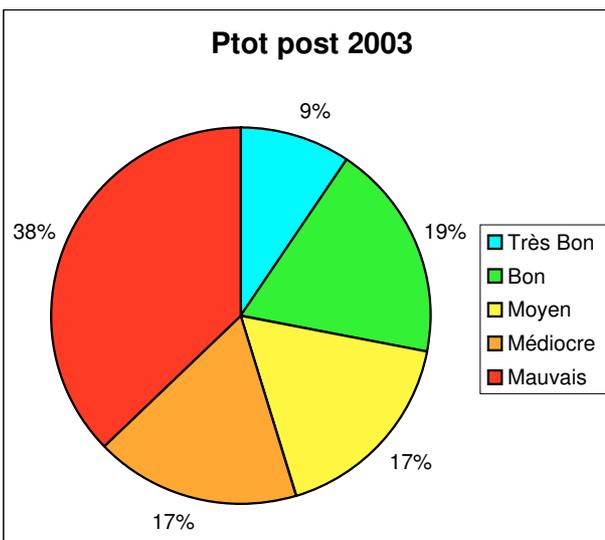
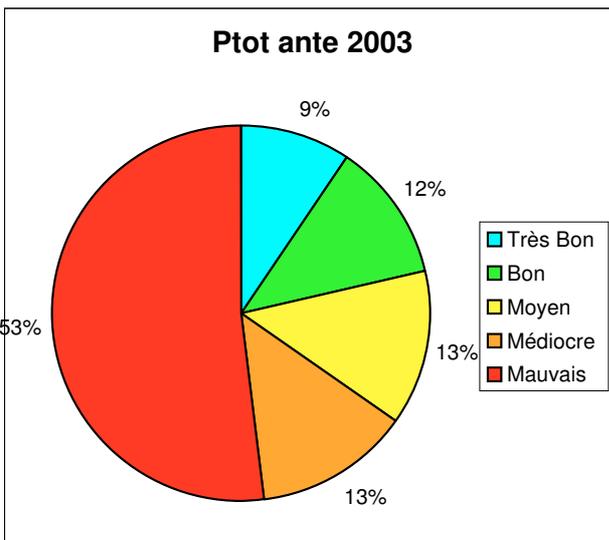
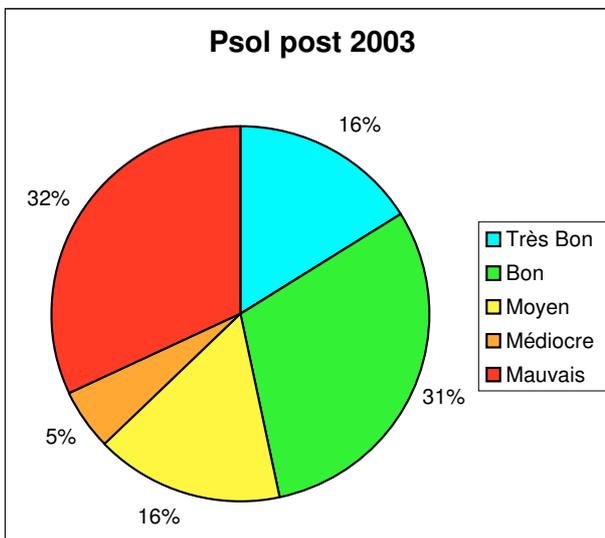
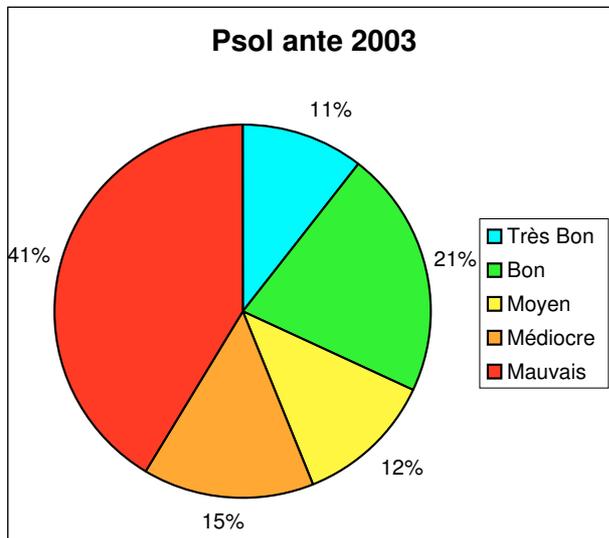
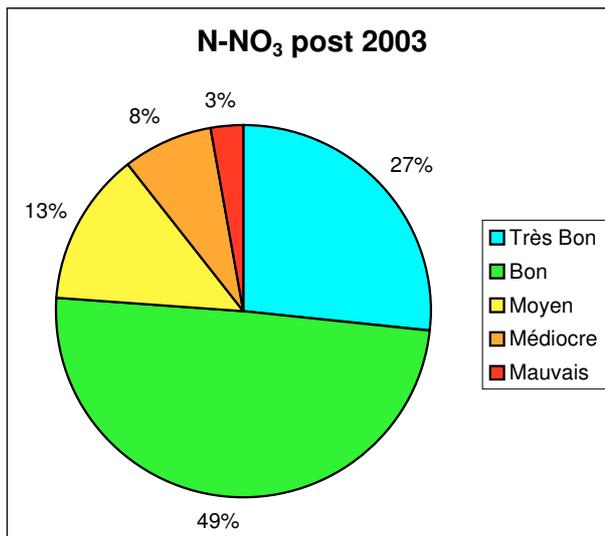
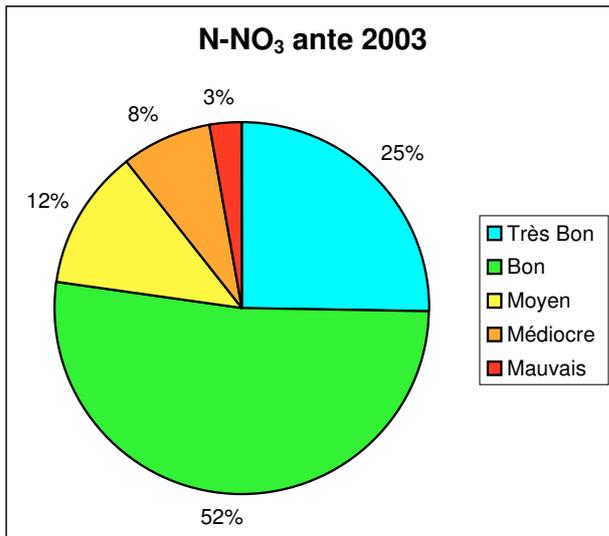
Tableau A10: classes de qualité biologique globale:

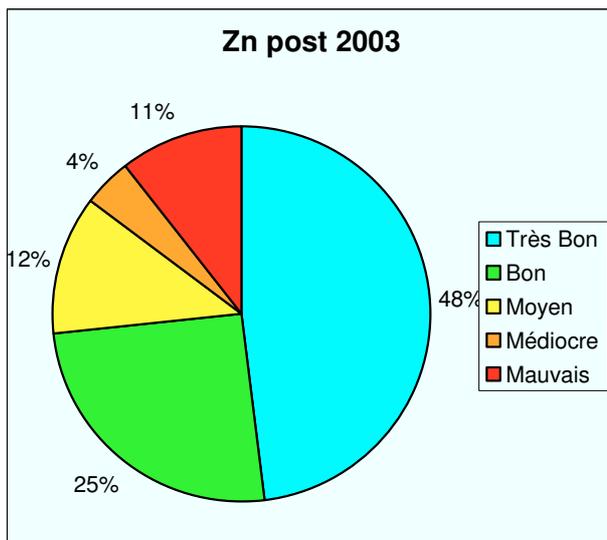
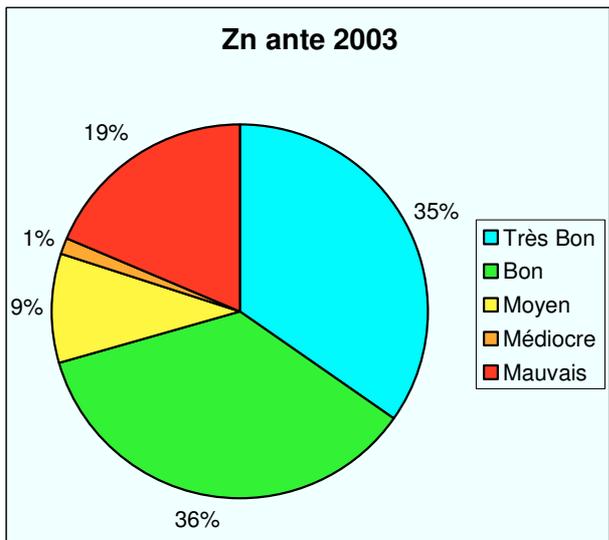
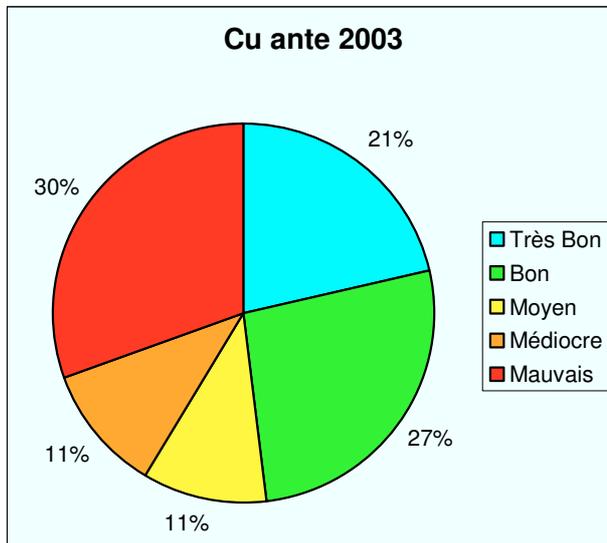
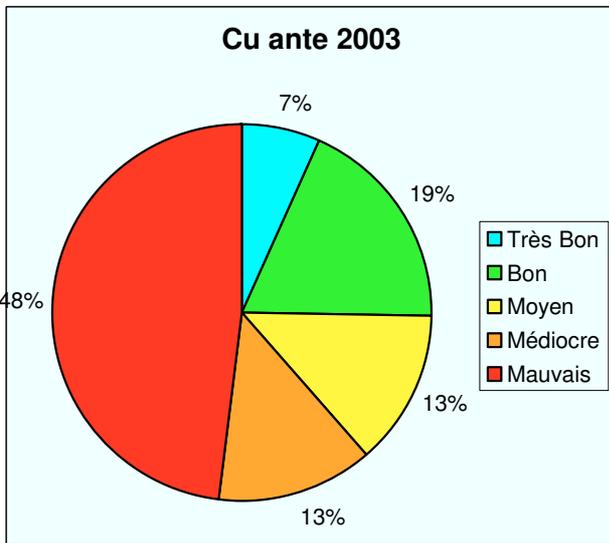
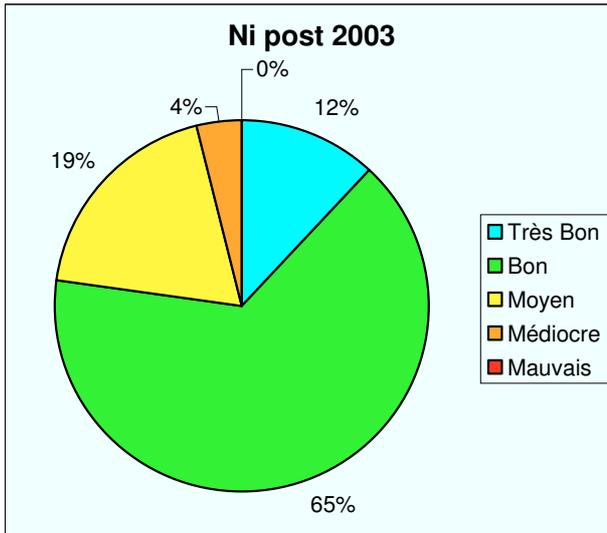
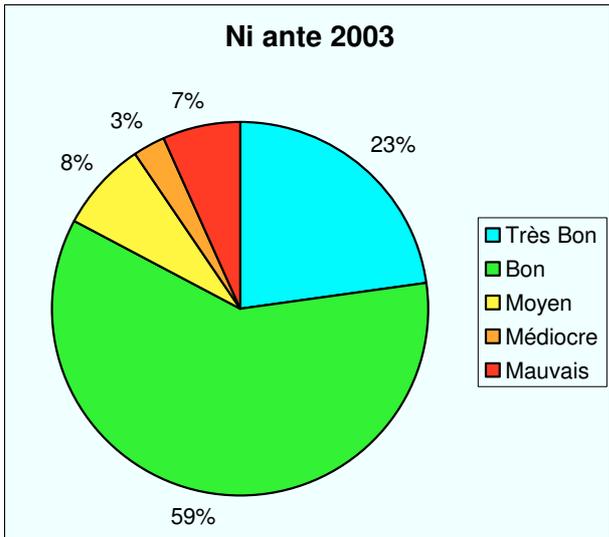
IBGN	Appréciation
≥ 14	Très bon
12 - 14	Bon
9 - 12	Moyen
5 - 8	Médiocre
< 5	Mauvais

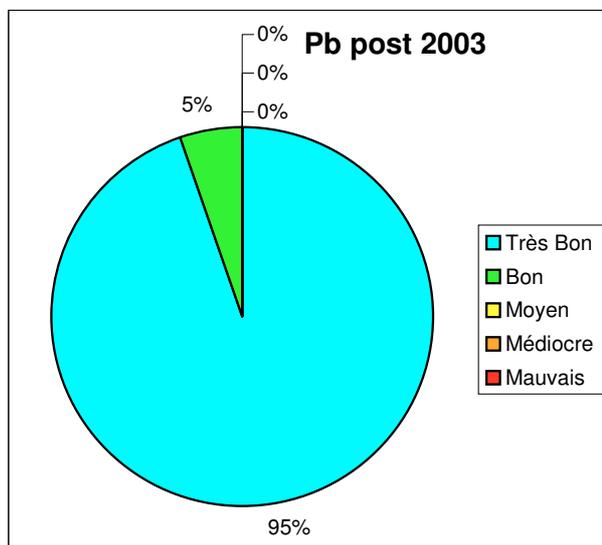
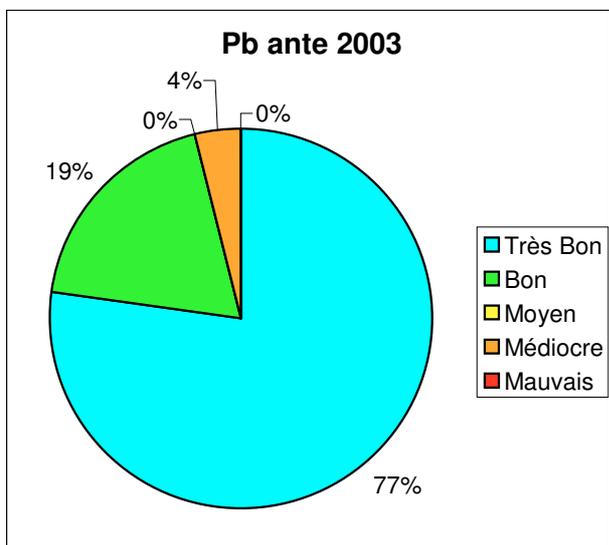
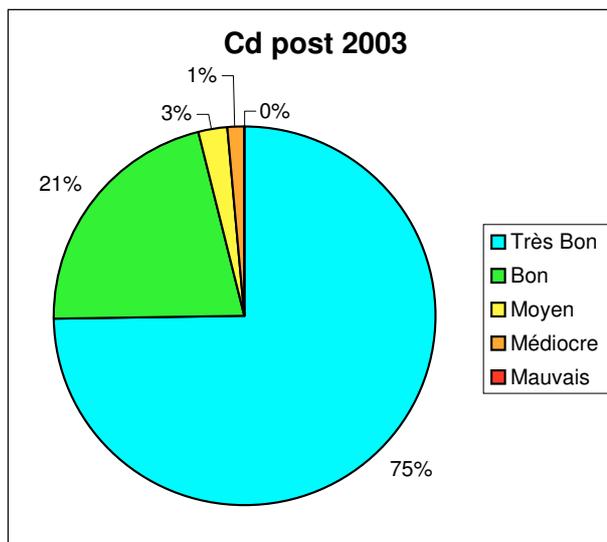
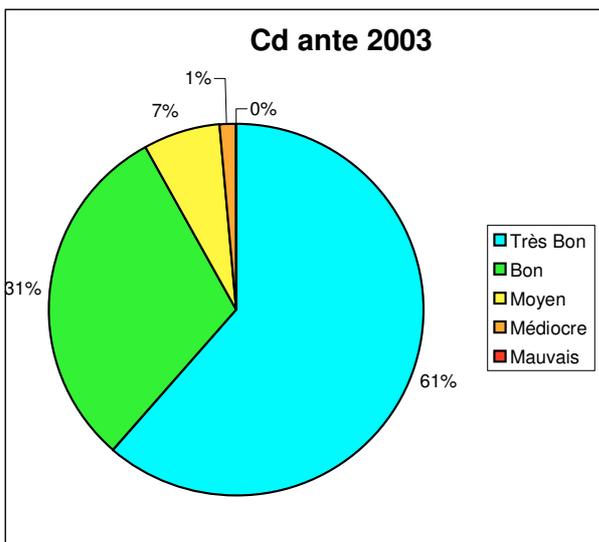
Les listes faunistiques établies avant 2009 permettent également de calculer un indice IBCH a posteriori et d'estimer ainsi l'évolution de la qualité biologique à long terme.

ANNEXE 2 : Évolution détaillée ante et post 2003 des paramètres physico-chimiques









ANNEXE 3 : Qualité des stations étudiées selon les modules du système modulaire gradué.

RIVIERE	STATION	ANNEE	Physico-chimie	DI-CH	IBGN	E.coli
ABBAYE DE PRESINGE	Aval rte de Presinge	2007				
AIRE	Pont du Gué	2004				
AIRE	Aval ZIPLO	2004				
AIRE	Pont du Centenaire	2004				
AIRE	Pont de Certoux	2004				
AISY	Embouchure	2007				
AISY	Côte d'or	2007				
AISY	Route de Covéry	2007				
ALLEMogne	Thoiry-Martinet	2005				
ALLONDON	La Plaine	2005				
ALLONDON	Les Granges	2005				
ALLONDON	Fabry	2005				
ALLONDON	Amont STEP	2005				
ALLONDON	Naz-dessous	2005				
ARVE	Ecole-de-médecine	2008				
ARVE	Vessy RG	2008				
ARVE	pont d'Etrembières	2008				
AVANCHET	Embouchure	2008				
AVRIL	Peney	2008				
AVRIL	Satigny	2008				
AVRIL	Bourdigny	2008				
AVRIL	Meyrin	2008				
BISTOQUETTE	Bois de Milly	2004				
BRILLE	Rte de Suisse	2003				
BRASSU	Rte de Suisse	2003				
CHAMBET	Corsinge	2007				
CHAMBOTON	Amont Prés-de l'Oie	2007				

RIVIERE	STATION	ANNEE	Physico-chimie	DI-CH	IBGN	<i>E.coli</i>
CHAMBURAZ	Embouchure (F-74)	2007				
CHARMILLES	Amont pont SNCF	2005				
CHARMILLES	Amt STEP Dardagny	2005				
CHATELET	Embouchure	2002				
CHENEX	Passerelle de Malagny	2006				
CLEF	Amt confluence Tate	2004				
COUCHEFATTE	Moulin Roget	2006				
COURTENAUD	bord de la route	1997				
CRET	Embouchure	2005				
CREUSON	Embouchure	2003				
CREVE - COEUR	Embouchure	2003				
CRUES	Embouchure	2005				
CRUES	Aval STEP Laconnex	2005				
DRIZE	Grange-Collomb	2004				
DRIZE	Rivolette	2004				
DRIZE	Pierre-Grand	2004				
DRONDE	Amont busage Verbois	2006				
EAUX-CHAUDES	Embouchure	2005				
EAUX-FROIDES	Les Îles	2005				
FORON	Villette (CH/F)	2007				
FRERES	Embouchure	2008				
GOBE	Poterie	1999				
GOBE	Vireloup	1999				
GOY	Amont Aire-La-Ville	2006				
GREBATTES	Embouchure	2008				
HERMANCE	Embouchure (CH/F)	2007				
HERMANCE	Pont de Bouringe (CH/F)	2007				
HERMANCE	Pont de Crévy (CH/F)	2007				
HERMANCE	Pont Neuf (CH/F)	2007				
HERMANCE	Pont des Soupirs (F-74)	2007				

RIVIERE	STATION	ANNEE	Physico-chimie	DI-CH	IBGN	E.coli
LAIRE	Embouchure	2006				
LAIRE	Moulin de la Grave	2006				
LAIRE	Sézegnin	2006				
LAIRE	Rougemont	2006				
LAIRE	Vaux (F-74)	2006				
LION	Saint-Genis F-01)	2005				
LONGET	Amt rte de Vers-Vaux	2006				
MAISON CARREE	Bois-de-Bay	2008				
MARAIS	Bellavista	2004				
MARAIS	Douane de Troinex	2004				
MARNOT	Embouchure (F-74)	2007				
MERLEY	Amont Goy	2006				
MERLEY	Aval rte de Chancy	2006				
MERLEY	Aval Cavoitanne	2006				
MISSEZON	Amt rte de l'Allondon	2005				
MOULIN DE LA GRAVE	Embouchure	2006				
MOULIN DE LA RATTE	Amont busage	2006				
MUNET	Embouchure	1997			2003	
OUDAR	Embouchure	2003				
PARADIS	Embouchure	2007				
PARADIS	Les Doilletts	2007				
PETITE GRAVE	Aval étangs	2006				
PISSEVACHE	Vielle Bâtie	2003				
PRALIES	Embouchure	2005				
PRY	rte de Suisse/emb.	2003				

RIVIERE	STATION	ANNEE	Physico-chimie	DI-CH	IBGN	E.coli
RHONE	Chancy RG	2008				
RHONE	Touvière RD	2008				
RHONE	amont Allondon RD	2008				
RHONE	Chèvres Centre	2008				
RHONE	Peney pont	2008				
RHONE	Aval STEP Aire	2008				
RHONE	amont Jonction RG	2008				
RHONE	Pâquis	2008				
ROULAVE	Embouchure	2005				
SEYMAZ	Embouchure	2007				
SEYMAZ	Aval Chêne-Bourg	2007				
SEYMAZ	Claparède	2007				
SEYMAZ	De Haller	2007				
SEYMAZ	Pont Bochet	2007				
SEYMAZ	Pont de Choulex	2007				
SEYMAZ	Amont Rouelbeau	2007		2004		
TATE	Amt confluence Clef	2004				
TRAINANT	Traînant	2007				
VENGERON	Embouchure	1999				
VERSOIX	Embouchure	2003				
VERSOIX	Pont de Bossy	2003				
VERSOIX	Sauverny	2003				
VERSOIX	Amont Divonne	2003				
VOIRET	Embouchure	2004				
VOSOGNE	Vers-Vaux	2006				