

C-HY - Hydrologie et qualité des eaux



Crue exceptionnelle du lac au mois d'avril 2006 dans les marais fauchés de la réserve de Cheyres

Constat

Au niveau national :

- selon l'OFEV, si la protection des eaux en Suisse est une réussite, leur gestion révèle des déficits considérables et des efforts s'imposent encore, tant au niveau de la qualité de l'eau que de l'écomorphologie des ruisseaux et des rivières, pour que les milieux aquatiques retrouvent une diversité aussi riche que possible (OFEV, 13.07.2021);
- l'intention d'infléchir ces déficits et d'encourager l'amélioration de la situation est soutenue par la législation fédérale en matière de protection des eaux superficielles et souterraines ; celle-ci vise à protéger les eaux contre toute atteinte susceptible de nuire à leur usage par l'homme (eau potable, eau industrielle, irrigation, loisirs aquatiques) ; cette législation vise aussi, plus particulièrement, à sauvegarder les biotopes naturels abritant la faune et la flore indigènes, à sauvegarder les eaux en tant qu'élément du paysage et à assurer le fonctionnement naturel du régime hydrologique (ASSEMBLÉE FÉDÉRALE DE LA CONFÉDÉRATION SUISSE 21 juin 1991);
- cette même législation confie à la Confédération la tâche d'effectuer des relevés d'intérêt national sur les éléments du bilan hydrique, la qualité des eaux superficielles et des eaux souterraines ou encore l'approvisionnement en eau potable; l'OFEV a ainsi défini, avec le système d'observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA) (OFEV, 2023) et en collaboration avec d'autres institutions de la Confédération et des Cantons, les bases permettant de documenter et d'évaluer l'état et l'évolution des eaux suisses ; de plus l'OFEV exploite et coordonne plusieurs réseaux d'observation en lien avec le thème de l'eau (niveau des lacs, débit des cours d'eau, température et qualité de l'eau) (OFEV 2016; DGE-DIREV, 2021; OFEV, 2021, 13.07.2021, 2023).

Au niveau du périmètre statuaire de l'AGC :

- le périmètre statuaire de l'AGC est soumis à trois régimes hydriques interdépendants, soit celui du lac de Neuchâtel, celui du réseau hydrographique de son bassin versant et celui des nappes. La saturation et l'inondation des sols, modulées par les fluctuations de ces régimes, l'effet de ces fluctuations sur la zonation des biocénoses riveraines, particulièrement celle de la végétation, ainsi que sur la distribution des populations des espèces constitutives de ces biocénoses, par exemple lors d'importantes crues, suggèrent qu'une attention particulière leur soit portée.

le régime du lac : le régime du lac de Neuchâtel a subi deux modifications majeures résultant des travaux des 1^{ère} (1868-1891) et 2^{ème} Correction des eaux du Jura (1962-1973). Ces modifications de régime ont conduit d'une part à la réduction de la durée de submersion d'une frange du littoral terrestre et d'autre part à l'augmentation de cette durée pour une frange du littoral lacustre. Ces corrections n'ont cependant pas modifié la rythmicité saisonnière du régime du lac, caractérisée par des basses eaux hivernales (janvier-février) et des hautes eaux printanières (mai-juin), régime largement soumis à l'apport des eaux alpines charriées par l'Aar. Depuis 1980, ces fluctuations sont régies par le règlement intercantonal de régulation des eaux des lacs subjurassiens. Suite aux différentes études qui ont accompagné un projet de révision de ce règlement au début des années 1990, celui-ci a finalement été reconduit tel quel. Il a été cependant amendé en 2010, suite aux crues de l'Aar et du lac de Bienne en 1999 et 2005 qui ont dépassé les cotes supérieures admises par le règlement et se sont révélées dramatiques à Berne et à Thoun. Cet amendement permet une baisse anticipée du lac, au plus une semaine à l'avance, en fonction d'éventuelles fortes accumulations de neige dans les Alpes et d'intenses précipitations annoncées. Il n'a cependant pas empêché le lac de Neuchâtel d'atteindre la cote de 430.44 m le 8 mai 2015, niveau record depuis 1973, année qui marquait la fin de la 2^{ème} Correction des eaux du Jura (Figure C-HY_1).



Figure C-HY_1 : Crue exceptionnelle du lac au mois de mai 2015 (niveau du lac : 430.35 m) dans les marais de la réserve naturelle des Grèves de la Motte

le régime du réseau hydrographique : le bassin versant du lac de Neuchâtel couvre une surface d'environ 2'700 km² ; la rive sud du lac est alimentée par trois cours d'eau principaux, l'Orbe, la Menthue et la Broye, qui font l'objet de mesures de débit continues grâce au réseau d'observation exploité par l'OFEV (stations Orbe, Menthue, Broye). Ces rivières n'alimentent pas directement les surfaces terrestres du périmètre statuaire de l'AGC, celles-ci bénéficiant d'un apport d'eau essentiellement par le biais des nombreux ruisseaux, aux bassins versants

modestes et souvent canalisés, et des suintements et des sources s'écoulant de la falaise de molasse marquant l'ancien rivage du lac (Figure C-HY_2) ;



Figure C-HY_2 : Cascade et suintement dans une falaise des réserves naturelles de la Grande Cariçaie

le régime des nappes : le régime des nappes du périmètre statuaire de l'AGC est influencé par les régimes du lac et du réseau hydrographique ainsi que par les eaux météoriques. Au-delà des simples sources d'alimentation hydrique de ce régime s'ajoutent deux phénomènes saisonniers non-négligeables susceptibles de le modifier, soit celui de l'immobilisation des eaux superficielles en période hivernale et celui de l'évapotranspiration en période estivale. Ce régime, complexe et probablement fortement modifié par la 2^{ème} Correction des eaux du Jura, reste aujourd'hui largement méconnu ;

- la qualité des eaux, définissable par leurs caractéristiques physicochimiques et biotiques, est un facteur susceptible de conditionner l'évolution des milieux naturels du périmètre statuaire de l'AGC. Dans ce périmètre, l'effet de ce facteur est particulièrement remarquable sur la beine lacustre, où il est reconnu que la qualité des eaux, par exemple leur teneur en phosphore, conditionne le développement et la composition spécifique des herbiers lacustres (ELBER et al. 2010). Il est aussi perceptible dans les deltas des cours d'eau, les milieux naturels qui les composent évoluant sous influence de la qualité des eaux qui les inondent (DGE-DIREV, 2021). Tout comme pour leur régime, trois compartiments peuvent être distingués qui déterminent la qualité des eaux de l'écosystème marécageux.

la qualité des eaux du lac : les trois lacs subjurassiens (Neuchâtel, Bienne, Morat) bénéficient chacun d'un suivi annuel physicochimique et biologique effectué par un partenariat des services de protection des eaux des Cantons de Berne, Neuchâtel et Fribourg (BENEFRI). Les résultats mis à jour deux fois l'an (BENEFRI, 2021) suffisent aux besoins du gestionnaire ;

la qualité des eaux du réseau hydrographique : mis à part pour les principaux cours d'eau du bassin versant de la Rive sud (Menthue, Broye), cette qualité ne fait l'objet d'aucun suivi de la part des offices cantonaux concernés ;

la qualité des eaux des nappes : elle ne fait l'objet d'aucun suivi de la part des offices cantonaux concernés.

La qualité des eaux de ces trois compartiments est en partie dépendante de celle des eaux météoriques. Les eaux météoriques font l'objet, en matière de charge azotée, d'une mise à jour régulière de la part de l'OFEV selon un modèle numérique sans cesse amélioré (RIHM & KÜNZLE 2019).

L'influence qu'exercent le régime et la qualité des eaux du lac, des nappes et du réseau hydrographique sur les milieux naturels et les espèces qu'abrite le périmètre statuaire de l'AGC milite pour qu'un objectif de connaissance leur soit dédié.

Objectif

Objectif C-HY – La connaissance des régimes et de la qualité des eaux qui influencent le périmètre statuaire de l'AGC est régulièrement mise à jour.

Stratégie pour atteindre l'objectif

De nombreux systèmes de monitoring des eaux et de leur qualité ont été mis en place par les pouvoirs publics pour les principaux lacs et cours d'eau suisses. Fournissant des données à grande échelle, parfois exploitables par l'AGC, ces monitorings ne couvrent cependant pas de manière satisfaisante les besoins de l'AGC relativement à l'objectif formulé.

La stratégie pour atteindre l'objectif doit donc conduire l'AGC à développer, s'il l'estime nécessaire, son propre système de monitoring susceptible de compléter ceux mis en place par les pouvoirs publics. Les compléments de connaissance à acquérir concernent principalement l'identification spatiale des différents fonctionnements des régimes des nappes et leurs relations avec les régimes lacustre et/ou rivulaire. Un monitoring de la qualité des eaux des principaux ruisseaux susceptibles d'influencer le périmètre statuaire de l'AGC devra être poursuivi, les plus chargés en nutriments étant identifiés et signalés auprès des autorités compétentes en vue d'un examen d'assainissement possible.

Bilan des actions mises en œuvre à fin 2017

Régime du lac de Neuchâtel

Le régime du lac de Neuchâtel fait l'objet de mesures continues depuis la moitié du 19^{ème} siècle grâce au réseau d'observation exploité par l'OFEV (stations Grandson, Nid-du-Crô, Port). Il a été le sujet de plusieurs études historiques (QUARTIER 1947; SOLLBERGER 1974). Relativement à un état de connaissance jugé suffisant, l'AGC n'a jamais entrepris d'étude strictement consacrée à ce sujet, se contentant d'enregistrer dans ses bases de données les valeurs journalières du niveau de ce lac et d'en suivre l'évolution (Figures C-HY_3 et C-HY_4). Avant la 1^{ère} Correction des eaux du Jura, le lac était soumis à un régime des eaux naturel avec un niveau moyen d'environ 432.3 m et une amplitude des niveaux extrêmes de l'ordre de 2 m mesurés depuis la moitié du 19^{ème} siècle. La première correction a permis d'abaisser le niveau moyen du lac à 429.3 m, avec une amplitude des niveaux extrêmes de 3 m pour la période entre cette correction et la 2^{ème} Correction des eaux du Jura. La 2^{ème} Correction n'a que peu fait varier le niveau moyen du lac, qui est passé de 429.32 m à 429.28 m pour la période 1974-2014, mais a réduit l'amplitude des niveaux moyens des basses et hautes eaux de 1.01 m à 0.22 m et celle des niveaux extrêmes de 3 m à 1.51 m. Les liens entre ce régime et celui des nappes et leurs effets sur la végétation ont été étudiés dans le cadre de la révision du règlement de régulation des eaux des lacs de Bienne, Morat et Neuchâtel intervenue dans les années 1990 (ENGGIST 1994; BUTTLER et al. 1995). Plus récemment l'AGC a approché, en fin d'année 2017, la Commission intercantonale de surveillance de la 2^{ème} Correction des eaux du Jura afin de la sensibiliser aux enjeux de la régulation du régime du lac en matière de conservation des milieux naturels du périmètre statuaire de l'AGC. Une séance d'échanges critiques est prévue à cet effet en 2018.

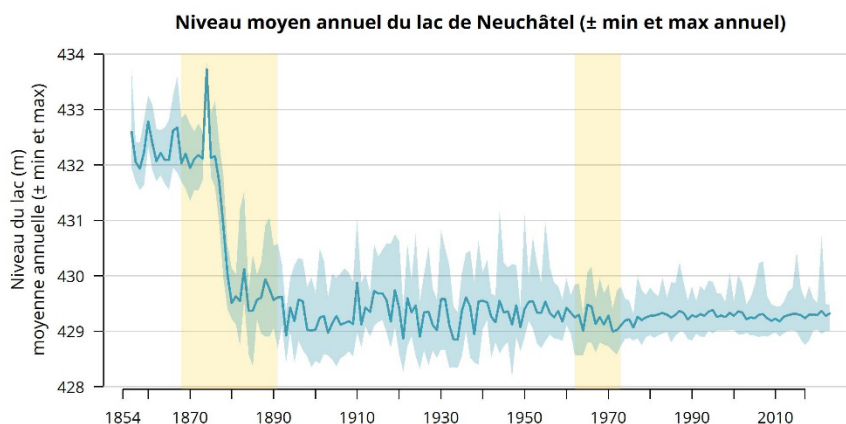


Figure C-HY_3 : Niveau annuel maximal, moyen et minimal du lac de Neuchâtel pour la période 1854-2017. En jaune : 1^{ère} Correction des eaux du Jura (1868-1891) et 2^{ème} Correction des eaux du Jura (1962-1973)

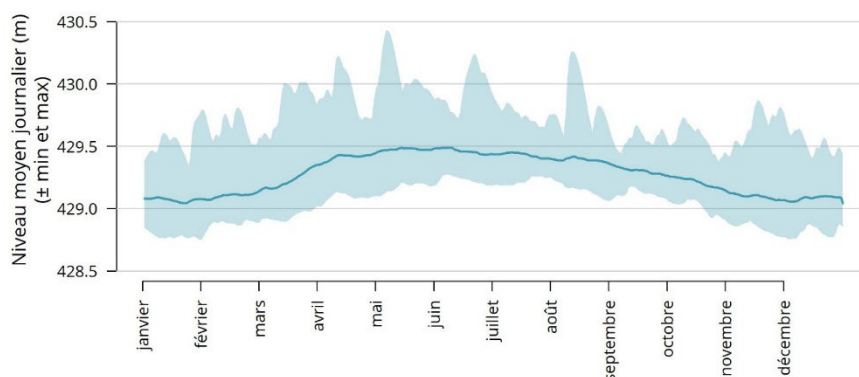


Figure C-HY_4 : Niveau journalier maximal, moyen et minimal du lac de Neuchâtel pour la période 1974-2017

Régime du réseau hydrographique

Le réseau hydrographique du bassin versant de la Rive sud du lac de Neuchâtel, limité au strict périmètre statuaire de l'AGC, a fait l'objet d'un inventaire au début des années 1990, précisant localement certaines caractéristiques (profil, débit, vitesse d'écoulement, milieux naturels ambiants) des quelque 75 cours d'eau ou fossés et réseaux de fossés inventoriés (CLERC 1991). Deux études plus complètes (morphologique, biologique, chimique) portant sur 6 et 16 ruisseaux ont été réalisées par l'AGC respectivement en 1993 et en 2013-2014 (DONZÉ & GANDER in prep; CARREL et al. 1993).

Régime des nappes

Le régime des nappes a fait l'objet de diverses études réalisées dans le cadre de la gestion conservatoire du périmètre statuaire de l'AGC. L'étude la plus complète en la matière a été réalisée dans le cadre de la révision du règlement de régulation des eaux des lacs de Bienne, Morat et Neuchâtel. Elle a permis, par le biais de la pose de piézomètres régulièrement relevés d'avril 1991 à juin 1992 le long de 15 transects répartis sur la Rive sud, de préciser l'évolution saisonnière du niveau d'eau dans la frange marécageuse riveraine et ses liens avec les eaux lacustres souterraines ou de submersion (BUTTLER et al. 1995). Un volet de cette étude était consacré à l'établissement d'un modèle hydrodynamique pour un secteur de marais à Portalban (FR) dans la Réserve naturelle des Grèves de la Motte (ENGGIST 1994). Ces études ont montré, pour la période considérée, la faible influence des eaux lacustres souterraines sur la frange marécageuse riveraine, qui ne la pénétreraient que sur une largeur d'au plus 60 m, suggérant ainsi toute l'importance à accorder aux eaux du réseau hydrographique et aux eaux pluviales pour la

conservation des milieux naturels marécageux. À partir de 2012, l'AGC a acquis et implanté des piézomètres mobiles (quatre piézomètres à disposition à fin 2017) dans des sites d'habitats d'espèces prioritaires telles que la Rainette (*Hyla arborea*) et la Déesse précieuse (*Nehalennia speciosa*), afin d'évaluer l'impact des fluctuations des nappes sur leurs populations (Figure C-HY_5).

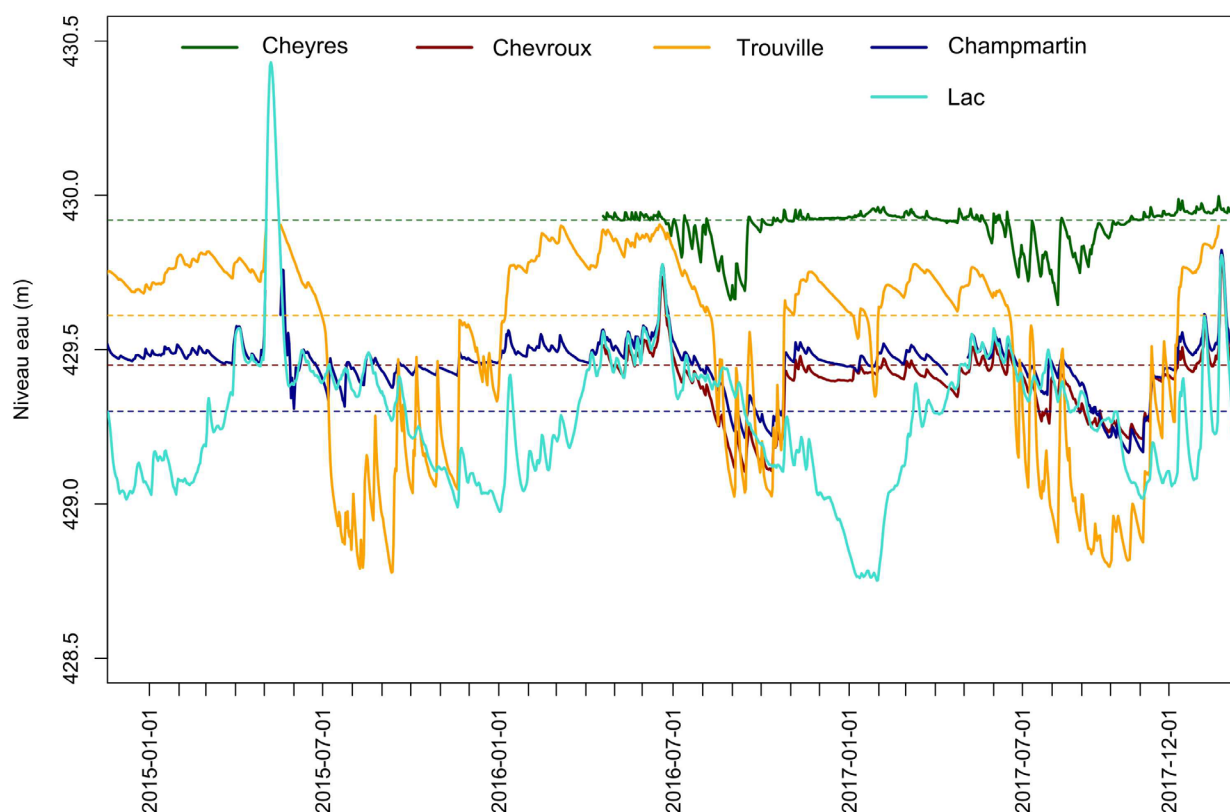


Figure C-HY_5 : Enregistrements piézométriques réalisés entre 2015 et 2017 dans 4 sites du périmètre statuaire de l'AGC

Qualité des eaux

La qualité des eaux du lac de Neuchâtel fait l'objet d'un monitoring régulier par un groupe de travail regroupant les services compétents en matière de protection des eaux du Canton de Fribourg, Berne et Neuchâtel. Les paramètres relevés sont de nature physico-chimiques et biologiques. Leur publication immédiate sur la plateforme www.die3seen.ch satisfait amplement au besoin de connaissance du gestionnaire. Les tendances enregistrées ces dix dernières années montrent (BENEFRI, 2021):

- une diminution des concentrations de phosphore, élément nutritif limitant de la production primaire (Figure C-HY_6) ;
- une stabilité des concentrations des phyto et zooplanctons ;
- une augmentation constante des charges en nitrates (CARREL et al. 1993);
- une stabilité de la teneur de l'oxygène dissous aux environs de la zone benthique.

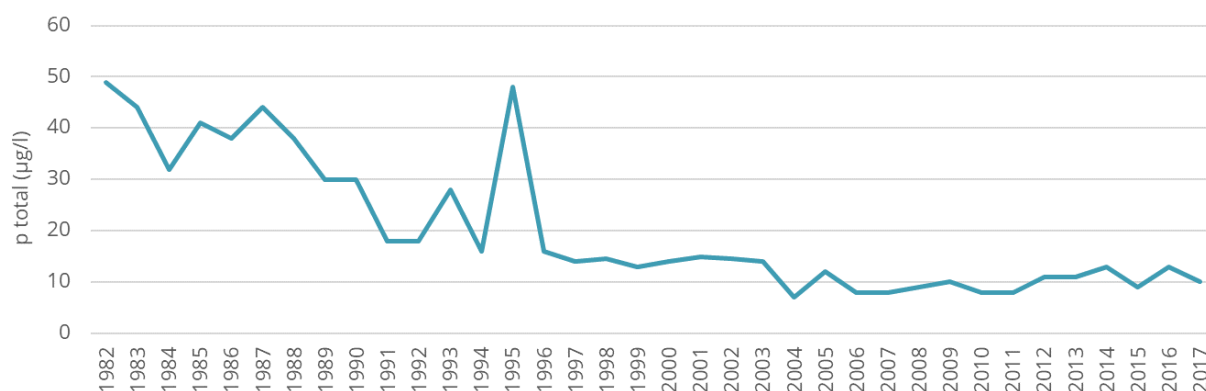


Figure C-HY_6 : Évolution de la teneur en phosphore du lac de Neuchâtel. Source : www.die3seen.ch

La qualité des eaux d'une sélection de nappes et de plans d'eau a fait l'objet d'analyses préliminaires en 2014. Ces analyses concernaient des facteurs physiques (température, turbidité conductivité), biologiques (concentrations de chlorophylles et de cyanobactéries) et chimiques (concentrations de phosphore, de nitrate, de nitrite et d'ammonium). Une première tentative d'interprétation des résultats montre une importante dispersion des valeurs enregistrées entre les divers plans d'eau et nappes étudiés (résultats non publiés). Cette dispersion est probablement due aux conditions de prélèvement (date, période de la journée, conditions météorologiques) qui n'ont pu être standardisées et qui sont susceptibles d'influencer significativement les valeurs enregistrées (OERTLI & FROSSARD 2013). L'effort que représenterait la standardisation des conditions de prélèvement, garante d'un monitoring de qualité, a conduit le gestionnaire à abandonner l'idée d'un tel monitoring.

La qualité des eaux d'une sélection de 16 ruisseaux du bassin versant de la Rive sud du lac de Neuchâtel a fait l'objet d'une étude en 2013-2014 (DONZÉ & GANDER in prep). Ces ruisseaux ont été sélectionnés parce qu'ils ont été jugés prépondérants (débit, qualité des eaux, charriage) par l'influence qu'ils exercent sur les milieux naturels du périmètre statuaire de l'AGC (CLERC 1991; CARREL et al. 1993). Les méthodes de prélèvement et d'analyse, ainsi que l'interprétation de leurs résultats, ont respecté les directives énoncées dans les cahiers de l'environnement pratique consacrés aux analyses et à l'appréciation de la qualité des cours d'eau (HEGG et al. 1993; LIECHTI 2010; STUCKI 2010). La majorité des ruisseaux analysés sont caractérisés par (Tableau C2_1) :

- des valeurs d'appréciation bon à très bon au niveau des différents types de charges azotées, exceptés quelques ruisseaux péjorés au niveau de leur teneur en nitrites. Les cours d'eau du Laviolet (Cheseaux-Noréaz) et de la Golaz (Yvonand) se distinguent cependant par une appréciation beaucoup trop chargée de ce produit intermédiaire, mais ce sont aussi les seuls affluents examinés dont les canalisations débouchent en limite de la réserve, situation qui, en cas d'orage, génère des apports d'eaux claires d'origine urbaine conséquents.
- des valeurs d'appréciation beaucoup plus mauvaises au niveau des orthophosphates. Ces mauvais résultats sont probablement le fait du lessivage des terres agricoles et de la décomposition biochimique de matières organiques, les rejets de STEP, susceptibles de contribuer à ce mauvais état, étant absents pour les cours d'eau analysés. Cette hypothèse est corroborée par un enregistrement des valeurs les plus élevées en orthophosphates dans les ruisseaux grossis par les pluies et orages des mois de mars, mai et juin. Ce phosphore, distribué par le ruissellement des cours d'eau, s'épanche dans le marais et marque les cônes deltaïques par un cortège d'espèces végétales eutrophes.
- un décalage apparent entre les bonnes appréciations de la majorité des indicateurs chimiques et les appréciations médiocres données par l'IBCH ; ce décalage provient probablement du facteur écomorphologique, la plupart des ruisseaux analysés présentant des débits, des volumes de charriage et des granulométries trop faibles pour diversifier les habitats rivulaire

Tableau C-HY_1 : Tableau de synthèse des principaux composants chimiques analysés au cours des huit prélèvements mensuels réalisés entre octobre 2013 et juin 2014 sur 16 cours d'eau sélectionnés dans le périmètre statuaire de l'AGC

Canton	Ruisseau	Exutoire	Nitrates	Nitrites	Amonium	Ortho-P	IBCH
			[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	
VD	Lavioiret	marais	3.03	0.093	0.44	0.35	
VD	Le sau	marais	2.14	0.021	0.13	0.05	
VD	Golaz	marais	1.94	0.043	0.06	0.14	/
VD	Maladaire	marais	1.50	0.012	0.02	0.29	
VD	Russalet	marais	4.44	0.017	0.03	0.16	
FR	les Essertons	marais	2.03	0.007	0.04	0.01	
FR	Rio (46)	marais	3.03	0.026	0.02	0.07	
VD	Chevroux	marais	5.30	0.015	0.02	0.02	
FR	Rappes	marais	4.26	0.010	0.03	0.03	
FR	Rumillan	marais	2.38	0.013	0.10	0.03	
VD	Pégran	marais	3.48	0.032	0.07	0.05	
VD	Epena	lac	2.67	0.022	0.10	0.10	
FR	Croix	lac	4.50	0.015	0.08	0.31	
FR	Longefont	lac	3.08	0.017	0.03	0.06	
VD	Robin	lac	3.83	0.013	0.03	0.07	
VD	Montet	lac	3.36	0.022	0.03	0.08	

Appréciation	
	très bon
	bon
	moyen
	médiocre
	mauvais
	à confirmer

La qualité des eaux météoriques fait l'objet d'un monitoring régulier synthétisé par Meteotest AG sur mandat de l'OFEV pour la période 1990 -2015 (RIHM & KÜNZLE 2019). Il vise essentiellement à suivre le dépôt passif en azote par les précipitations. Les résultats de ce monitoring font état d'un apport annuel de 10-15 kg d'azote ha⁽⁻¹⁾ a⁽⁻¹⁾ dans le périmètre statuaire de l'AGC pour les mesures effectuées en 2015 (Figure C-HY_7). Si on se réfère aux valeurs déterminées par (HEGG et al. 1993) cette charge est acceptable tant pour le *Caricion davallianae/Molinion* et que pour le *Phragmition/Magnocaricion* qui toléreraient respectivement un apport d'azote 15 et 20 kg ha⁽⁻¹⁾ an⁽⁻¹⁾ sans incidence pour leur conservation.

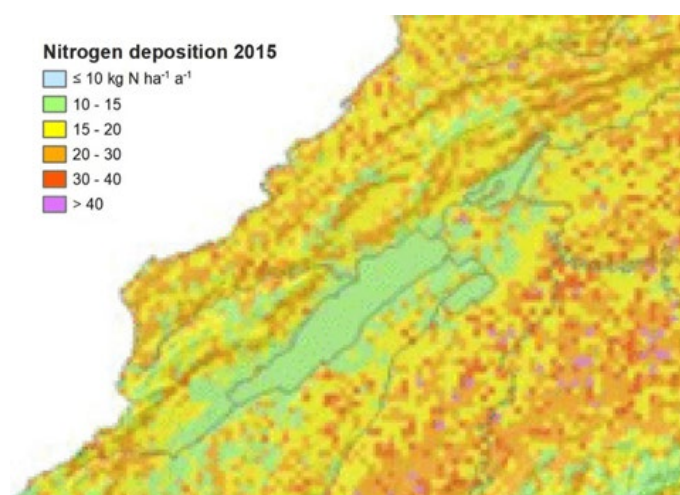


Figure C-HY_7 : Dépôt d'azote atmosphérique en 2015 calculé sur un maillage rasterisé de 1 x 1 km, extrait.
Source : OFEV

État d'atteinte de l'objectif à fin 2017

Régime du lac de Neuchâtel

Les données du niveau journalier du lac, enregistrées automatiquement par la station de mesure du Nid du Crô et mises à disposition du public, répondent à l'objectif de connaissance fixé par l'AGC.

Régime du réseau hydrographique

Le régime du réseau hydrographique n'a fait l'objet que d'une évaluation succincte au travers de l'inventaire des cours d'eau du périmètre statutaire de l'AGC (CLERC 1991). Cet inventaire a cependant mis en évidence la faiblesse du débit, du charriage et de la surface des zones d'influence de la majorité des cours d'eau inventoriés, répondant à l'objectif de connaissance fixé par l'AGC. L'exploitation des résultats des monitorings menés en matière de topographie, de pédologie, de flore et de végétation représente probablement la façon la plus rationnelle de poursuivre l'objectif de connaissance fixé par l'AGC.

Régime des nappes

Les études menées à ce jour, ainsi que les mesures obtenues par le déploiement des quatre piézomètres de l'AGC, n'ont permis, à fin 2017, de n'avoir qu'une connaissance localisée de ce régime et de sa relation avec celui des eaux du lac. Ces mesures ont notamment mis en évidence des hétérogénéités spatiales de comportement des fluctuations des niveaux des nappes et du lac (p.ex. zone de poldérisation du marais dans le secteur de Trouville). L'interaction entre les régimes du lac et des nappes, ainsi que l'influence de cette interaction sur la végétation, restent cependant mal connues sur une large proportion des marais et sa connaissance mérite d'être complétée.

Qualité des eaux

Le monitoring de la qualité des eaux du lac réalisé par les services d'état répond à l'objectif de connaissance fixé par l'AGC.

Les analyses de la qualité des eaux des nappes n'ont pas permis, en raison de difficultés méthodologiques, d'atteindre le degré de connaissance souhaité. Ces complications incontournables à ce type de suivi militent pour que cette qualité des eaux soit dorénavant évaluée de manière indirecte, au travers des monitorings menés en matière de pédologie, de flore et de végétation, susceptibles de révéler l'évolution de cette qualité.

L'étude réalisée en 2014, sous réserve de la finalisation de la rédaction de ses résultats, a permis de caractériser la qualité des eaux des principaux cours d'eau du périmètre statutaire de l'AGC. Cette caractérisation répond, temporairement, à l'objectif de connaissance fixé par l'AGC. La définition d'un monitoring à long terme devrait être cependant proposé.

Le monitoring de la qualité des eaux météoriques réalisé par l'OFEV répond à l'objectif de connaissance fixé par l'AGC.

Stratégie pour la période 2020-2024

La stratégie pour la période 2020-2024 doit permettre de combler les lacunes mises en évidence par l'état d'atteinte de l'objectif à fin 2017 en matière de connaissance du régime des eaux des nappes et de la qualité des eaux des cours d'eau.

Actions à mettre en œuvre

Action C-HY-NAP - Monitoring des nappes

Installation de piézomètres et relevés piézométriques afin de mieux comprendre le rôle du facteur hydrique dans l'écologie d'espèces prioritaires et de préciser les zones d'influences des eaux des nappes et des eaux lacustres.

Planification pour 2020-2024 : Poursuite du relevé des deux piézomètres au service de l'étude des relations entre les populations d'espèces prioritaires, soit la Rainette verte et la Déesse précieuse et les fluctuations des nappes. Installation d'au moins deux piézomètres complémentaires sur des sites choisis de façon à permettre de préciser les emprises territoriales respectives des nappes et des eaux lacustres dans les réserves naturelles. Rédaction d'un rapport de synthèse traitant de l'influence des fluctuations des eaux des nappes sur les fluctuations de populations de Rainette verte et de Déesse précieuse, des emprises territoriales respectives des nappes et des eaux lacustres dans les réserves naturelles et de leur influence sur la végétation des marais non-boisés, en comparaison avec les constats établis par d'anciennes publications (BUTTLER et al. 1995). Ce rapport évaluera les éventuels besoins en matière de monitoring des nappes à long terme et en précisera les détails d'exécution.

Perspectives : en fonction des conclusions du rapport de synthèse, préciser les contours d'un monitoring des nappes à long terme.

Action C-HY-RUI - Monitoring des cours d'eau

Ce monitoring reprend les méthodologies suivies lors des relevés 2013-2014, soit le module « Chimie niveau R et C » (LIECHTI 2010) et le module « Macrozoobenthos - niveau R » (STUCKI 2010).

Planification pour 2020-2024 : Finalisation de la rédaction et publication d'un rapport relatif aux caractéristiques physicochimiques et biologiques de 16 cours d'eau du périmètre statutaire de l'AGC (DONZÉ & GANDER in prep).

Perspectives : sur la base du rapport de synthèse, définition d'un monitoring à long terme de la qualité des eaux des cours d'eau du périmètre statutaire de l'AGC, dont la partie analytique serait confiée aux services cantonaux spécialisés.

Bibliographie

- ASSEMBLÉE FÉDÉRALE DE LA CONFÉDÉRATION SUISSE (21 juin 1991): *Loi fédérale sur l'aménagement des cours d'eau: RS 721.100.*
- BENEFRI (2021): *Les 3 Lacs, Die 3 Seen*, 13.07.2021. URL <https://www.die3seen.ch/?lang=fr>.
- BUTTLER, A., P. CORNALI & M. BUECHE (1995): *Etude des effets de la régulation des lacs subjurassiens sur la végétation et le milieu. Rapport final.* Rapport interne. Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie; Neuchâtel.
- CARREL, D., C. CLERC & B. MULHAUSER (1993): *Evaluation de l'état sanitaire de ruisseaux de la Grande Cariçaie.* Rapport interne. Groupe d'Étude et de Gestion; Cheseaux-Noréaz.
- CLERC, C. (1991): *Inventaire des ruisseaux de la Rive sud du lac de Neuchâtel.* Classeur, non publié. Groupe d'Étude et de Gestion; Cheseaux-Noréaz.
- DGE-DIREV (2021): *Qualité des eaux | VD.CH.* Direction générale de l'environnement - Direction de l'environnement industriel, urbain et rural, 13.07.2021. URL <https://www.vd.ch/themes/environnement/eaux/protection-des-eaux-epuration-pgee-agriculture-biologie-et-chimie-des-eaux/qualite-des-eaux/>.
- DONZÉ, L. & A. GANDER (in prep): *Etat des lieux de 16 cours d'eau sur la rive sud du lac de Neuchâtel: Analyses physico-chimiques et biologiques des cours d'eau.* Rapport interne. Association de la Grande Cariçaie; Cheseaux-Noréaz.

- ELBER, HÜRLIMANN & NIEDERBERGER (2010): *Etude la végétation macrophytique du Léman: Relevés en juillet 2009*. Aquaplus & Commission internationale pour la protection des eaux du Léman.
- ENGGIST, M. (1994): Modèle hydrodynamique et relation avec la végétation dans le marais du secteur de Portalban (FR) - Cudrefin (VD). *Travail de diplôme*. Université de Genève; Genève.
- HEGG, O., C. BÉGUIN & H. ZOLLER (1993): *Atlas de la végétation à protéger en Suisse*. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP); Division principale Protection de la nature et du paysage.
- LIECHTI, P. (2010): Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Analyses physico-chimiques, nutriments. *L'environnement pratique* 1005: 46.
- OERTLI, B. & P.-A. FROSSARD (2013): *Mares et étangs. Ecologie, gestion, aménagement et valorisation*. Ingénierie de l'environnement. Presses polytechniques et universitaires romandes.
- OFEV (2016): État des cours d'eau suisses. Résultats de l'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA) 2011–2014. *Etat de l'environnement* 1620.
- OFEV (2021): *Qualité de l'eau des lacs*. Office fédéral de l'environnement, 13.07.2021. URL https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/eaux/info-specialistes/etat-des-eaux/etat-des-lacs/qualite-de-l_eau-des-lacs.html.
- OFEV (13.07.2021): *Eaux: En bref*. Office fédéral de l'environnement, 13.07.2021. URL <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/eaux/en-bref.html#>.
- OFEV (2023): *Eaux: Réseaux d'observation*. Office fédéral de l'environnement, 13.07.2021. URL https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/eaux/etat/eau--reseaux-d_observation.html.
- QUARTIER, A. (1947): Le Lac de Neuchâtel. *Mémoires de la Société Neuchâteloise de Géographie* 1.
- RIHM, B. & T. KÜNZLE (2019): *Mapping Nitrogen Deposition 2015 for Switzerland: Technical Report on the Update of Critical Loads and Exceedance, including the years 1990, 2000, 2005 and 2010*. Rapport technique. Meteotest; Berne.
- SOLLBERGER, H. (1974): Le lac de Neuchâtel. Ses eaux, ses sédiments, ses courants sous-lacustres. *Thèse de Doctorat*. Université de Neuchâtel; Neuchâtel.
- STUCKI, P. (2010): Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Macrozoobenthos – niveau R. *L'environnement pratique*. OFEV 1026.