



Notice

Date

1 juillet 2016

Le lac de Morat

Qualité de l'eau du lac



Emplacement du lac de Morat (bleu) et son bassin versant (rouge)

1 Naissance, morphologie et caractéristiques

Après le retrait du glacier du Rhône, de l'eau s'est accumulée dans la cuvette formée derrière la moraine frontale, au niveau de Wangen a. A., et a donné naissance au « lac de Soleure », qui s'étendait alors sur 100 km de long, de Wangen a. A. à Payerne et La Sarraz. Environ 4000 ans plus tard, le barrage de Wangen a. A. a cédé, et le lac de Soleure s'est vidé, formant ainsi les lacs de Biemme, Neuchâtel et Morat (Nast 2006).

Du fait de fréquentes inondations, une première correction des eaux du Jura a été effectuée au XIX^e siècle, puis à une deuxième au XX^e siècle (Tab. 1). Ainsi le niveau du lac a pu être abaissé d'environ 6 m, et sa surface réduite de 17 % (Lods-Crozet & Chevalley, 2012). Les sols de l'ancien marécage bordant le lac de Morat sont aujourd'hui exploités de façon intensive à des fins agricoles.

Le lac de Morat est partagé, dans le sens de la longueur, par un haut-fond partant du sud-ouest allant jusqu'au milieu du bassin et culminant à 21 m au-dessus du point le plus profond en deux bassins sous-lacustres plus étroits. Son principal affluent est la Broye, qui draine 63 % du bassin versant (Liechti 1994). Les autres grands affluents sont l'Arbogne et la Petite Glâne, qui se jettent dans la Broye à Salavaux, et le Chandon, qui débouche dans le lac de Morat à l'ouest de Faoug. En sortant du lac de Morat, l'eau passe par le canal de la Broye pour rejoindre le lac de Neuchâtel. Avec le lac de Neuchâtel, le lac de Morat sert de bassin de compensation pour l'Aar qui se déverse dans le lac de Biemme. Lorsque le niveau du lac de Biemme monte, le débit sortant du lac de Morat s'arrête, et l'eau peut parfois même couler en sens inverse.

Les eaux du lac de Morat, du fait de sa faible profondeur et de son exposition favorable aux vents, sont brassées une fois par an (Liechti 1994).

Le bassin versant hydrologique du lac de Morat s'étend sur 690 km². Il est exploité de façon intensive à des fins agricoles sur les trois quarts de sa superficie et est fortement influencé par les activités humaines (Fig. 1). Le lac de Morat reçoit les eaux usées épurées d'environ 73 500 habitants et sert de réservoir d'eau potable à 7400 personnes (Les3lacs 2014).

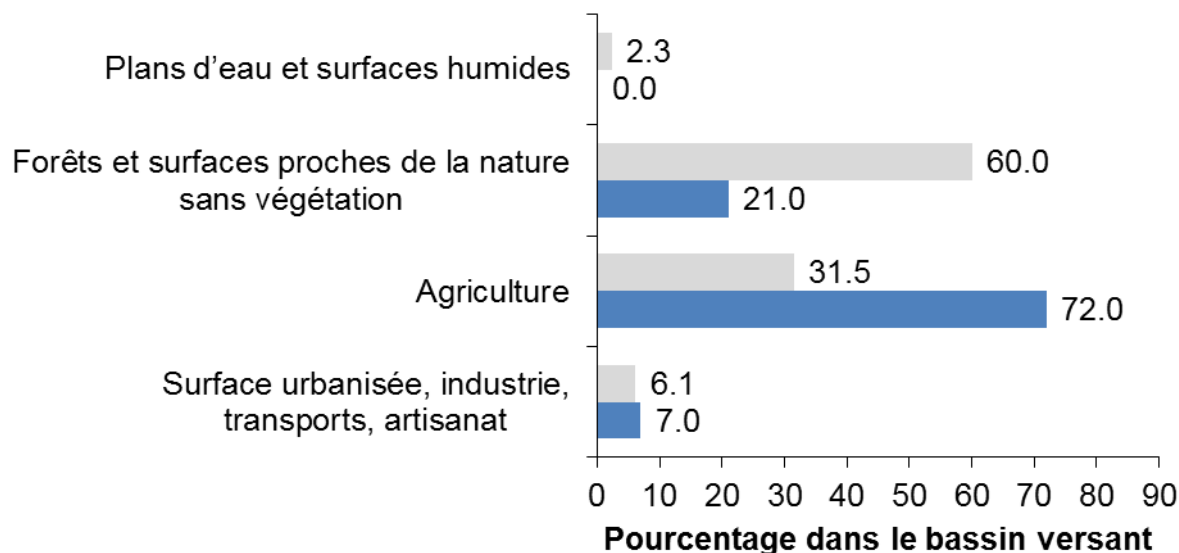


Fig. 1 : Utilisation des sols dans le bassin versant du lac de Morat (barres bleues) et utilisation des sols comme valeur moyenne des plus grands bassins versants suisses (barres grises) (état : 2006, bases de données : AEE (2010), OFEV (2013))

Un tableau avec les données détaillées sur la morphologie du lac et les paramètres du bassin versant figure en annexe.

2 Évolution de l'état du lac

2.1 Teneur et apports en phosphore

Les premières observations de l'algue bleue (« sang des Bourguignons »), qui indique une eutrophisation, dans le lac de Morat remontent à 1825 (Liechti 1994). Grâce à des prélèvements de sédiments, le début d'une eutrophisation a pu être datée d'avant 1900 (Davaud 1976).

Les premières mesures de phosphore dans le lac de Morat réalisées en 1954/55 se chiffraient à 35 µg/l (Eawag, 1960). La pollution par les substances nutritives provenant de l'agriculture et de l'évacuation des eaux urbaines a fait monter les concentrations en phosphore à plus de 150 µg/l au début des années 1980 (Fig. 2). La charge globale de phosphore du bassin versant s'élevait alors à 42 t/a (Eawag, 1960).

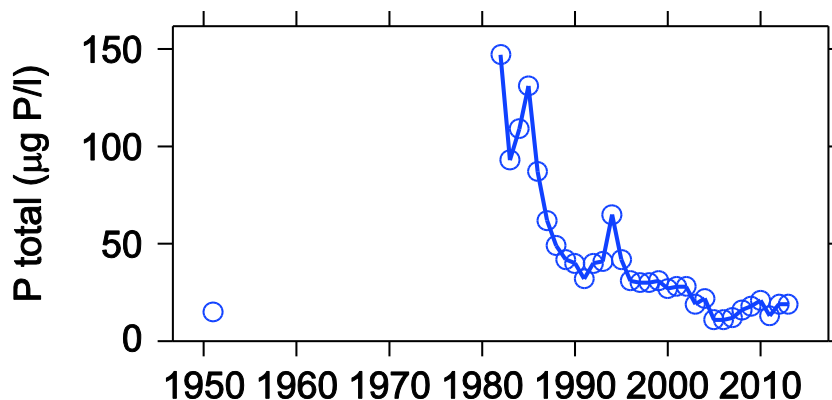


Fig. 2 : Valeurs moyennes annuelles des concentrations en phosphore dans le lac de Morat

Suite aux différentes mesures d'assainissement – développement de l'évacuation des eaux urbaines, amélioration du processus d'épuration des STEP, interdiction des phosphates dans les détergents et emploi réduit des engrais dans l'agriculture – et grâce au court temps de séjour de l'eau dans le lac, les concentrations en phosphore ont considérablement diminué dans le lac de Morat depuis le milieu des années 1980 (Tab. 1). Elles se situent aujourd'hui aux alentours de 20 µg/l. Les apports en phosphore disponibles pour les algues provenant du bassin versant ont pu être réduits d'environ 40 % depuis 1986, se chiffrant actuellement à quelque 13 t/a (Müller & Schmid 2009). Compte tenu des concentrations en phosphore, le lac de Morat est méso-eutrophe.

Aujourd'hui 97 % des habitants de la région vaudoise et 94 % des habitants de la région de Fribourg sont raccordés à une station d'épuration. Les ménages qui ne sont pas rattachés à une STEP publique possèdent leur propre station d'épuration ou évacuent leurs eaux usées dans des fosses sans écoulement ou des fosses à purin (SESA 2014b, AfU FR 2014).

Malgré les faibles concentrations en phosphore, la biomasse algale du lac de Morat n'a pas considérablement diminué. Par contre, la composition a bien évolué : les algues sont plus efficaces, et la zone trophogène s'est étendue, ce qui explique que la biomasse algale soit la même avec une teneur en nutriments plus faible (Guthruf et al. 2009). Cette évolution ainsi que la réduction de la densité du macrozoobenthos et la composition des plantes aquatiques révèlent également une diminution de la teneur en nutriments et l'amélioration de l'état du lac de Morat (SESA 2014a).

2.2 Teneur en oxygène

Les premières mesures d'oxygène réalisées en 1935 et 1955 indiquaient que les concentrations en oxygène se situaient, fin juin, en dessous de 35 m de profondeur et en septembre en dessous de 10 m de profondeur, à moins de 4 mg/l (Rivier 1936, Eawag 1960). Les conditions d'oxygénation ont continué à se dégrader jusqu'au début des années 1980, les concentrations en oxygène au fond du lac au plus tard en août s'élevant à moins de 1 mg/l.

Les mesures visant à réduire la charge en nutriments n'ont amélioré les conditions d'oxygénation dans le lac de Morat que de façon marginale, et non pas comme espéré. Ainsi, le minimum métalimnique était encore largement visible dans les années 1990, bien que moins marqué (Liechti 1994). Depuis 2002, la durée de la période pauvre en oxygène a diminué aussi, et la remise en

solution de substances réduites à partir des sédiments a considérablement baissé (Müller & Schmid 2009).

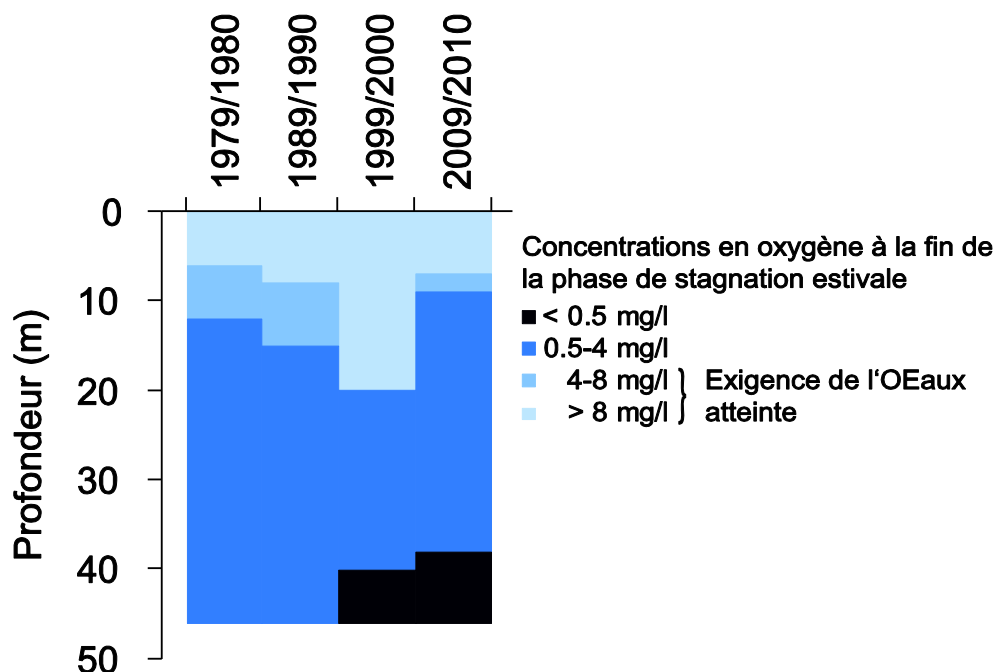


Fig. 3 Concentrations en oxygène dans le lac de Morat

Malgré l'amélioration des conditions dans le lac, les concentrations en oxygène n'atteignent toujours pas dans l'hypolimnion global la valeur légale exigée de 4 mg/l (Müller & Schmid 2009). Ce phénomène s'explique par la biomasse algale encore trop élevée, pour la minéralisation de laquelle dans l'hypolimnion l'oxygène présent ne suffit pas. Par ailleurs, le déficit d'oxygène s'explique pour $\frac{1}{3}$ environ par la consommation d'oxygène des sédiments provenant de dépôts anciens de la phase eutrophe du lac de Morat (Müller & Schmid 2009). Des modèles de calcul ont indiqué une charge en phosphore à viser de 11 t/a, la production primaire actuelle pouvant être réduite si la valeur de 4 mg/l exigée par la loi est respectée (Müller & Schmid 2009).

Tab. 1 : Grandes lignes de l'histoire du lac de Morat (Nast 2006, DHS 2009, SESA 2014b, AfU FR 2014)

Historique	
1868 – 1891	Première correction des eaux du Jura avec aménagement et canalisation de la Broye. Abaissement du niveau du lac de 3,3 m
Jusqu'en 1955	Diminution des terres cultivables de 1 à 1,5 m, crues répétées
1962 – 1973	Deuxième correction des eaux du Jura pour réguler les conditions encore défavorables entre le débit entrant et le débit sortant des trois lacs du pied du Jura et compenser le retrait des sols tourbeux dans les environs. Abaissement du niveau du lac d'env. 2,5 m
1967 – 1996	Construction de 32 STEP dans le bassin versant du lac de Morat
1967	STEP de Payerne (14 000 hab.)
1975	STEP de Morat (21 000 hab.)
1976	STEP de Lucens (41 500 hab.)
1987	STEP de Henniez (7800 hab.)
À partir de 1988	Élargissement et post-équipement de diverses STEP

3 Conclusion

Les mesures de réduction de la charge en phosphore dans le bassin versant du lac de Morat réalisées jusqu'à maintenant ont certes amélioré les apports en nutriments, mais elles n'ont pas suffi à ramener le lac à un état mésotrophe. La production et la biomasse algale sont encore trop élevées, le macrozoobenthos et les communautés de plantes aquatiques présentent toujours un statut méso-

eutrophe, et tous les ans la valeur-cible légale exigée pour l'oxygène n'est régulièrement pas atteinte dans l'hypolimnion global (Tab. 2).

De nouvelles mesures d'assainissement dans le domaine de l'évacuation des eaux des zones d'habitation et de l'extensification de l'agriculture doivent permettre de réduire encore de 15 % les apports en phosphore afin de diminuer la production primaire et d'atteindre l'état méso-eutrophe souhaité (Müller & Schmid 2009). Du fait de la courte durée de séjour de ses eaux, le lac de Morat régira probablement rapidement aux modifications des apports en phosphore. Et grâce à la consommation d'oxygène des sédiments, les conditions d'oxygénation s'amélioreront certainement avec un peu de retard.

Tab. 2 : Objectifs de qualité applicables au lac de Morat (SESA 2014a)

Critère	Objectif	Base
Concentration en O ₂	> 4 mg/l toute l'année dans tout le lac	Annexe 2 OEaux
Concentration en P	< 20 µg/l	SESA 2014a
Apports en P (disponibles pour les algues)	< 11 t/a	Réalisation de l'objectif O ₂ > 4 mg/l Müller & Schmid 2009
Chlorophylle a	< 6 µg/l	SESA 2014a
Macrozoobenthos	Grande diversité et présence d'espèces sensibles	SESA 2014a
Plantes aquatiques	Grande diversité ; extension des profondeurs peuplées	SESA 2014a

4 Bibliographie

AfU FR, 2014 : Épuration des eaux. Service de l'environnement du canton de Fribourg. Internet : http://www.fr.ch/eau/fr/pub/evacuation_epuration_eaux/epuration_eaux.htm (consulté le 02.07.2014).

OFEV, 2013 : Géodonnées sur la subdivision de la Suisse en bassins versants (Einzugsgebietgliederung Schweiz, EZGG-CH), Office fédéral de l'environnement, Berne. Internet : <http://www.bafu.admin.ch/hydrologie/01835/11452/index.html?lang=fr>.

OFS, 2010 : Recensement des entreprises 2008. Portrait de branche Agriculture. Actualités OFS. Office fédéral de la statistique, Neuchâtel, 20 p. : http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/infothek/erhebungen__quellen/blank/blank/bzs1z/01.html

OFS, 2011 : Statistique de la population et des ménages 2011 (STATPOP 2011), Office fédéral de la statistique, Neuchâtel.

Loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) du 24 janvier 1991. RS 814.20.

TTE, 2014 : Correction des eaux du Jura. Direction des travaux publics, des transports et de l'énergie du canton de Berne. Internet : <http://www.bve.be.ch/bve/fr/index/wasser/wasser/gewaesserunterhalt.html> (consulté le 20.06.2014).

Davaud E., 1976 : Contribution à l'étude géochimique et sédimentologique de dépôts lacustres récents (Lac de Morat, Suisse). Thèse, Université de Genève.

Les3lacs, 2014 : Eau potable. Office des eaux et des déchets du canton de Berne, République et canton de Neuchâtel, Service de l'environnement du canton de Fribourg, canton de Vaud. Internet : <http://www.die3seen.ch/utilisation/leau-potable/?lang=fr> (consulté le 26.06.2014).

Eawag, 1960 : Der Murtenssee; sein gegenwärtiger chemisch-biologischer Zustand, die Herkunft der eutrophierenden Stoffe, Seesänerung, Schutz vor Verunreinigung. Gesamtbericht 1954/55 im Auftrag der Gemeinde Murten, Zürich.

AEE, 2010 : CORINE Land Cover Project, Commission européenne, Copenhague.

Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux) du 28 octobre 1998. RS 814.201.

Guthruf K., Maurer V., Pokorni B., Zeh M., 2009 : Le développement du phytoplancton et du plancton de crustacés, Laboratoire de la protection des eaux et du sol du canton de Berne, Berne, 123 p.

DHS 2009 : lac de Morat. Dictionnaire historique de la Suisse. Internet : <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/f/F8660.php> (consulté le 26.06.2014).

Liechti P., 1994: L'état des lacs en Suisse. Cahier de l'environnement n° 237. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne, 163 p.

Lods-Crozet B., Chevalley P.-A., 2012 : Caractérisation des habitats riverains et littoraux du lac de Morat. Laboratoire du Service des Eaux, Sols et Assainissement, canton de Vaud, Epalinges, 18 p.

Müller B., Schmid M., 2009 : Bilans du phosphore et de l'oxygène dans le lac de Morat. Rapport Eawag pour les cantons de Fribourg et de Vaud, Eawag, Kastanienbaum, 42 p.

Nast M., 2006 : überflutet – überlebt – überlistet: Die Geschichte der Juragewässerkorrekturen, Verein Schlossmuseum Nidau, Bienne.

Rivier O., 1936 : Recherches hydrobiologiques sur le lac de Morat. Bulletin de la Société neuchâteloise des sciences naturelles 61, 125 – 181.

SESA, 2014a : Bilan de santé du lac de Morat – État 2009 – 2011, Amélioration de la qualité biologique. Laboratoire du Service des Eaux, Sols et Assainissement (SESA), Epalinges, 10 p.

SESA, 2014b : Eaux usées, Service des Eaux, Sols et Assainissement (SESA), Internet : <http://www.vd.ch/themes/environnement/eaux/eaux-usees> (consulté le 02.07.2014).

5 Renseignements

wasser@bafu.admin.ch

6 Internet

<http://www.bafu.admin.ch/wasser/13465/13483/14095/index.html>

7 Annexe : Caractéristiques du lac de Morat et de son bassin versant

Morphologie du lac

Surface	22,7 km ²
Volume	0,531 km ³
Niveau du lac au-dessus du niveau de la mer	429,0 m
Longueur des rives	23,9
Longueur maximale	8,0
Largeur maximale	3,4
Profondeur maximale	45 m
Profondeur moyenne	23 m
Débit moyen	11 m ³ /s
Temps de séjour théorique	1,5 a
Surface du lac à l'étranger	0 %

Géographie physique du bassin versant

Altitude moyenne	648 m
Altitude maximale	1513 m

Occupation et utilisation des sols dans le bassin versant (état : 2006, AEE 2010, OFEV 2013)

Surface totale sans le lac	690 km ²
Surface du BV en Suisse	100,0 %
Surface urbanisée, agglomérations, parcs	6,4 %
Industrie, transports, artisanat	0,6 %
Terres cultivables	69,7 %
Pâturages permanents	1,2 %
Cultures permanentes, vignes, vergers	1,1 %
Forêts, broussailles	21,0 %
Surfaces proches de la nature sans végétation	0,0 %
Plans d'eau et surfaces humides	0,0 %

Population (état : 2011, OFS 2011)

Nombre d'habitants dans le BV (milliers)	87,8
--	------

Agriculture (relevé des structures agricoles, OFS 2010)

Plaines	70,0 %
Collines	21,0 %
Montagne I	7,0 %
Montagne II	0,1 %
Montagne III	0,0 %
Montagne IV	0,0 %
Estivage	1,9 %
Unités de gros bétail dans le bassin versant (sans le lac)	0,131 ha ⁻¹