dossier oed

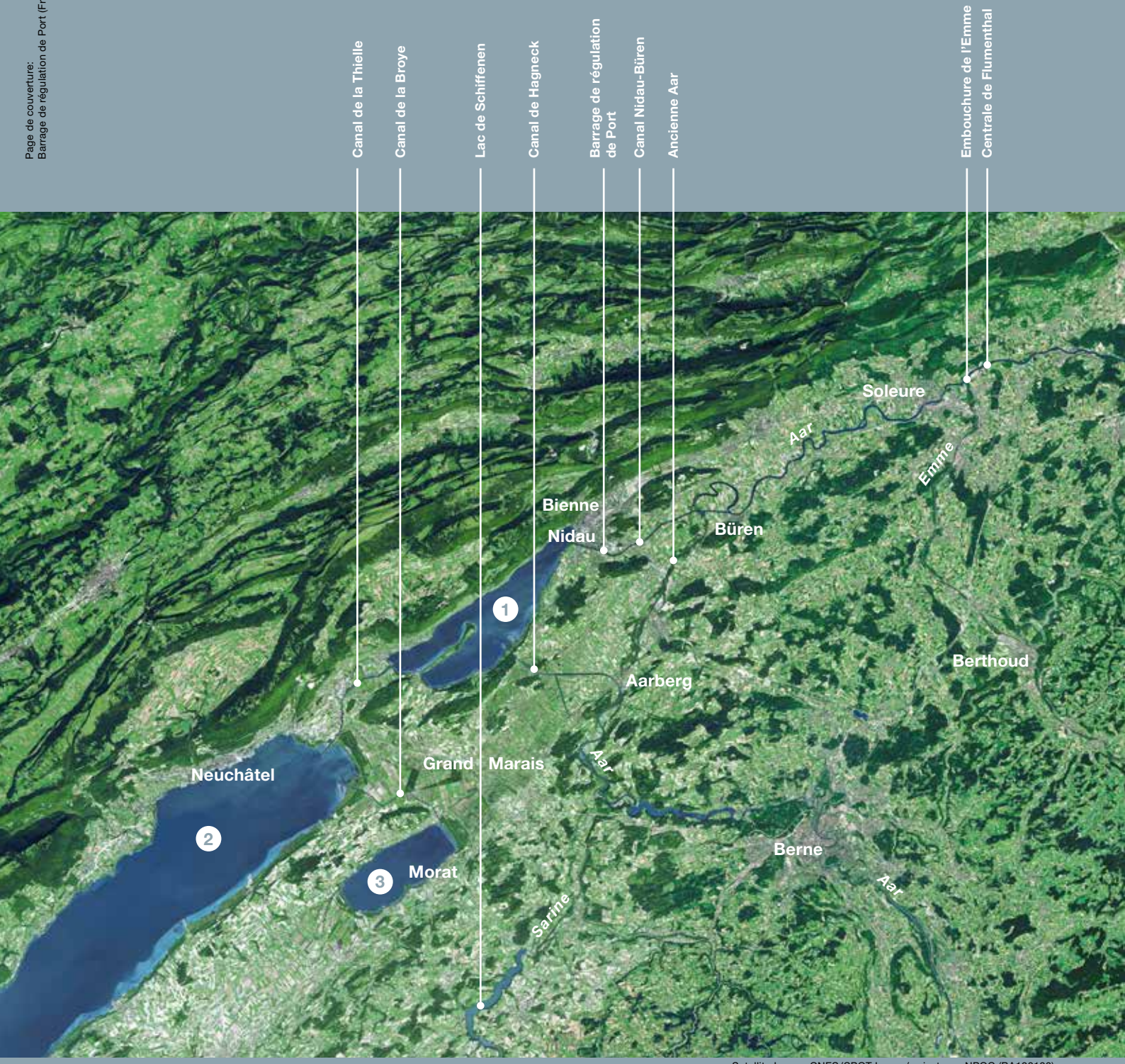
Régulation des lacs du pied du Jura

Règles de base et mise en pratique

Correction des eaux du Jura
OED Office des eaux et des déchets

Direction des travaux publics, des transports
et de l'énergie du canton de Berne

Page de couverture:
Barrage de régulation de Port (Frank)



Satellite Image: CNES/SPOT Image/swisstopo, NPOC (BA120183)

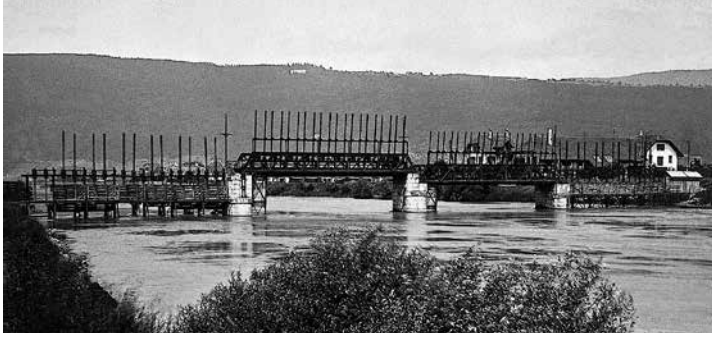
Réalisée en deux grandes étapes et sans cesse améliorée, la correction des eaux du Jura a fait des trois lacs du pied du massif jurassien, en les reliant par les canaux de la Thielle et de la Broye, un réseau hydraulique d'une capacité de stockage remarquable:

1. Le lac de Bienne est le plus dynamique des trois. Depuis 1878, il reçoit d'une part l'Aar près de Hagneck, cette rivière étant le principal affluent des lacs du pied du Jura (à laquelle la centrale hydroélectrique de Schiffenen fait subir de fortes variations journalières). D'autre part, l'émissaire du lac de Bienne dépend directement du barrage de régulation de Port. Selon la quantité d'eau qui s'écoule vers l'Aar par le biais du canal Nidau-Büren, le niveau du lac de Bienne monte ou descend.

2. Rien ne permet de réguler directement le lac de Neuchâtel. Comme il est relié à celui de Bienne par le canal de la Thielle, son niveau dépend indirectement du barrage de régulation de Port et du niveau du lac de Bienne. Vu sa taille, le lac de Neuchâtel ne réagit que lentement aux variations du niveau des eaux dans celui de Bienne, mais il peut absorber de grandes masses d'eau et assure ainsi un effet tampon bienvenu en cas de crue.

3. Le lac de Morat, le plus petit des trois lacs du pied du Jura, ne peut pas non plus être régulé directement. Son niveau monte et descend presque au même rythme que celui du lac de Neuchâtel, auquel il est relié par le canal de la Broye.

Contexte



OED

Aujourd'hui, la correction des eaux du Jura et son système de régulation ne suscitent plus guère de débats. La régulation des lacs du pied du Jura est un fait admis depuis longtemps et les niveaux des lacs de Bienne, de Neuchâtel et de Morat sont maintenus dans une **fourchette** généralement admise: ni trop haut, ni trop bas. En cas de précipitations plus abondantes ou plus persistantes, ou lorsque la fonte des neiges s'intensifie, il arrive toutefois que les débits des affluents, et dès lors les niveaux des lacs, dépassent la normale.

L'histoire récente a même connu plusieurs événements de ce type. En août 2005, le lac de Bienne a dépassé de 34 centimètres la limite des hautes eaux, fixée à 430,35 m d'altitude. En avril 2006, les niveaux des lacs ont à nouveau atteint des valeurs critiques et, en août 2007, le lac de Bienne est monté 53 centimètres au-dessus de la limite.

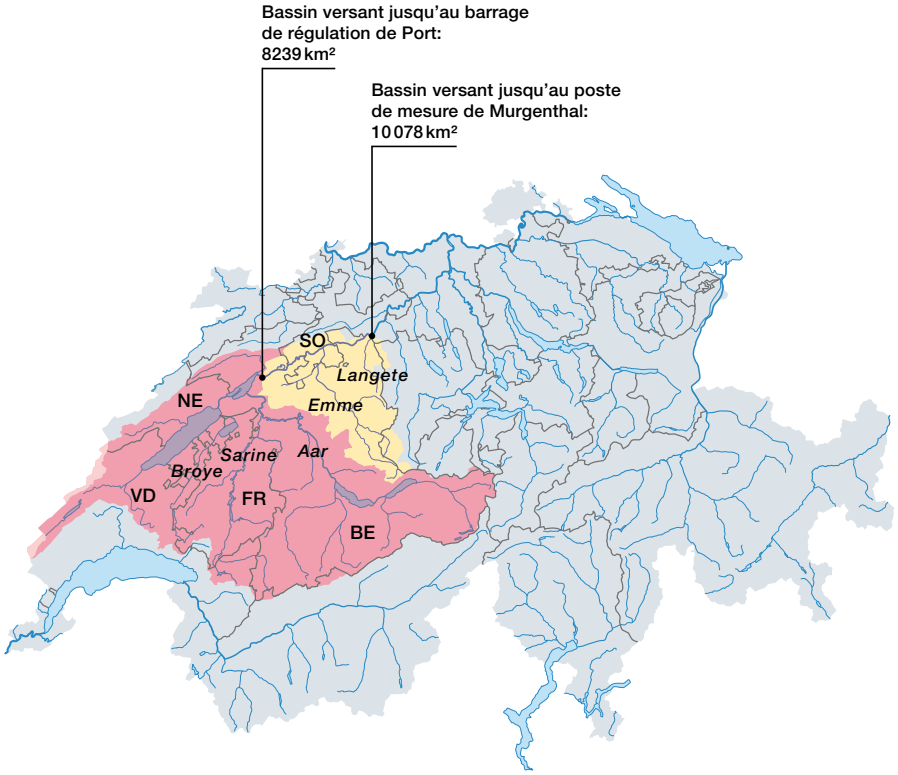
Il existe à l'évidence des événements extraordinaires que le **système de régulation** n'est pas à même de neutraliser. En août 2007, l'Aar a en effet atteint un débit de 1262 m^3/s à Murgenthal, soit nettement plus que la limite fixée à 850 m^3/s, et sa crue a provoqué des dégâts considérables dans les cantons de Soleure et d'Argovie.

La régulation des lacs du pied du Jura ne se préoccupe donc pas seulement du niveau des lacs, mais aussi du débit de leur émissaire, l'Aar. Ce débit ne doit jamais enfler au point d'aggraver une situation déjà critique dans les cantons de Soleure et d'Argovie.

Le débit optimal au **barrage de régulation de Port,** pièce maîtresse de la correction des eaux du Jura, résulte d'un calcul qui fait intervenir de nombreux facteurs. Il doit en effet tenir compte d'intérêts fort différents: agriculture, pêche, protection des oiseaux, protection des berges, navigation et exploitation de la force hydraulique.

Bien entendu, il n'est pas toujours possible de satisfaire équitablement toutes les exigences. De plus, les dernières crues ont montré qu'il importe d'agir avant. Au **règlement** qui régit depuis 1980 la régulation des niveaux dans les lacs du pied du Jura, est ainsi venue s'ajouter en 2008 une **régulation sur prévisions:** lorsque les bulletins annoncent des débits élevés pendant plusieurs jours dans les affluents, le canton de Berne peut abaisser le niveau du lac de Bienne à titre préventif, afin de créer un volume de rétention supplémentaire.

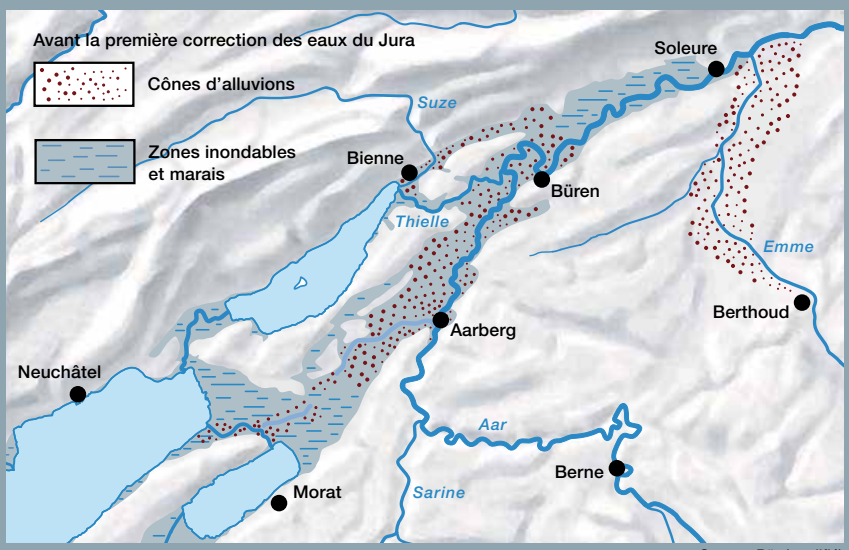
L'objectif premier de la correction des eaux du Jura était et reste la protection contre les crues: le système sert à éviter que le niveau des lacs ne monte trop, à limiter le débit de l'Aar pour protéger les riverains en aval et à empêcher les lacs de trop s'abaisser, afin de préserver l'agriculture (réserves d'eaux souterraines), la nature, la navigation et les ouvrages. Au début, c'est le barrage de Nidau (ci-dessus) qui réglait le débit à la sortie du lac de Bienne. Il a été remplacé par le barrage de régulation de Port, construit entre 1936 et 1939 et toujours en service aujourd'hui.



Le bassin versant des trois lacs du pied du Jura (en rouge) s'étend sur les territoires de cinq cantons et englobe des portions du Jura, des Préalpes et des Alpes. A l'issue de ce réseau hydrologique, le débit est régulé par le barrage de Port. Le positionnement des vannes, surveillé 24 heures sur 24, garantit que ni les niveaux des lacs ni le débit de l'Aar ne montent ou ne s'abaissent trop. La régulation des lacs doit également tenir compte des conditions hydrologiques en aval, principalement dans le bassin versant intermédiaire, situé entre Port et Murgenthal (en jaune).

La première correction des eaux du Jura (1868–1891)

Extrait du «General Charte der Jura Gewaesser» (réalisé en 1816/1817)

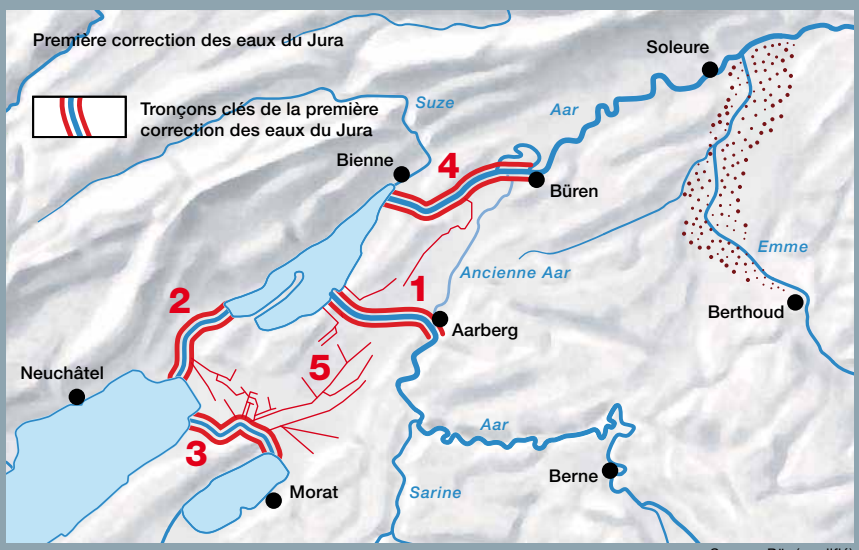


Source: Bär (modifié)

Contrairement à aujourd'hui, l'Aar s'écoulait d'Aarberg en direction du nord-est jusqu'à Meienried, où elle recevait la Thielle, émissaire du lac de Bienne (carte ci-dessus). Très sinueux, le tracé de la rivière ne présentait qu'une faible pente. En cas de crue, l'Aar inondait donc souvent la pleine du Seeland, y déposant le matériel charrié, qui contribuait à faire monter le niveau des lacs du pied du Jura. De plus, une formation de molasse située au niveau de l'embouchure de l'Emme, en aval de Soleure, entravait l'écoulement de l'Aar. Les inondations étaient donc fréquentes, tant dans le Seeland que le long de l'Aar (figure ci-contre).

Portrait de Richard La Nicca sur le monument de la correction des eaux du Jura à Nidau.

Archives de l'Etat de Berne



Source: Bär (modifié)

Il y a moins de 150 ans encore, la situation dans le Seeland était peu reluisante: le sol était marécageux, les récoltes maigres, la pauvreté affligeante et le risque d'épidémie élevé. En cas de crue, la région était régulièrement affectée par les vastes débordements de l'Aar, apportant quantité d'alluvions, et d'autres cours d'eau.

Les idées pour maîtriser ces rivières et ces ruisseaux impétueux n'ont certes pas manqué. Depuis 1707, une bonne douzaine d'experts se sont relayés pour proposer des projets plus ou moins réalistes afin d'améliorer la situation. Pendant ce temps, les inondations récurrentes rappelaient que des interventions s'imposaient d'urgence. Ce n'est toutefois qu'en 1867 qu'un arrêté fédéral a garanti le financement des travaux de la correction des eaux.

A partir de là, les choses se sont accélérées: les travaux débutèrent en août 1968 et ont complètement modifié le régime hydrologique du Seeland. Réalisé selon les plans de l'ingénieur en chef du canton des Grisons, Richard La Nicca (portait ci-dessus), le projet consistait en priorité à détourner l'Aar vers le lac de Bienne par le canal de Hagneck (chiffre 1 dans la figure en bas à gauche) ainsi qu'à abaisser et à équilibrer les niveaux des lacs du pied du Jura.

Pour que le lac de Bienne, associé à ceux de Morat et de Neuchâtel, soit à même de retenir les crues, objectif initial du projet, il fallait également corriger et approfondir la Thielle (2) et la Broye (3). Le débit accru provenant de la zone de rétention ainsi créée pouvait ensuite rejoindre le cours de l'Aar par le nouveau canal Nidau-Büren (4).

Les principaux travaux de correction furent achevés en 1891. Ce projet d'envergure fut complété par la correction dite «intérieure», comprenant des canaux de drainage destinés à assécher le Grand Marais et d'autres secteurs (5).

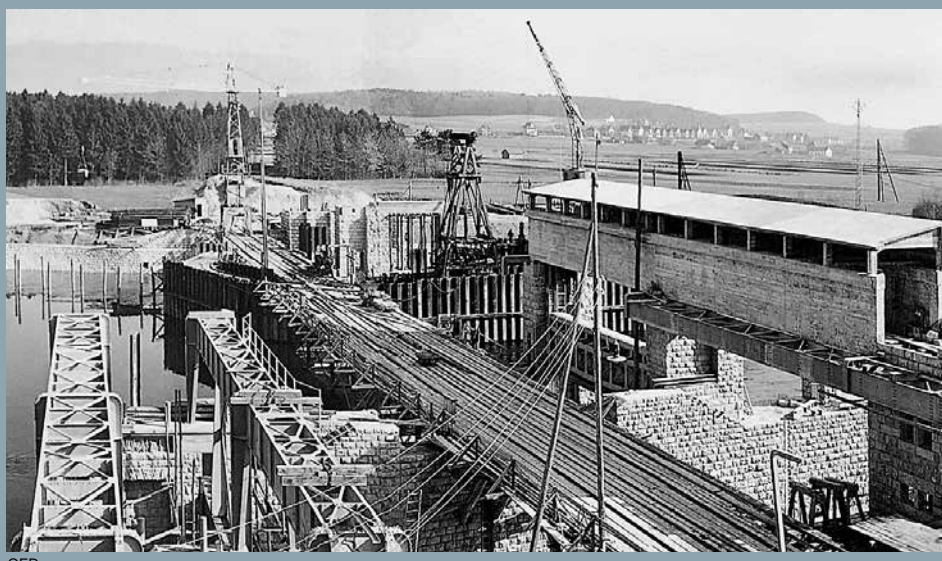
Améliorations successives

Dans l'ensemble, la première correction des eaux du Jura fut une belle réussite. La déviation de l'Aar ainsi que l'abaissement et l'équilibrage des niveaux des trois lacs du pied du Jura ont réduit les risques inhérents aux débordements riches en alluvions de l'Aar, transformé plusieurs centaines de kilomètres carrés de marais en terres arables fertiles et nettement amélioré les conditions de vie dans le Seeland.

De nouvelles préoccupations et conflits d'intérêts n'ont toutefois pas manqué de surgir rapidement. Les terres asséchées et cultivées avaient tendance à se tasser, car la tourbe contenue dans le sol n'était plus gorgée d'eau. Dans certaines régions, le risque d'inondation s'est à nouveau accru, amenant les propriétaires à réclamer un nouvel abaissement du niveau des lacs.

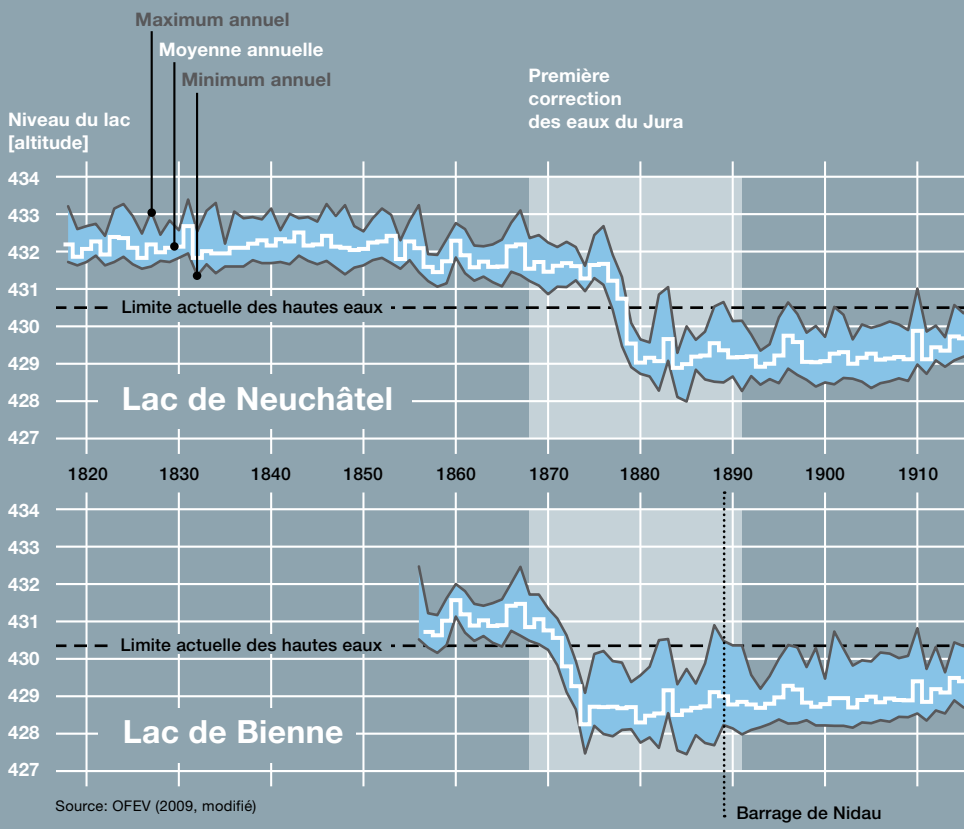
De bonnes raisons plaidaient toutefois aussi pour relever la cote minimale des lacs. Le projet initial prévoyait certes un moyen artificiel pour réguler le débit de l'émissaire du lac de Bienne. Cependant, une fois que le canal Nidau-Büren fut achevé et ouvert, le niveau du lac s'abaissait plus que prévu en période d'étiage: les pentes glissaient en direction du lac, les berges s'affaissaient et la navigation était souvent interrompue. Un barrage achevé en 1887 près de Nidau (photo page 3) devait remédier à cette situation. Cet ouvrage ne barrait toutefois que le nouveau canal Nidau-Büren, mais pas l'ancienne Thielle, qui sortait également du lac. Il n'empêchait donc pas le lac de s'abaisser trop et se révélait inefficace en cas de crue.

Dès 1981, il est donc apparu nécessaire de compléter les travaux réalisés et, au plus tard après les terribles inondations de 1910, nul ne contesta plus la nécessité d'améliorer la situation hydrologique dans l'ensemble de la région des trois lacs du pied du Jura. Le projet de la première correction présentait d'emblée une grosse lacune: contrairement à ce que prévoyait l'arrêté fédéral de 1867, il n'incluait pas l'aménagement de l'Aar entre Büren et l'embouchure de l'Emme, y compris l'élimination de la «barre de l'Emme».



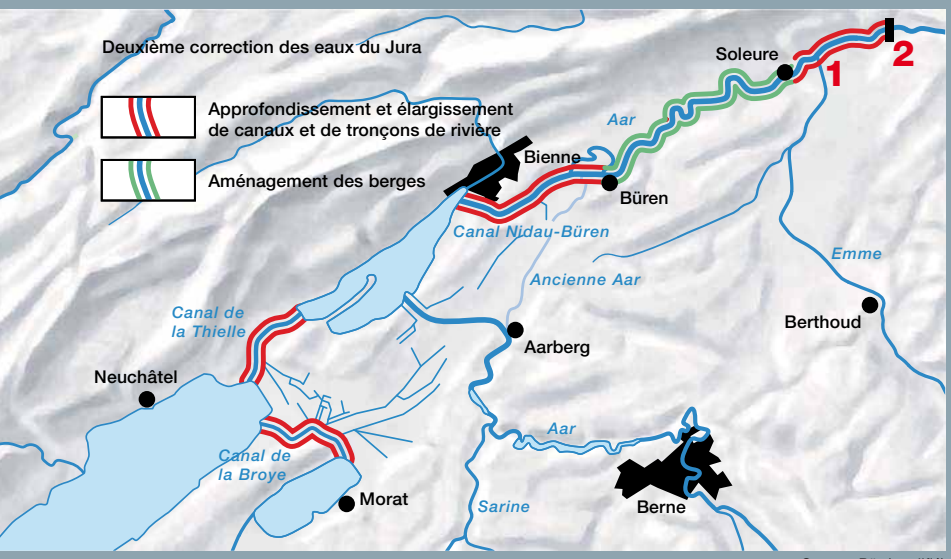
OED

La première amélioration consista à remplacer le barrage de Nidau, inutile, par une installation située à la sortie du lac de Bienne et capable aussi bien de maintenir le niveau du lac à une cote minimale prédéfinie en période d'étiage que d'offrir une capacité d'écoulement suffisante en cas de crue. Le barrage de régulation de Port, construit entre 1936 et 1939 (photo ci-dessus), remplit aujourd'hui encore ces deux fonctions.



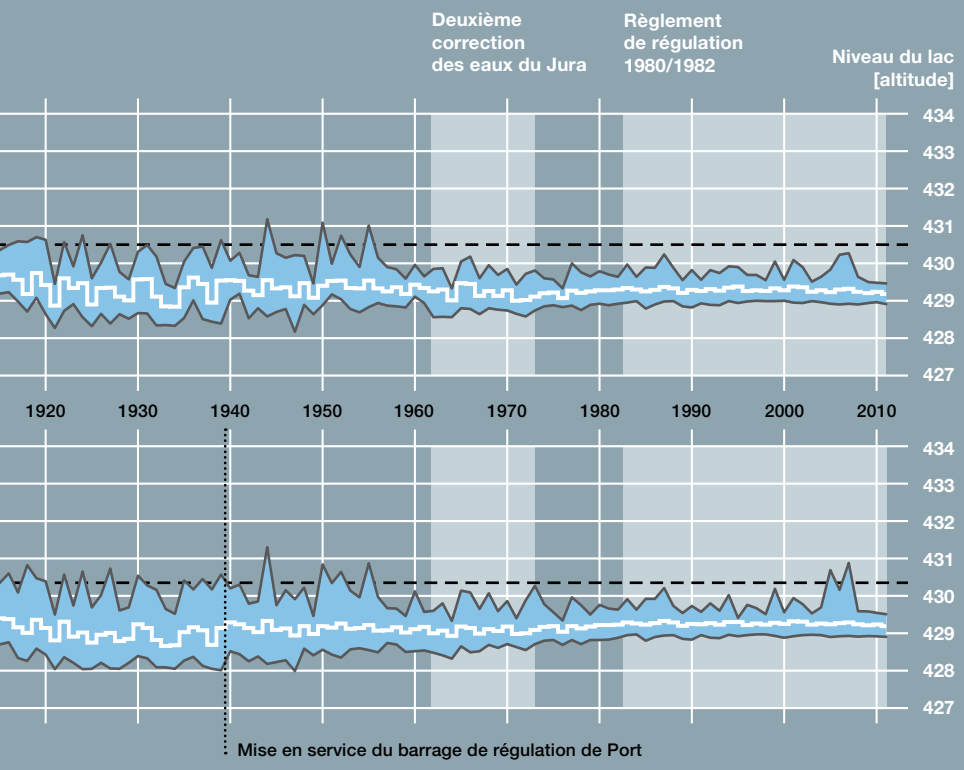
Source: OFEV (2009, modifié)

La deuxième correction des eaux du Jura (1962–1973)



Source: Bär (modifié)

La deuxième correction a consisté à élargir et à approfondir les canaux existants. Les travaux ont également servi à consolider les berges de l'Aar entre Büren et l'embouchure de l'Emme et à éliminer la «barre de l'Emme» (chiffre 1 dans la figure ci-dessus). Il fallait toutefois veiller à ce que le niveau de l'Aar ne diminue pas trop en période de basses eaux. Cette tâche est assurée depuis 1970 par le barrage de la centrale de Flumenthal, construite à cette époque (2).



Le Seeland a connu de nouvelles inondations graves non seulement en 1910, mais aussi en 1944, en 1948 et à plusieurs reprises dans les années 1950. Le problème des crues fut aggravé par des affaissements persistants du sol, et les voix réclamant que quelque chose soit entrepris n'ont cessé de s'enfler. C'est à nouveau l'octroi de ressources de la Confédération qui a ouvert la voie. Les Chambres fédérales ont adopté le crédit correspondant en automne 1960 et les travaux de la deuxième correction du Jura ont pu commencer en 1962. Ils ont été dirigés par Robert Müller, jusqu'alors professeur d'hydraulique à l'EPFZ.

Dans la région des trois lacs du pied du Jura, il fallait d'une part adapter les niveaux des hautes eaux aux affaissements du terrain, c'est-à-dire de les abaisser d'un mètre supplémentaire. D'autre part, il importait de relever de près d'un mètre les niveaux des basses eaux pour préserver la navigation, la pêche et le paysage. Pour réaliser ces objectifs, on a notamment entrepris d'approfondir et d'élargir les canaux existants et d'améliorer la régulation des lacs. Depuis lors, les trois lacs du pied du Jura forment un vaste ensemble hydraulique, aux variations limitées. De plus, la capacité d'écoulement de l'émissaire du lac de Bienne a été accrue.

Dans l'Aar en aval, les travaux ont également visé en priorité à réduire les variations du niveau de l'eau: abaissement du niveau des hautes eaux et meilleur respect de niveaux appropriés en période d'étiage.

La première correction des eaux du Jura a abaissé le niveau annuel moyen des lacs de Bienne et de Neuchâtel de plus de deux mètres (figure ci-contre). La deuxième correction a abaissé d'un mètre encore les niveaux des hautes eaux, mais maintenu les niveaux moyens et légèrement relevé les niveaux des basses eaux. Enfin, les prescriptions de régulation en vigueur depuis les années 1980 ont encore réduit l'amplitude moyenne des variations.

Solidarité intercantonale

Si l'échelle fluviale de Murgenthal (photo ci-dessus) montre que le débit de l'Aar risque de dépasser 850 m³/s, le débit qui s'écoule du lac de Bienne doit être réduit en conséquence. Mais ce n'est là que l'un des multiples facteurs qui interviennent dans la régulation des lacs du pied du Jura.

La correction des eaux du Jura a transformé d'anciens marais en terres cultivables de fort rendement, amélioré les conditions de vie dans tout le Seeland et protège aujourd'hui encore des portions considérables des cantons de Berne, de Fribourg, de Neuchâtel, de Vaud et de Soleure contre de vastes inondations. Si ce projet gigantesque a pu être réalisé au XIX[e] siècle, puis amélioré à plusieurs reprises au fil du temps, nous le devons à la solidarité entre cantons. Car il a fallu surmonter bien des méfiances.

Au début, les cantons de **Soleure** et d'**Argovie,** situés en aval, craignaient avant tout que les cantons en amont **(Berne, Fribourg, Neuchâtel et Vaud)** utilisent les réalisations de ce projet d'envergure uniquement pour faire s'écouler au plus vite de leur territoire les eaux qui y afflueraient en trop grandes quantités, et cela aux dépens de leurs voisins en aval.

Pour apaiser ces craintes, les cantons concernés se sont formellement engagés, sous la supervision de la Confédération, à ne pas laisser le débit de l'Aar dépasser un certain seuil: au **poste de mesure de Murgenthal,** là où la rivière franchit la frontière entre les cantons de Berne et d'Argovie, elle doit afficher un débit maximal de 850 m³/s.

La définition de ce débit limite garantit aux zones situées en aval que l'Aar n'aggravera pas encore le risque d'inondation si la situation s'avère déjà critique. Pour régler le débit que l'Aar charrie à Murgenthal, il n'existe toutefois qu'un emplacement sur la rivière où il est possible d'intervenir: à sa sortie du lac de Bienne, au **barrage de régulation de Port.**

La gestion de cet ouvrage incombe au canton de Berne. La surveillance des vannes du barrage de Port n'est toutefois pas assurée sur place, mais dans les locaux de l'Office des eaux et des déchets (OED) à Berne.

En cas de crue, les collaborateurs de la centrale de régulation calculent toutes les heures le **débit maximal** qui peut s'écouler du **lac de Bienne,** pour que l'Aar ne déverse pas, quelques heures plus tard, une trop grande quantité d'eau dans les cantons de Soleure et d'Argovie.

Il arrive ainsi qu'il faille **réduire** le débit au barrage de régulation de Port pendant un certain temps, même si le niveau du lac de Bienne, voire ceux des autres lacs du pied du Jura, menacent d'atteindre des cotes dangereuses.

Frank (3)

Fixer le niveau optimal des lacs du pied du Jura est une décision lourde de conséquences, qui tient compte de la situation dans tout le bassin versant. Le système de régulation englobe dès lors aussi les lacs en amont. Si le pilotage des diverses installations est aujourd'hui en partie automatisé, il est constamment surveillé à la centrale de régulation à Berne (photo à droite).

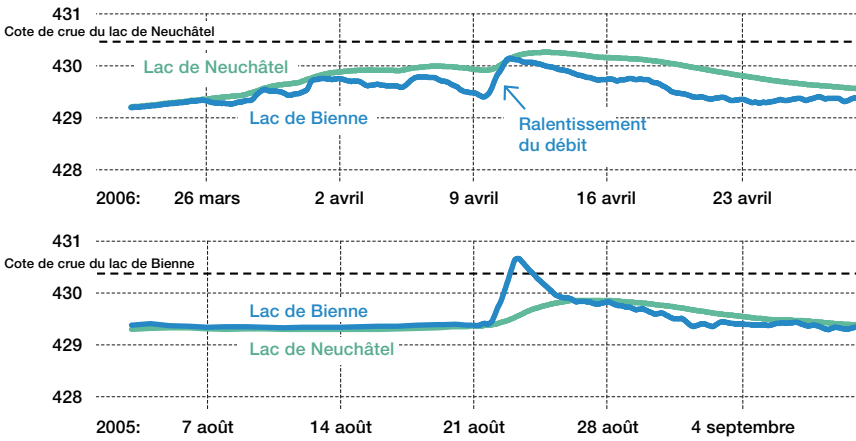
Un ensemble hydraulique

Le réglage des vannes au barrage de régulation de Port n'influence pas seulement le lac de Bienne, mais aussi celui de Neuchâtel et, par son intermédiaire, celui de Morat. Depuis la deuxième correction des eaux du Jura, ces trois lacs fonctionnent en effet comme des vases communicants et ne forment qu'un seul bassin hydraulique. En temps normal, leurs niveaux ne diffèrent donc que rarement.

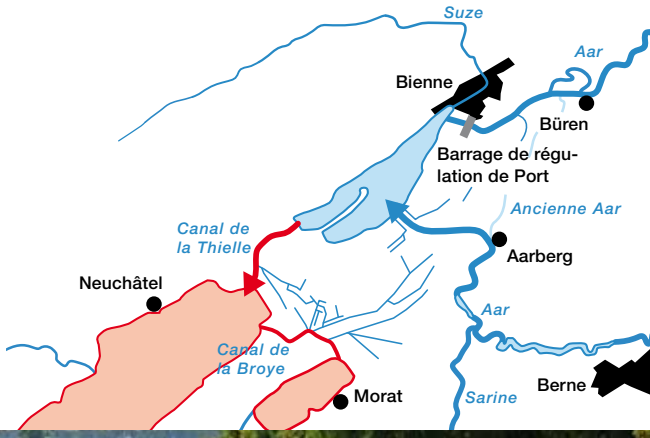
Le rôle de ce **bassin** apparaît surtout en cas de crue: une augmentation de 1 mètre du niveau des lacs du pied du Jura correspond à un volume de rétention de **280 millions de mètres cubes** au total. Les affluents ne répartissant pas équitablement l'afflux d'eau entre les trois lacs, un équilibrage est assuré par les canaux de liaison.

Il peut alors arriver que la direction d'écoulement dans les canaux s'inverse. Le plus souvent, c'est l'Aar qui déverse le principal afflux d'eau dans le lac de Bienne. Pour que le lac de Neuchâtel assume sa fonction de plus grand volume de stockage du système, il faut que le **sens du courant** s'inverse dans le canal de la Thielle et que l'eau, contrairement à son habitude, s'écoule du lac de Bienne vers celui de Neuchâtel (flèche rouge dans le schéma). Ce processus ne peut être influencé directement et exige un certain temps. Le niveau du lac de Bienne doit être monté suffisamment pour «repousser» littéralement la Thielle en direction de Neuchâtel.

Niveaux des lacs [altitude]



Le comportement du niveau des lacs varie selon l'endroit et le moment où se déverse la crue. En avril 2006, lorsque les lacs de Bienne et de Neuchâtel recevaient environ les mêmes quantités d'eau, il a été possible de maintenir en tout temps le niveau du lac de Bienne au-dessous de celui du lac de Neuchâtel, même s'il a fallu temporairement réduire le débit de son émissaire en raison de la condition dite de Murgenthal (graphique ci-dessus). Il en alla tout autrement en août 2005. Le lac de Bienne a reçu nettement plus d'eau que celui de Neuchâtel. Son niveau est monté rapidement, présentant par moments une différence de plus d'un mètre avec celui de Neuchâtel (graphique ci-dessus). Lorsque le sens du courant de la Thielle s'est enfin inversé, plus de 450 m³/s se sont déversés du lac de Bienne dans le lac de Neuchâtel.

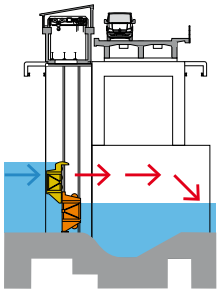


Canal de la Thielle près du Landeron

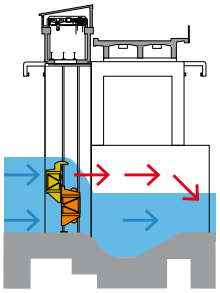
Lac de Bienne
Canal Nidau-Büren
Barrage de régulation de Port
Ancienne Thielle

Le barrage de régulation de Port

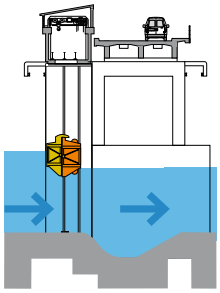
Le lac de Bienne a deux émissaires: le **canal Nidau-Büren,** creusé dans le cadre de la première correction des eaux du Jura, et l'ancienne Thielle. Voilà pourquoi le barrage qui régule depuis 1939 le débit à la sortie du lac a été construit en aval du confluent de ces deux bras fluviaux (en **prévision de la deuxième correction** des eaux du Jura, réalisée bien plus tard). Le barrage de Port a d'emblée eu plus d'une fonction: il comporte une écluse pour la navigation sur l'Aar et sert aussi de pont routier entre Brügg et Port. Sa quatrième fonction, celle de centrale hydroélectrique, est quant à elle plus récente.



Position des vannes en cas de basses eaux (jusqu'à 220 m³/s env.): le débit total est turbiné.



Position des vannes en cas de débit moyen (220 à 500 m³/s): une partie de l'eau est turbinée, une autre s'écoule par le barrage.



Position des vannes en cas de crue* (plus de 500 m³/s env.): le débit total s'écoule par le barrage, la centrale hydroélectrique est au repos.

*Débit maximal enregistré: 761 m³/s (20 mai 1999)

L'écluse permettant la navigation sur l'Aar se trouve sur la rive droite du canal Nidau-Büren. Il s'agit d'une écluse à sas, dotée de conduites de décharge latérales, qui mesure 12 m de large et offre une longueur utile de 52 m. Chaque année, quelque 5000 bateaux l'empruntent, dont 82% environ sont des embarcations privées, 17% des navires de ligne et 1% des barges pour le transport.

Le barrage de régulation ne détermine pas seulement les niveaux des lacs, mais aussi le débit de l'Aar. Large de 77 mètres, il comporte cinq ouvertures. Celles-ci sont occupées par des vannes doubles, formées chacune de deux vantaux: un vantail supérieur et un vantail inférieur. Les deux éléments pèsent ensemble environ 60 tonnes et atteignent une hauteur de près de 7 mètres lorsqu'ils sont complètement déployés.

Le barrage de Port ne sert pas seulement à réguler le niveau du lac de Bienne et le débit à sa sortie, mais est aussi un élément de la liaison routière entre Brügg et Port.

La pente d'écoulement créée par le barrage est exploitée depuis 1995 pour fabriquer du courant et la production annuelle moyenne de cette centrale atteint 25 GWh. Les deux turbines Kaplan classiques présentent une puissance maximale de 5,2 MW et permettent d'adapter rapidement l'exploitation à de fortes variations du débit et aux exigences prioritaires de la régulation du lac.

Frank

Frank (3); OED (1)

Le principe de la régulation du lac

La deuxième correction des eaux du Jura se fondait sur des **valeurs saisonnières précises,** comprenant les niveaux, minimal et maximal, admissibles dans le lac, les niveaux moyens et les débits maximaux et minimaux de l'Aar.

Telle qu'elle a été appliquée jusqu'ici, la régulation a permis, comme prévu, d'atténuer les variations des niveaux d'eau dans les trois lacs du pied du Jura: elle a abaissé les niveaux des hautes eaux et relevé les niveaux des basses eaux, tout en préservant les niveaux moyens. Dans des conditions naturelles, sans intervention humaine, les lacs connaîtraient des variations beaucoup plus dynamiques.

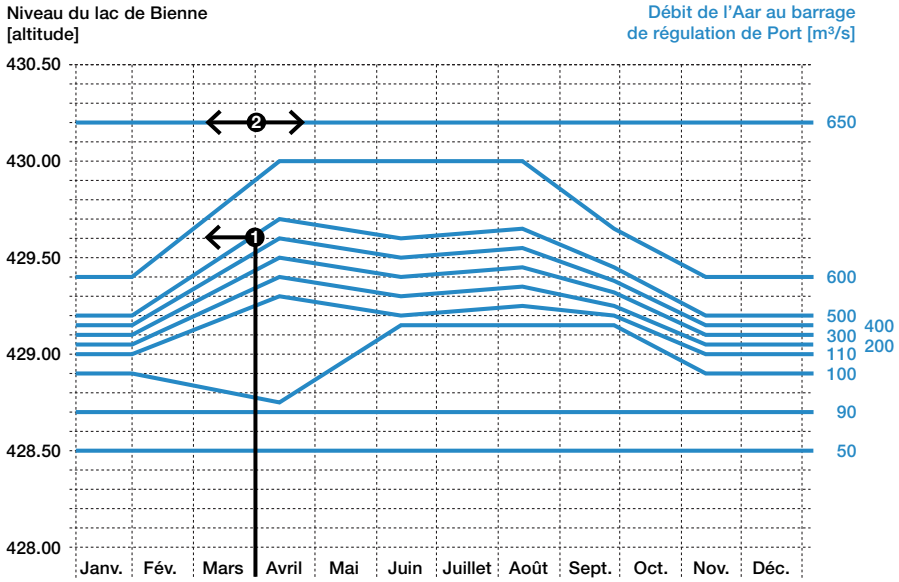
L'expérience pratique accumulée au fil du temps à toutefois conduit à adapter les conditions initialement définies pour la régulation. Ces adaptations se retrouvent dans le **règlement de régulation de 1980/1982,** en vigueur depuis lors. Il comprend des prescriptions relatives à la régulation des eaux en cas de crue, des instructions pratiques et un diagramme de régulation, qui met en relation le niveau du lac, le débit au barrage de Port et la date (graphique à droite).

Depuis lors, la régulation vise à maintenir les variations annuelles des eaux dans des limites qui tiennent compte des **diverses exigences** relatives au niveau des lacs du pied du Jura et au débit de l'Aar en aval.

Exemples de la relation entre niveau et débit:

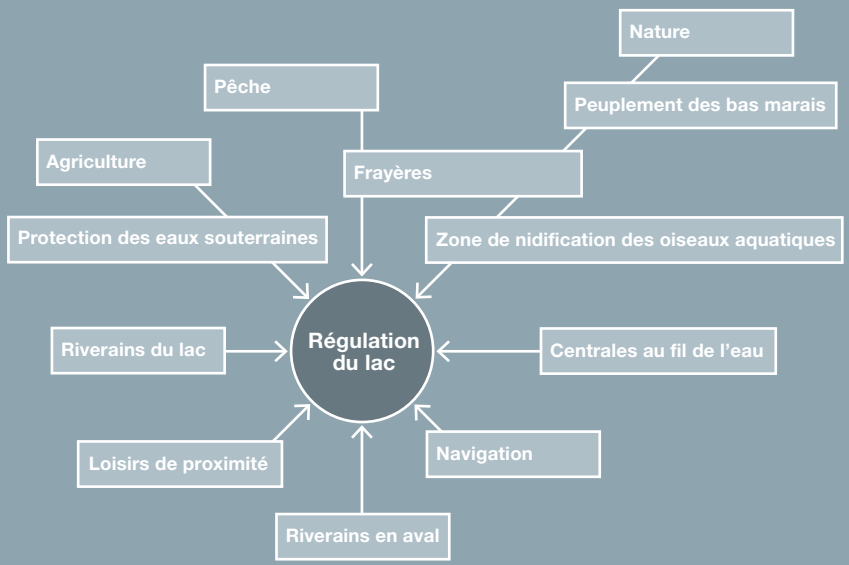
❶ Si le niveau de l'eau atteint une altitude de 429,60 m début avril, les responsables règleront le débit de l'Aar sur 500 m³/s.

❷ Le débit maximal admissible est fixé à 650 m³/s.



Le règlement de régulation de 1980/1982 est appliqué au barrage de Port. Assuré 24 heures sur 24, le réglage des cinq vannes veille à ce que le niveau des lacs du pied du Jura ne monte ni ne s'abaisse trop. Le règlement ne spécifie pas directement à quel niveau il faut maintenir les eaux. Il comprend plutôt un digramme de régulation, que d'aucuns appellent parfois «abaque de régulation» (graphique ci-dessus). Pour chaque jour de l'année, ce diagramme indique une relation sans équivoque entre le niveau du lac et la valeur à laquelle doit être réglé le débit à sa sortie. Si ce diagramme est respecté, le niveau du lac varie entre 429,00 et 429,20 m d'altitude en hiver et entre 429,30 et 429,70 m en été.

Les exigences en matière de régulation sont multiples et parfois divergentes. Lors de l'élaboration du règlement aujourd'hui en vigueur (règlement de régulation 1980/1982), les autorités ont certes tenté de tenir compte autant que possible des multiples théories pour définir le niveau optimal du lac. Il s'avère toutefois impossible, ne serait-ce que pour des raisons hydrauliques, de satisfaire entièrement et simultanément toutes les attentes. Par ailleurs, certains intérêts de la protection et de l'exploitation sont contradictoires. Enfin, les demandes des riverains du lacs s'opposent parfois aux attentes des habitants en aval.



Les cotes et leur signification

Les grandeurs qui intéressent aussi bien les spécialistes responsables de la régulation que le grand public, ce sont les **niveaux critiques** des eaux dans les trois lacs du pied du Jura. Dans ce domaine, on distingue les cotes de régulation et les cotes de danger.

Cotes de régulation

Les cotes de régulation définissent la fourchette communément admise, dans laquelle les niveaux des lacs devraient varier. Ces cotes sont par conséquent des valeurs fixées artificiellement, qui se sont établies au fil du temps ou qui résultent de pourparlers. Le seuil inférieur de la fourchette correspond à la **cote des basses eaux** et le seuil supérieur à la **cote des hautes eaux.** La régulation des lacs a pour objectif de maintenir le niveau de l'eau entre ces deux seuils. Un dépassement temporaire est toutefois admis lors de conditions météorologiques extrêmes (sécheresse prolongée, abondante fonte des neiges, pluie persistante).

Cotes de danger

Les cotes de danger ont été calculées lors de l'établissement des cartes des dangers naturels. Elles indiquent à quelle fréquence un lac **risque d'atteindre** un niveau correspondant à une crue trentennale (survenant tous les 30 ans), centennale (100 ans) et tricentennale (300 ans).

	Lac de Bienne	Lac de Neuchâtel	Lac de Morat
Superficie	39 km²	217 km²	23 km²
Cotes de régulation			
Cote des hautes eaux	430.35 m s.m.	430.50 m s.m.	430.85 m s.m.
Niveau maximal* (année)	430.88 m s.m. (2007)	430.27 m s.m. (2007)	430.47 m s.m. (2006)
Cote des basses eaux	428.60 m s.m.	428.70 m s.m.	428.70 m s.m.
Niveau minimal* (année)	428.69 m s.m. (1976)	428.74 m s.m. (1973)	428.76 m s.m. (1978)
Niveau moyen en été (Période: 1983–2011)	429.43 m s.m.	429.43 m s.m.	429.44 m s.m.
Marge maximale de régulation	1.75 m	1.80 m	2.15 m
Marge effective en été	0.92 m	1.07 m	1.41 m
Cotes des hautes eaux selon les cartes des dangers naturels (cotes de danger)			
Cote d'une crue trentennale Comparée à la cote des hautes eaux	430.60 m s.m. +25 cm	430.40 m s.m. -10 cm	430.55 m s.m. -30 cm
Cote d'une crue centennale Comparée à la cote des hautes eaux	431.00 m s.m. +65 cm	430.85 m s.m. +35 cm	431.10 m s.m. +25 cm
Cote d'une crue tricentennale Comparée à la cote des hautes eaux	431.30 m s.m. +95 cm	431.15 m s.m. +65 cm	431.40 m s.m. +55 cm

*Relevé depuis la deuxième correction des eaux du Jura

Une comparaison des cotes de régulation (fond gris) avec les cotes de danger (fond rouge) permet d'estimer la récurrence probable du dépassement de la cote des hautes eaux:

- **La cote des hautes eaux du lac de Bienne étant inférieure à la cote de la crue trentennale, il faut s'attendre à ce qu'un tel dépassement survienne plus d'une fois tous les 30 ans.**
- **Les lacs de Neuchâtel et de Morat présentant une situation inverse, les dépassements de la cote des hautes eaux devraient y être moins fréquents.**

Lac de Bienne, Petite-Douanne

Frank

Régulation des lacs en cas de crue

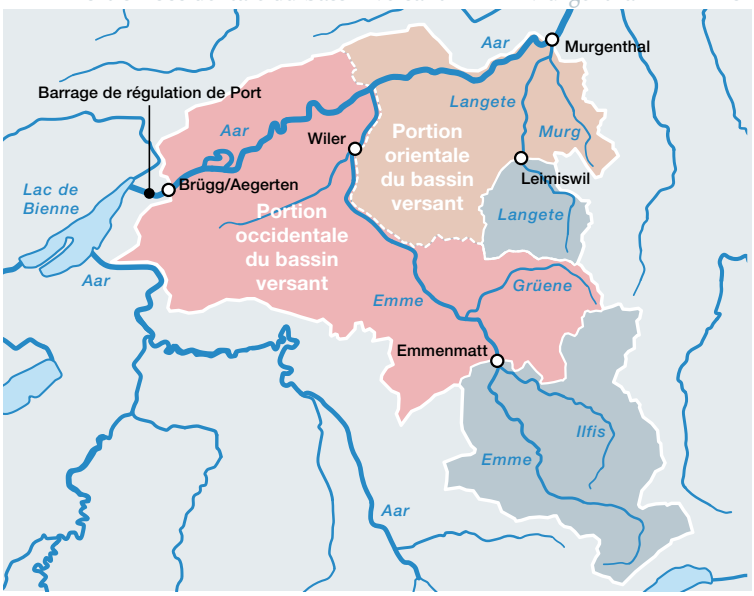
Le règlement de 1980/1982 ne régit pas seulement la régulation des lacs en temps normal, mais comprend aussi des prescriptions pour les **cas de crue** et pour assurer la **protection des riverains en aval.**

En cas d'afflux d'eau exceptionnels, les trois lacs du pied du Jura forment un **seul grand volume de stockage,** qui est capable d'absorber et de retenir provisoirement de grosses quantités d'eau. Pour bienvenue qu'elle soit, cette capacité de stockage n'est toutefois pas illimitée. Lorsque les niveaux des lacs montent, force est donc d'augmenter également le débit de l'Aar (diagramme de régulation, page 12).

La capacité d'écoulement de l'Aar a cependant aussi des limites, dont la régulation doit tenir compte. En cas de crue, la rivière ne charrie pas seulement les grandes quantités d'eau provenant du lac de Bienne, mais en général aussi celles des **affluents** qu'elle reçoit entre le barrage de Port et le limnimètre de Murgenthal (soit notamment l'Emme et la Langete).

Voilà pourquoi la condition de Murgenthal, mentionnée plus haut, prescrit une **réduction appropriée** du débit à la sortie du lac de Bienne, lorsque le débit de l'Aar à Murgenthal menace de dépasser 850 m³/s.

$$Q^{i}_{\text{Portion occidentale du bassin versant}} = Q^{i}_{\text{Murgenthal}} - Q^{i-2}_{\text{Port}} - Q^{i-4}_{\text{Emmenm}}$$



Source: OFEV (2009)

Pour que le débit de l'Aar ne dépasse pas la limite prévue (850 m³/s) à Murgenthal en cas de crue, la régulation doit également prendre en compte les affluents de la portion orientale du bassin versant pour déterminer le débit requis au barrage de Port. La régulation en cas de crue se fonde dès lors sur des prévisions du débit de l'Aar à Murgenthal: à partir des débits relevés aux stations de mesure de Brügg/Aegerten (Aar), de Murgenthal (Aar), d'Emmenmatt (Emme) et de Leimiswil (Langete), on détermine les débits à l'entrée et à la sortie des bassins versants partiels (portions occidentale et orientale du bassin versant). Ces données permettent ensuite de calculer le débit que l'Aar devrait atteindre quelques heures plus tard à Murgenthal.

Keystone/Alessandro della Valle

La régulation de l'émissaire du lac de Bienne s'inscrit dans une synchronisation à grande échelle et intervient sur la base des dernières prévisions météorologiques et de données récentes sur les affluents provenant des autres bassins versants. Il est malgré tout arrivé que les lacs du pied du Jura ne parviennent pas à remplir leur rôle. En août 2007, le niveau du lac de Bienne a ainsi dépassé la limite des hautes eaux de 53 centimètres (photo à droite). Durant cette crue, même la condition de Murgenthal n'a pas pu être respectée.

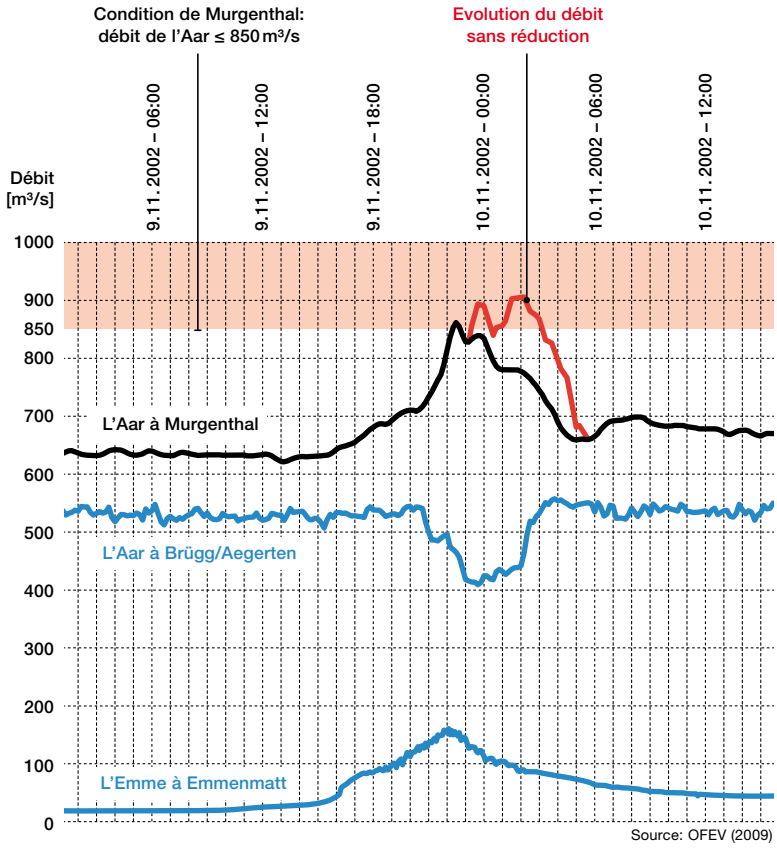
Ecréter les crues de l'Emme

L'une des particularités de la régulation des lacs du pied du Jura réside dans le fait qu'elle ne doit pas seulement considérer les affluents directs des lacs, mais aussi les précipitations et les crues survenant dans la **partie du bassin versant située en aval du lac,** entre Port et Murgenthal.

La situation dans l'Emmental joue ici un rôle crucial. L'**Emme** se jette dans l'Aar en aval de Soleure. Or une fonte des neiges abondante ou un violent orage peuvent décupler le débit de cet affluent. C'est ce qui s'est produit le 8 août 2007, où le débit de l'Emme est passé de 40 à plus de 500 m³/s en moins de trois heures.

La régulation doit prendre ce phénomène en considération: si les prévisions annoncent une crue de l'Emme, il convient de réduire temporairement le débit à la sortie du lac de Bienne, pour que l'Aar soit en **mesure d'«absorber»** la masse des eaux de l'Emme (graphique à droite).

Cette procédure permet en général de venir sans dommage à bout d'événements modérés. Lorsque les débits atteignent des valeurs extrêmes, comme ce fut le cas en août 2007, ce mode de régulation ne suffit pas.



Source: OFEV (2009)

Le bassin versant du tronçon allant du barrage de Port au limnimètre de Murgenthal mesure 1839 km². Sur ce total, 974 km² sont occupés par le bassin versant de l'Emme, qui se caractérise par des crues fortes, mais relativement brèves. Le règlement de régulation prévoit donc, en cas de crue de l'Emme, de réduire temporairement le débit à la sortie du lac de Bienne, pour que le débit total de l'Aar ne dépasse pas 850 m³/s à Murgenthal. La régulation doit alors tenir compte de temps d'écoulement différents: une modification du débit au barrage de Port ne sera perceptible à Murgenthal que 2 à 3 heures plus tard, alors que l'onde de crue mesurée à Emmenmatt met entre 3 et 4 heures pour y parvenir. Sans réduction du débit au barrage de Port, l'Aar aurait atteint, dans l'exemple ci-dessus (graphique), un débit d'environ 900 m³/s à Murgenthal.

L'Emme en crue à son embouchure dans l'Aar au lieu dit Emmenspitz, près de Luterbach (photographiée le 9 août 2007).

Keystone/Police cantonale de Soleure

Optimisation en cas de crue: la régulation sur prévisions

Moyens envisagés pour optimiser la protection contre les crues dans la région des eaux du Jura:

- ☐ **Elargir le canal de la Thielle afin d'accélérer le processus d'équilibrage entre les lacs de Bienne et de Neuchâtel (améliorer l'utilisation du volume de rétention).**
- ☐ **Accroître, par des aménagements, la capacité d'écoulement de l'Aar en aval.**
- ✗ **Optimiser la régulation en cas de crue en améliorant les prévisions des débits entrants exceptionnels. De telles prévisions permettent d'abaisser momentanément le niveau des lacs avant la survenue d'un événement extrême et d'accroître ainsi le volume de rétention (régulation sur prévisions).**

Pendant des décennies, la régulation des lacs du pied du Jura a largement fait ses preuves et apporté maints avantages économiques. Grâce à elle, le Seeland et les zones situées le long de l'Aar ont été épargnés par les inondations graves. En 2005, le niveau des eaux a toutefois nettement dépassé la limite des hautes eaux, et ce pour la première fois depuis l'achèvement de la deuxième correction des eaux du Jura. Peu après, en août 2007, l'afflux de quantités d'eau inouïes a à nouveau fait déborder les lacs du pied du Jura et l'Aar en aval.

Certains événements dépassent à l'évidence la capacité du système né de la correction des eaux du Jura. Si le volume de rétention formé par les trois lacs protège certes le Seeland et les régions en aval contre des inondations pires encore, sa marge de manœuvre s'avère trop mince en cas de **situation extrême.**

Forts de ce constat les services fédéraux compétents, les cantons impliqués dans la correction des eaux du Jura – Berne, Vaud, Fribourg, Neuchâtel et Soleure – ainsi que le canton d'Argovie, également concerné, ont cherché un **moyen d'optimiser** ce système hydraulique.

Les solutions envisageables étaient loin d'être innombrables (colonne à gauche). Tout compte fait, c'est l'accroissement temporaire du volume de rétention formé par les lacs du pied du Jura, grâce à un **abaissement du niveau des lacs** avant la survenue d'un événement extrême, qui fournissait les meilleurs résultats. De plus, cette solution n'exige pas de gros travaux, puisqu'il suffit d'adapter le **système de régulation** en mettant au point une régulation applicable lors de l'annonce d'une crue.

Comment fonctionne la régulation sur prévisions?

Se fondant sur une prévision météorologique à cinq jours, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) établit quotidiennement une prévision des débits dans le bassin versant des grands cours d'eau. Ce faisant, il calcule aussi le **volume d'eau que l'Aar** déversera dans le lac de Bienne. Si ces calculs annoncent une montée excessive du lac, on augmente le **débit** au barrage de Port afin d'abaisser momentanément et à titre préventif le niveau du lac de Bienne (et donc aussi des lacs de Neuchâtel et de Morat). Si l'événement pronostiqué se produit, l'abaissement préventif permet aux lacs du pied du Jura d'absorber un volume d'eau bien plus grand. Si aucune crue ne survient, on repasse à la régulation normale après quelques jours.

Frank

La régulation sur prévisions complète le règlement qui régit la régulation des lacs du pied du Jura depuis 1980/1982. Elle entre en jeu uniquement lorsque les prévisions annoncent des débits élevés pendant plusieurs jours à l'entrée de ces trois lacs. Elle se fonde notamment sur les prévisions à moyen terme du débit de l'Aar à son entrée dans le lac de Bienne, près de Hagneck (photo).

Quand y recourt-on?
La décision de recourir à la régulation sur prévisions dépend du niveau du lac et de la montée des eaux attendue les jours suivants. La régulation sur prévisions entre en jeu lorsqu'en raison de la montée prévisible de ses eaux le lac pourrait atteindre un niveau critique, c'est-à-dire dans les **cas exceptionnels.** En accord avec les services fédéraux compétents et les cantons concernés, il est en outre possible d'abaisser le niveau des lacs lorsque l'évaluation de la situation (enneigement, prédisposition des sols à l'écoulement, p. ex.) fait état d'un risque de crue.

Quels sont ses effets?
En hiver, le lac de Bienne ne peut être abaissé de plus de 20 cm environ. En été, lorsque son niveau est en général plus élevé, l'abaissement peut atteindre 40 cm environ. C'est l'**évolution de la crue** qui détermine son ampleur réelle. L'abaissement des lacs de Neuchâtel et de Morat est nettement moins apparent, car leur surface est bien plus grande.

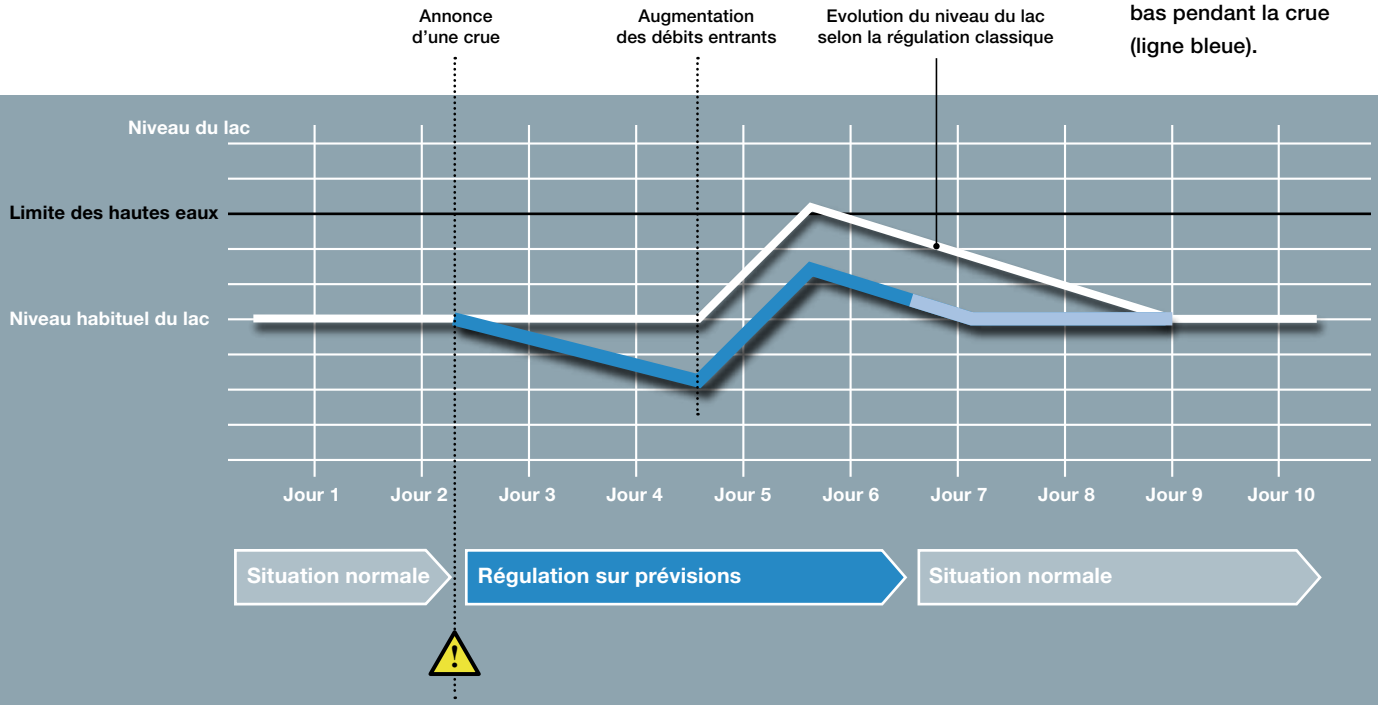
Combien de fois y recourt-on?
Il est actuellement impossible de prévoir combien de fois par année il faudra recourir à la régulation sur prévisions. L'expérience engrangée jusqu'ici montre qu'elle ne sera appliquée que pendant **quelques jours** par année (le plus souvent en été, lorsque le lac de Bienne affiche en moyenne un niveau d'un demi-mètre plus élevé qu'en hiver).

Conditions à respecter
Tout comme la régulation ordinaire, la régulation sur prévisions doit respecter certaines conditions afin de ne pas perturber exagérément la nature, la navigation, les centrales hydroélectriques ou les activités de loisirs, tout en améliorant la protection contre les crues:

- les lacs de Bienne et de Neuchâtel ne doivent pas, conformément aux prescriptions de régulation en vigueur, descendre au-dessous des **niveaux minimaux** fixés selon les saisons;
- le débit maximal au barrage de Port reste fixé à **650 m³/s;**
- le débit maximal de l'Aar à Murgenthal reste fixé à **850 m³/s.**

Quand la régulation sur prévisions prend-elle fin?
Dès que les débits entrant dans le lac de Bienne diminuent, le régime normal de régulation (selon le règlement de 1980/1982) remplace automatiquement la régulation sur prévisions. Si l'**Emme** risque de connaître une grande crue, le débit sortant du lac de Bienne est réduit.

Selon le règlement de régulation de 1980/1982, il n'était possible d'augmenter le débit au barrage de Port que lorsque le niveau du lac de Bienne commençait déjà à monter en raison de l'afflux de débits accrus (graphique ci-dessous). La régulation sur prévisions permet d'augmenter le débit à la sortie du lac plus tôt, afin d'abaisser son niveau à titre préventif, de créer ainsi un volume de rétention supplémentaire et de pouvoir maintenir le lac à un niveau plus bas pendant la crue (ligne bleue).

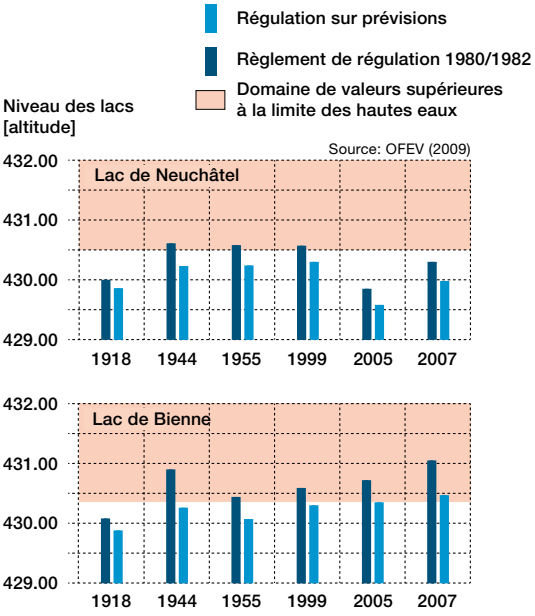


Avantages et limites de la régulation sur prévisions

Venue compléter en 2008 les prescriptions de régulation en vigueur jusqu'alors, la régulation sur prévisions n'est pas en mesure d'empêcher tout dépassement de la limite des hautes eaux dans les lacs du pied du Jura en cas de crue, mais elle atténue efficacement la montée des eaux. Il faut en effet s'attendre à la survenue d'**événements extrêmes** que même les dispositions prises ne parviendront pas à maîtriser: si les débits entrants atteignent des valeurs très élevées, ce qui restera sans doute rare, le lac de Bienne sera toujours le premier à dépasser la limite des hautes eaux (graphique à droite).

Les dispositions prises dans le cadre de la correction des eaux du Jura ne dispensent nullement les communes et les propriétaires de terrains riverains des lacs du pied du Jura et de l'Aar d'accorder une grande attention au risque de crue dans leurs **plans d'affectation** et leurs **projets d'intervention.** Il reste en outre à élaborer un **plan d'urgence** et une **organisation de crise,** afin de maintenir le risque résiduel dans des proportions acceptables.

La régulation sur prévisions doit entrer en jeu uniquement en **cas d'annonce d'un événement extrême.** Le règlement de régulation de 1980/1982 continuera dès lors de s'appliquer lors de crues moins marquées. Même à l'avenir, les niveaux des lacs du pied du Jura connaîtront de varier.



La régulation sur prévisions améliore la situation avant même la survenue d'une éventuelle crue: si les prévisions des débits entrants annoncent une montée excessive des niveaux d'eau, on augmente le débit au barrage de régulation de Port à titre préventif, afin de créer un volume de rétention supplémentaire, ce qui diminuera sensiblement la cote maximale atteinte ensuite par les lacs. C'est ce que démontrent des simulations réalisées pour les lacs de Bienne et de Neuchâtel sur la base des données de crues antérieures (graphiques ci-dessus).

Les variations du niveau des eaux sont indispensables pour que les bas marais sur les rives des lacs du pied au Jura (comme ceux entourant l'île Saint-Pierre, photo ci-dessous) continuent d'abriter des espèces végétales et animales très spécialisées, dont nombre sont désormais rares, voire menacées. La régulation sur prévisions n'empêchera pas les variations naturelles (saisonnières ou liées aux crues), car ce nouvel instrument n'est destiné qu'à maîtriser des situations exceptionnelles.

Frank

Bases légales et organisation

L'**arrêté fédéral du 20 septembre 1935 allouant une subvention au canton de Berne pour la construction d'un nouveau barrage à Nidau-Port** prévoit que le canton de Berne assurera le service du barrage, à ses frais, conformément au règlement qu'édictera le Conseil fédéral.

Par ailleurs, l'article 11 de l'**arrêté fédéral du 5 octobre 1960 concernant la participation de la Confédération aux frais des travaux de la IIe correction des eaux du Jura** (règlement de régulation) spécifie que les cantons concernés élaborent un règlement pour la régulation du niveau de l'Aar et qu'ils le soumettent à la Confédération pour approbation.

La régulation se fonde actuellement sur la **Convention cantonale concernant l'entretien et la surveillance en commun de l'œuvre intercantonale de la IIe correction des eaux du Jura et la régularisation des eaux qui en font partie** (Convention intercantonale 1985 sur la IIe correction des eaux du Jura), qui a été approuvée le 19 novembre 1986 puis le 28 octobre 1993 par le Conseil fédéral.

Dans cette convention, les gouvernements des cantons de Fribourg, de Vaud, de Neuchâtel, de Berne et de Soleure s'engagent, d'une part, à assurer un entretien uniforme de tous les ouvrages de la IIe correction des eaux du Jura et, d'autre part, à appliquer le règlement de régularisation correspondant. Ce règlement est également mentionné incidemment à l'article 11 de la convention intercantonale: «Le règlement de régularisation au sens de l'article 11, al. 1 de l'arrêté fédéral du 5 octobre 1960 sera établi et la régularisation elle-même effectuée dans l'esprit et le respect des buts de la IIe correction des eaux du Jura. A ce titre, les intérêts légitimes des cantons sis en aval et ceux des cantons sis en amont du barrage de Nidau-Port seront équitablement pris en compte.»

Conformément à ces bases légales, c'est le **règlement de régulation de 1980/1982** qui est appliqué au barrage de Port depuis le 1er janvier 1983. Approuvé le 19 avril 1983 par le Conseil fédéral, ce règlement comprend des prescriptions de régulation, un diagramme de régulation mettant en relation le niveau du lac, le débit à sa sortie et la date et une annexe concernant la régulation en cas de crue, qui limite le débit de l'Aar à Murgenthal à 850 m³/s (condition de Murgenthal).

En 2008, le règlement de régulation a été complété par une **annexe concernant la régulation sur prévisions.** Celle-ci a été élaborée sous la conduite de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) par un groupe de travail au sein duquel étaient représentés aussi bien les cantons sis en amont (Vaud, Fribourg et Neuchâtel) que les cantons sis en aval (Soleure et Argovie) du barrage de Port. Responsable de la régulation des lacs, le canton de Berne représente équitablement les intérêts des cantons sis en amont et de ceux sis en aval.

Outre assurer la protection des eaux, le contrôle du niveau des lacs devrait répondre à bien d'autres attentes. C'est pourquoi la régulation optimale de la deuxième correction des eaux du Jura a fait l'objet d'une vaste étude entre 1986 et 1996, qui a également analysé l'impact écologique (colonne à droite). Les résultats de cette étude montrent qu'il n'y a pas lieu d'entreprendre une modification fondamentale du règlement de régulation.

Lectures recommandées:

Laboratoire de Recherches Hydrauliques, Hydrologiques et Glaciologiques de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich: Régularisation optimale de la IIe correction des eaux du Jura – compte tenu des études relatives aux répercussions de l'application du règlement sur l'environnement (Zurich, 1996)

Nast, Matthias: Terre du lac – L'histoire de la correction des eaux du Jura (Nidau, 2006)

Office fédéral de l'environnement (éd.): Ereignisanalyse Hochwasser August 2007. Analyse der Meteo- und Abflussvorhersagen – Vertiefte Analyse der Hochwasserregulierung der Jurarandgewässer (Berne, 2009, avec résumé en français)

Entretien des ouvrages de la deuxième correction des eaux du Jura

Commission intercantonale de surveillance de la deuxième correction des eaux du Jura (cantons de Berne, Vaud, Fribourg, Neuchâtel et Soleure)

↓

Office des eaux et des déchets du canton de Berne (OED) (Service d'entretien de la deuxième correction des eaux du Jura)

↓

Groupes intercantonaux d'entretien de la deuxième correction des eaux du Jura:
- Canal de la Broye
- Canal de la Thielle
- Canal Nidau–Büren
- Cours de l'Aar (de Büren à la centrale de Flumenthal)

Régulation de la deuxième correction des eaux du Jura

Gestion opérationnelle (24 heures sur 24):
Office des eaux et des déchets du canton de Berne (OED)

↔

Le cas échéant, discussion de la situation et prise de décision au cours d'une conférence téléphonique réunissant les représentants des instances et cantons suivants:
- Office fédéral de l'environnement (OFEV)
- Canton de Berne
- Canton de Vaud
- Canton de Fribourg
- Canton de Neuchâtel
- Canton de Soleure
- Canton d'Argovie

www.be.ch/oed

Edition:
OED Office des eaux et des déchets, division Régulation des eaux
Reiterstrasse 11, 3011 Berne
Téléphone 031 633 38 11
info.awa@bve.be.ch

Rédaction:
Bernhard Wehren, Bernhard Schudel (OED)

Conception et réalisation:
Felix Frank Redaktion & Produktion, Berne

Traduction:
TTE – Service de traduction

Impression:
Impression neutre pour le climat, réalisée dans le canton de Berne

MIXTE
FSC® C011330

Téléchargement au format pdf:
www.be.ch/oed

Commande de la brochure imprimée:
OED Office des eaux et des déchets, division Régulation des eaux
Reiterstrasse 11, 3011 Berne
info.awa@bve.be.ch

© Berne, février 2013