



Dossier d'information comprenant 6 fiches sur les événements de crues de juillet 2021

Crues des lacs du pied du Jura



Fiche 1

Ampleur et causes des crues de juillet 2021 :
Trop d'eau pour l'Aar et les lacs du pied du Jura



Fiche 2

Les crues de juillet 2021 en comparaison pluriannuelle :
Les grandes crues risquent de devenir plus fréquentes



Fiche 3

Fonctionnement du système et régulation des eaux du Jura :
Un équilibre suprarégional des intérêts



Fiche 4

Limites de la régulation des lacs lors des crues de juillet 2021 :
Une régulation proche de l'optimum



Fiche 5

Les propositions d'optimisation au banc d'essai :
Une marge de manœuvre largement exploitée



Fiche 6

Enseignements tirés des crues de juillet 2021 :
Les rives ont besoin d'une meilleure prévention



Fiche 1 : Ampleur et causes des crues de juillet 2021

Trop d'eau pour l'Aar et les lacs du pied du Jura

Les lacs de Bienne, de Neuchâtel et de Morat ont enregistré en juillet 2021 leur plus haut niveau depuis plus de 50 ans. Les inondations observées dans leurs zones riveraines et le long de l'Aar en aval du lac de Bienne ont occasionné des dégâts pour un montant total de quelque 60 millions de francs.

L'été 2021 restera dans les mémoires comme l'un des plus arrosés depuis le début des mesures. Dès le mois de mai, des précipitations nettement supérieures à la moyenne ont été enregistrées dans de nombreuses régions. À cela s'est ajoutée une intense fonte des neiges en juin du fait de températures élevées. Lorsque les cellules orageuses ont traversé le pays à la mi-juin, les sols étaient largement saturés, provoquant d'importants ruissellements de surface et donc un gonflement des cours d'eau et des lacs. Les plus touchés ont été le lac de Thoue et les trois lacs du pied du Jura, dont le régime subit l'influence des bassins versants alpins de l'Aar et de la Sarine.

Durant la première phase de l'événement de crue, le service cantonal bernois en charge de la régulation des lacs de Bienne, Neuchâtel et Morat a fortement augmenté le débit au niveau du barrage de régulation de Port (BE), dans le respect des prescriptions réglementaires. Cette intervention a permis de maintenir en dessous du seuil critique le niveau des lacs et le débit de l'Aar en aval du lac de Bienne.



© Philippe Gyarmati

Déchaînement de la Simme près de Wimmis le 15 juillet 2021. Les eaux de l'Oberland bernois qui alimentent le lac de Thoue finissent par se déverser dans le lac de Bienne, acheminées par l'Aar.



© Christine Wisler



© DGE-DIRNA du canton de Vaud

Conséquence de l'abaissement du niveau d'eau, l'île Saint-Pierre est depuis la première correction des eaux du Jura reliée par le Chemin des Paiens à Cerlier (BE), sur la rive est du lac de Bienne. En juillet 2021, l'étroite bande de terre s'est presque entièrement retrouvée sous l'eau. Sur la rive sud du lac de Neuchâtel également, comme ici à Cheseaux-Noréaz (VD), de nombreuses habitations et installations touristiques ont été inondées, notamment des campings.

Les fortes précipitations de juillet étaient de trop

Dans ce contexte déjà tendu, les précipitations qui se sont abattues sur le pays les premières semaines de juillet ont provoqué une nouvelle montée des eaux et des débordements. Sous l'effet des masses d'air froid en provenance de l'Atlantique, de violentes averses orageuses se sont abattues sur la Suisse, ne progressant que lentement vers le sud-est. L'épisode principal, qui a duré du 12 au 16 juillet, s'est traduit par des cumuls de précipitations de 100 à 200 mm selon les régions. Ces intempéries ont provoqué des crues et des inondations aux abords de plusieurs lacs et cours d'eau (voir graphique en haut de la page 3).

L'apport de grandes quantités d'eau dans le lac de Bienne a coïncidé avec des pics de crues répétés sur l'Emme, ce qui a obligé le service de régulation à procéder à plusieurs abaissements successifs du débit sortant du lac pour protéger les riverains de l'Aar en aval dans les cantons de Soleure et d'Argovie.

Fonctionnement du système

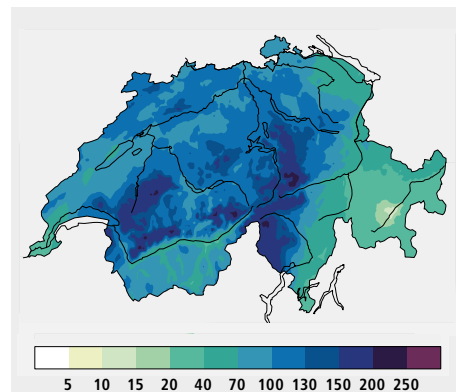
Les trois lacs subjurassiens sont reliés entre eux par des canaux. Lorsque l'Aar et les autres affluents (Broye, Orbe, Areuse, Suze) affichent des débits élevés, ils reçoivent des volumes d'eau nettement supérieurs à ceux que le système peut évacuer au niveau du barrage de régulation de Port. D'importantes masses d'eau y sont ainsi temporairement stockées, ce qui a pour conséquence d'élever leur niveau, permettant par ailleurs de laminier les crues en aval.

Les lacs de Morat, Neuchâtel et Bienne couvrent ensemble une surface de près de 280 km². S'étendant sur plus de 8200 km², leur bassin versant représente près d'un cinquième du territoire suisse, soit environ 30 fois leur superficie totale. Lorsque de fortes précipitations s'abattent simultanément sur les Alpes et les Préalpes, ainsi que sur le Jura et le Plateau, les lacs du pied du Jura peuvent recevoir plus de 1600 m³/s d'eau en moyenne par jour. Or le règlement de régulation en vigueur limite le débit dans le canal de Nidau-Büren à la sortie du lac de Bienne à 650 m³/s. Cette valeur a été définie en fonction des capacités de l'Aar en aval. En cas de hautes eaux, les volumes excédentaires (différence de 950 m³/s, soit plus de 3 millions de m³/h) sont retenus dans les lacs de Morat, Neuchâtel et Bienne. Si l'on considère pour simplifier qu'ils se répartissent uniformément entre les trois lacs, la hausse de niveau engendrée est de 1 cm/h pour chacun d'eux.

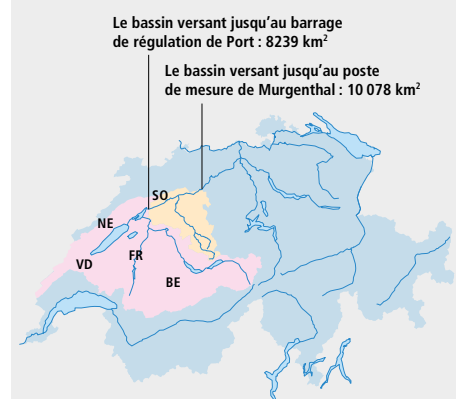
En cas de crues sur l'Emme ou d'autres affluents de l'Aar en aval du barrage de Port, le service de régulation doit limiter le débit à la sortie du lac de Bienne – dans les cas extrêmes, celui-ci peut être abaissé à 200 m³/s – ce qui accélère un peu plus la montée des eaux dans les lacs. Dans le cas idéal où un épisode de crues survient sur le lac de Bienne lorsqu'il est à sa cote d'étiage (429,30 m), une réserve de 105 cm existe jusqu'à la limite de crue (430,35 m). Toutefois, même dans une situation favorable comme celle-ci – qui était d'ailleurs à peu de chose près celle observée en juillet 2021 – la capacité maximale de rétention des lacs de Bienne, Neuchâtel et Morat est atteinte au bout de quelques jours en cas d'apports excessifs sur une période prolongée avec ou sans réduction simultanée des débits en aval.

Des terres sous l'eau

En juillet 2021, la période d'intempéries a été nettement plus longue (entre 10 et 14 jours selon les endroits). Le soir du 16 juillet, le lac de Bienne – le plus touché par les crues répétées de l'Aar – cotait à 430,94 m, un niveau jamais enregistré depuis la fin de la deuxième correction des eaux du Jura (CEJ), dépassant de 59 cm son seuil de crue et de 6 cm le niveau atteint lors des inondations d'août 2007.



Cumuls de précipitations en mm (ou l/m²) entre le 12 et le 16 juillet 2021. Les bassins versants de la Sarine et de l'Aar ont été particulièrement touchés.



Le bassin versant des lacs de Morat, Neuchâtel et Bienne occupe près de 20 % du territoire suisse.



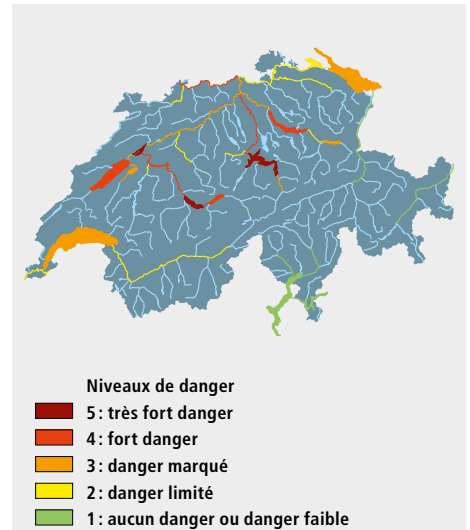
Évacuateur de crues du barrage du lac de Schiffenen. En cas de forte hausse du débit de la Sarine, ces volumes d'eau ne peuvent pas être retenus dans le lac, de capacité insuffisante.

Lorsque le niveau du lac de Biemme est supérieur à celui du lac de Neuchâtel, le sens d'écoulement de l'eau s'inverse dans le canal de la Thielle entre La Tène (NE) et Le Landeron (NE). Cet effet accroît la capacité de rétention globale du système, freine la hausse du niveau du lac de Biemme et régule les apports de l'Aar. Conséquence de ces reflux pendant plusieurs journées à l'été 2021 : le lac de Neuchâtel a atteint 430,72 m, niveau jamais observé depuis la 2^e CEJ, dépassant de 22 cm son seuil des hautes eaux (430,50 m).

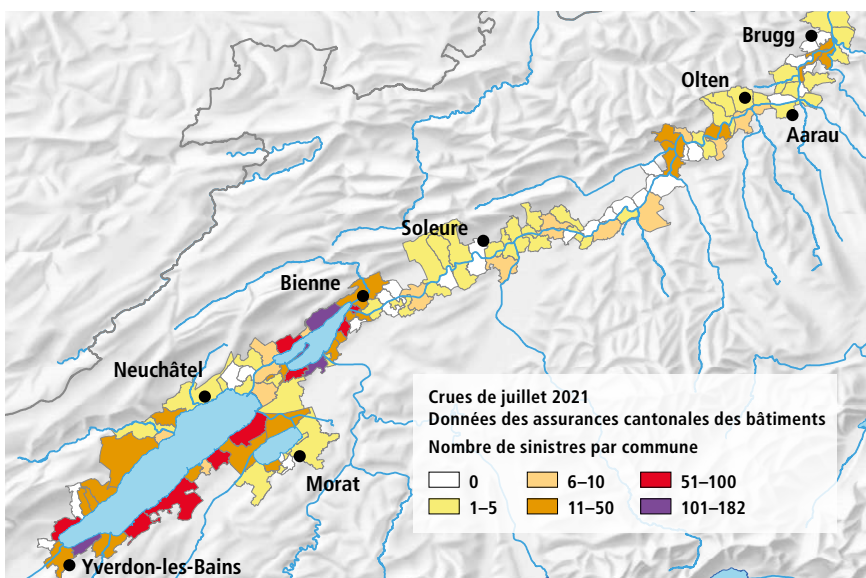
Le canal de la Broye entre les lacs de Morat et de Neuchâtel exerce lui aussi une fonction d'équilibre en cas d'épisode de crues sur plusieurs jours. La cote des hautes eaux est fixée pour le lac de Morat à 430,85 m (+ 35 cm par rapport au lac de Biemme). Le niveau record enregistré depuis la deuxième CEJ (430,72 m) n'a occasionné que des dommages mineurs. Les quelques inondations observées ont notamment touché les communes vaudoises de Vully-les-Lacs, Faoug et Avenches.

Des dégâts étendus et importants autour du lac de Neuchâtel

Au nord du lac de Neuchâtel, les rives de Bevaix (NE) et Cortaillod (NE), le camping de Colombier (NE) et les quartiers de la capitale proches du lac ont été inondés. En raison du risque de soulèvement lié à la poussée d'Archimède, le parking de La Maladière a été inondé volontairement. Les dommages aux bâtiments dans les communes riveraines ont été estimés par l'ECAP (établissement cantonal d'assurance et de prévention) à 0,9 million de francs.



Alerte de crue de l'OFEV sur les grands lacs et cours d'eau le jour où les lacs du pied du Jura ont atteint leur plus haut niveau. Étaient en particulier concernés les cours d'eau à bassin versant alpin et préalpin au nord des Alpes. Des situations critiques ont également été observées sur le lac des Quatre-Cantons et le lac de Thoune.



Communes riveraines des lacs et de l'Aar ayant subi des dommages aux bâtiments lors des crues de juillet 2021

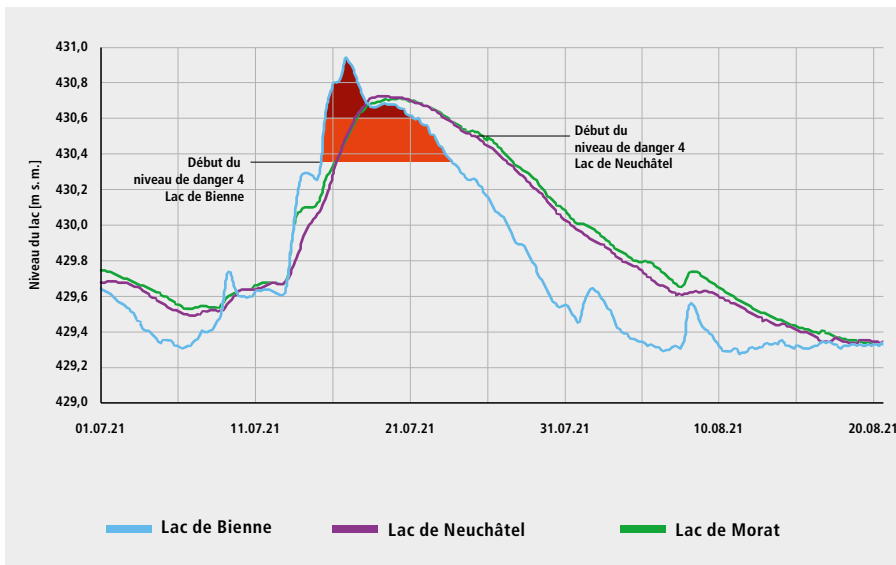
Canton	Nbre de sinistres	Total dommages
Argovie	120	CHF 1,0 Mio.
Berne	766	CHF 19,5 Mio.
Fribourg	285	CHF 3,3 Mio.
Neuchâtel	97	CHF 0,9 Mio.
Soleure	162	CHF 1,3 Mio.
Vaud	533	CHF 6,0 Mio.
Total	1963	CHF 32,0 Mio.

Dans les communes vaudoises et fribourgeoises situées sur les rives est et sud, les quartiers, les habitations et les campings proches du lac se sont retrouvés les pieds dans l'eau pendant plusieurs jours. C'était le cas notamment à Cudrefin (VD), Delley-Portalban (FR), Chevroux (VD), Estavayer-le-lac (FR), Cheyres (FR), Yvonand (VD) et Cheseaux-Noréaz (VD). À Yverdon-les-Bains (VD) et Delley-Portalban (FR), les crues ont perturbé l'exploitation de la station d'épuration, tandis qu'à Grandson (VD), plusieurs quartiers ont été inondés. Le montant global des dommages aux bâtiments s'est élevé à environ 10 millions de francs.

La saison touristique autour des trois lacs a pâti des intempéries et des inondations, mais aussi des interdictions en matière de navigation et de baignade. Aux dommages causés aux bâtiments et aux biens mobiliers se sont ajoutés le déficit de recettes induit par les fermetures temporaires, notamment de restaurants, de piscines en plein air et de campings, ainsi que les pertes de récoltes de nombreuses exploitations agricoles.



Maisons inondées à Cudrefin (VD), sur la rive sud du lac de Neuchâtel.



Lorsque l'Aar gonfle, l'élévation du niveau d'eau est plus forte et plus rapide dans le lac de Bienne que les lacs de Neuchâtel et Morat. Cela a été le cas lors des crues de juillet 2021. Lorsque le niveau du lac de Bienne est plus haut que celui de Neuchâtel, le sens d'écoulement s'inverse dans le canal de la Thielle, induisant un reflux vers les lacs de Neuchâtel puis de Morat selon le principe des vases communicants. Au contraire, le lac de Bienne est le premier à redescendre lorsque les débits baissent. Lorsque le volume stocké est au maximum, il faut cependant attendre plusieurs semaines avant que les trois lacs ne retrouvent leurs niveaux usuels.

Une ampleur de dégâts plus marquée autour du lac de Bienne

Les zones riveraines les plus touchées par les intempéries ont été celles du lac de Bienne. Le dépassement, des jours durant, du seuil des hautes eaux du lac et le niveau exceptionnellement haut des nappes souterraines ont été à l'origine de l'inondation d'un très grand nombre de bâtiments à Bienne et Nidau, ainsi que sur la rive sud du lac, notamment du gymnase des Prés-de-la-Rive. L'Assurance immobilière Berne a reçu à l'été 2021 plusieurs centaines de déclarations de sinistres concernant les communes riveraines, notamment les districts les plus touchés de Bienne et Bienne-Seeland.

Des inondations locales le long de l'Aar

Contrairement à des événements passés, les crues de l'Aar en aval des lacs du pied du Jura n'ont pas occasionné de dommages notables en juillet 2021, même si des débordements ont été observés localement. Dans le canton de Soleure, la majorité des dommages ont été relevés dans la ville d'Oltén : la plage et des passages souterrains ont notamment été inondés, nécessitant la fermeture temporaire d'un important axe routier. Entre Oltén et la frontière cantonale avant Aarau, les mesures de protection installées après les crues d'août 2007 ont bien résisté. Les dommages répertoriés dans le canton de Soleure étaient davantage dus à l'élévation du niveau des nappes phréatiques qu'aux inondations.

Dans le canton d'Argovie, seuls quelques cas d'inondations ont été recensés le long de l'Aar, à Aarau-Schachen et aux alentours du « château d'eau », à la confluence de l'Aar, de la Limmat et de la Reuss. La place d'armes s'est retrouvée partiellement sous l'eau à Brugg, des installations sportives ont été touchées à Aarau (hippodrome) et à Döttingen (piscine en plein air), des remous sur le canal intérieur ont provoqué des débordements à Klingnau. À Brugg, les dégâts ont pu être limités par la mise en place précoce d'une digue de près de 1000 m composée de boudins Beaver®.

Des dégâts pour un montant de près de 60 millions francs

Pour les six cantons concernés, les assurances immobilières ont répertorié quelque 2000 cas de sinistres représentant un coût de 32 millions de francs. À cela s'ajoutent les dégâts au mobilier (d'expérience environ 50 % des dégâts aux bâtiments) et la charge financière pour les dommages causés aux biens-fonds et infrastructures publics non assurés. Le coût total des dommages dus aux inondations de juillet 2021 se monte donc à près de 60 millions de francs.



En cas de crue, d'importantes quantités de bois flottant sont charriées vers les lacs du pied du Jura.



Près de Brugg (AG), l'Aar, la Reuss et la Limmat se rejoignent pour former le « château d'eau ». Malgré les débordements observés en juillet 2021, la région n'a pas subi de dommages notables grâce aux mesures de protection mises en place après les crues de 2005 et 2007.



Fiche 2 : Les crues de juillet 2021 en comparaison pluriannuelle

Les grandes crues risquent de devenir plus fréquentes

Si la deuxième correction des eaux du Jura (CEJ) a sensiblement amélioré la protection contre les crues le long de l'Aar et des lacs du pied du Jura, d'autres inondations aux abords des lacs de Bienne, Neuchâtel et Morat ne sont pas à exclure à l'avenir. Leur étendue et leur fréquence pourraient même augmenter sous l'effet du réchauffement climatique.



© Markus Zeh

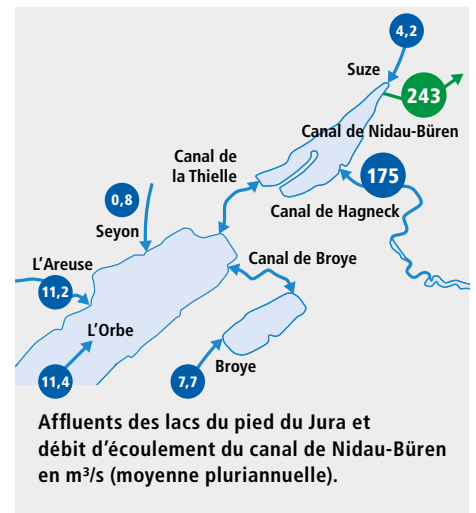
Les lacs du pied du Jura reçoivent en moyenne interannuelle 243 m³/s d'eau, provenant principalement du canal de Hagneck. Avec un bassin versant de quelque 5100 km², l'Aar contribue pour près de 72 % aux apports des lacs de Bienne, Neuchâtel et Morat, les bassins versants des autres affluents (Orbe, Areuse et Broye) s'étendant sur un peu plus de 300 km².

L'Aar – ici à son débouché dans le lac de Bienne – contribue pour plus de 70 % aux apports des lacs du pied du Jura via le canal de Hagneck.

Le lac de Neuchâtel comme bassin de rétention tampon

Le canal de Nidau-Büren est le seul émissaire de cet ensemble hydraulique. À pleine capacité, il est à même d'évacuer des volumes d'eau équivalant à trois fois les afflux moyens dans les lacs du pied du Jura. En période de hautes eaux, il arrive cependant que sa capacité d'écoulement soit insuffisante et ne permette pas de rediriger efficacement vers Soleure toute l'eau reçue de l'Aar et des montagnes.

Le lac de Bienne est très sensible aux fortes augmentations de débits de l'Aar. Lorsque des pluies étendues et persistantes s'abattent sur le Seeland, il n'est pas en mesure d'absorber sans dommage des millions de mètres cubes pendant plusieurs jours : son niveau monte rapidement, faisant refluer de grandes quantités d'eau vers le lac de Neuchâtel (jusqu'à 400 m³/s) lorsque la différence de niveau avec celui-ci est importante.



Grâce au double sens d'écoulement dans le canal de la Thielle, un volume de stockage supplémentaire de plus de 200 millions de mètres cubes devient accessible : le lac de Neuchâtel constitue un bassin de rétention tampon dans lequel les eaux excédentaires peuvent être stockées pendant plusieurs jours, voire plusieurs semaines, avant d'être évacuées progressivement via le lac de Bienne.

La protection des riverains du lac de Neuchâtel a été renforcée par l'élargissement et l'approfondissement du canal de la Thielle dans le cadre de la deuxième correction des eaux du Jura. Ces aménagements ont eu pour effet de réduire l'occurrence de situations critiques. Lors des crues de mai 2015 par exemple, les apports excessifs en provenance de la Romandie et du Jura ont ainsi pu s'écouler plus rapidement vers le lac de Bienne, évitant le relèvement de 20 cm supplémentaires du niveau du lac de Neuchâtel au printemps cette année-là.

Un volume de rétention parfois insuffisant

Selon la distribution, l'intensité et la durée des précipitations, il peut cependant arriver que le volume de rétention global des trois lacs soit insuffisant. D'autres facteurs tels que la saturation des sols, les volumes d'eau stockés dans la couverture neigeuse ou une hausse soudaine des températures en altitude entrent également en ligne de compte. Les événements extrêmes survenus ces dernières décennies montrent que les grandes crues suivent un schéma différent selon la saison et les conditions météorologiques.

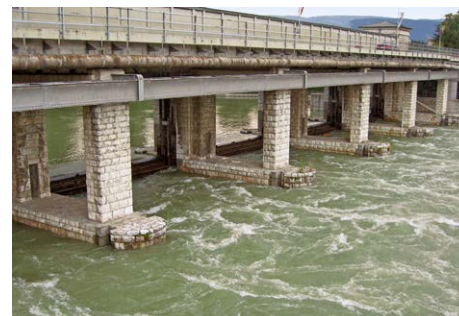
Différents types de crues

L'analyse des débits entrants permet de comprendre l'évolution et l'amplitude des grandes crues survenues ces dernières décennies sur les lacs du pied du Jura. Les crues de janvier 1955 sont par exemple caractérisées par des pics de débits de plus de 1600 m³/s et de forts afflux d'eau dans le lac de Neuchâtel sur une période de huit jours. Conséquence : la capacité du canal de Nidau-Büren (650 m³/s) a été atteinte avec les seules masses d'eau reçues par le lac de Neuchâtel. Même sans prendre en compte le bassin versant de l'Aar, les apports dans les lacs de Morat et de Neuchâtel peuvent atteindre 600 m³/s en cas de précipitations abondantes en Suisse romande.

En mai 1999, les crues étaient essentiellement à mettre sur le compte des apports de l'Aar, la fonte rapide de la couverture neigeuse dans l'espace alpin ayant coïncidé avec de fortes précipitations dans le bassin versant des lacs du pied du Jura. Ces apports ont dépassé pendant 14 jours la capacité



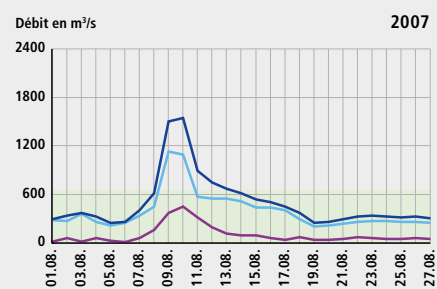
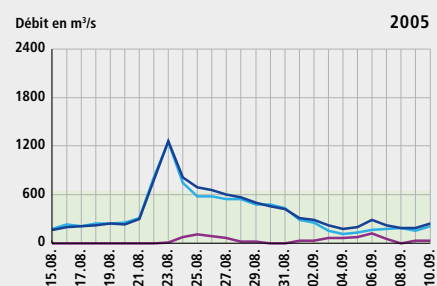
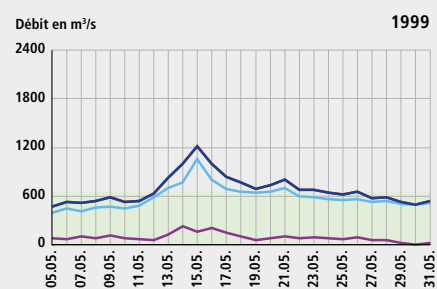
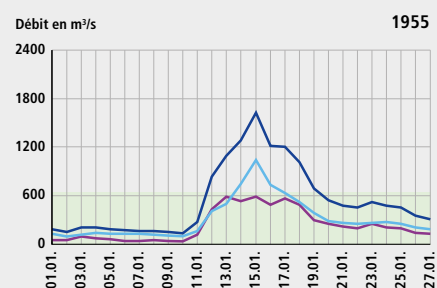
Camping inondé près de Gampelen (BE) le 18 juillet 2021. En cas de précipitations persistantes sur l'ensemble du bassin versant des lacs du pied du Jura, des débordements s'observent également le long des berges plates sur le pourtour du lac de Neuchâtel.



© OED du canton de Berne

La régulation du débit de l'Aar dans le canal de Nidau-Büren et des niveaux des trois lacs du pied du Jura s'effectue au barrage de Port (BE).

Différents types de crues



- Afflux globaux dans les lacs du pied du Jura (moyennes journalières)
- Afflux dans le lac de Bienne
- Afflux dans le lac de Neuchâtel
- Plage jusqu'au débit max. admissible au barrage de Port

d'écoulement du canal de Nidau-Büren, occasionnant des dommages en particulier autour du lac de Bière. Depuis la deuxième CEJ, les épisodes de crues ont été observés dans la région surtout durant l'été. Des crues hivernales comme en 1910, 1916, 1918, 1944 ou 1955 ne sont toutefois pas à exclure à l'avenir.

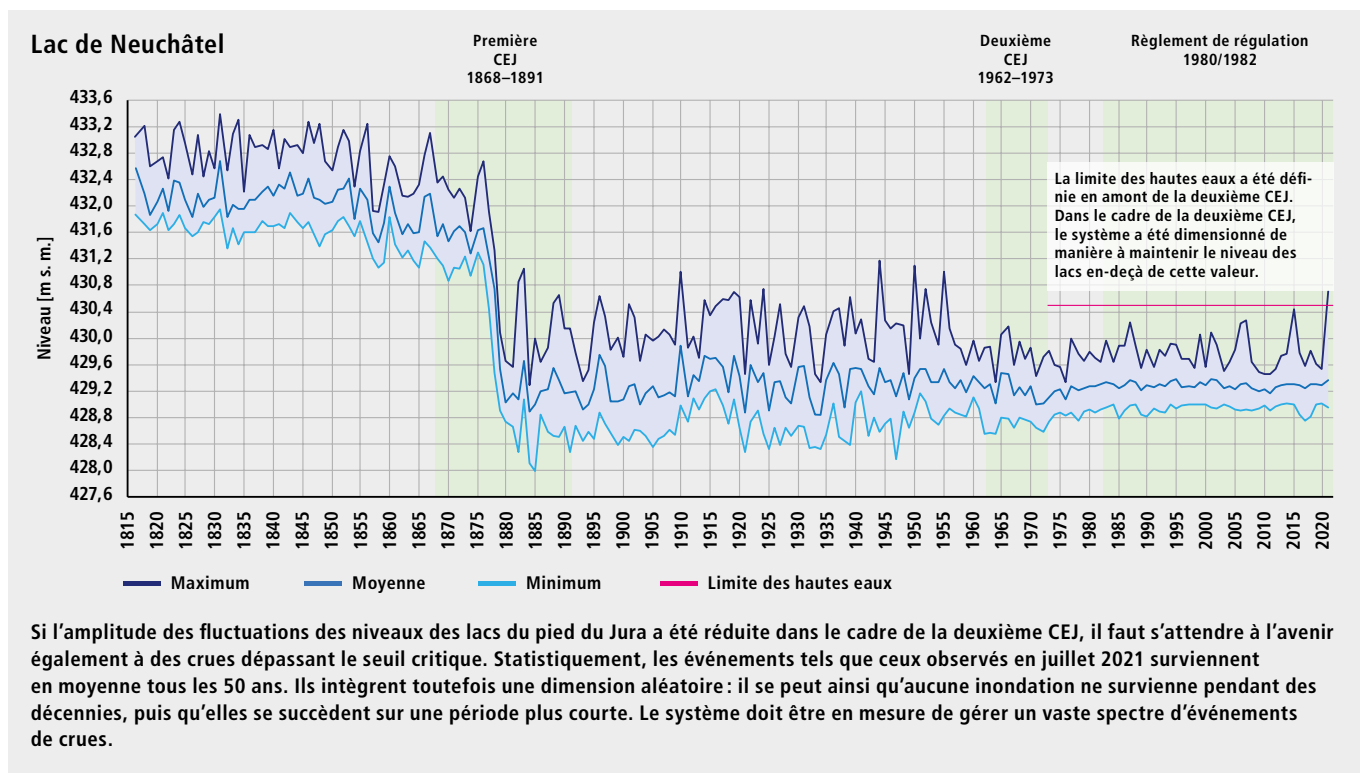
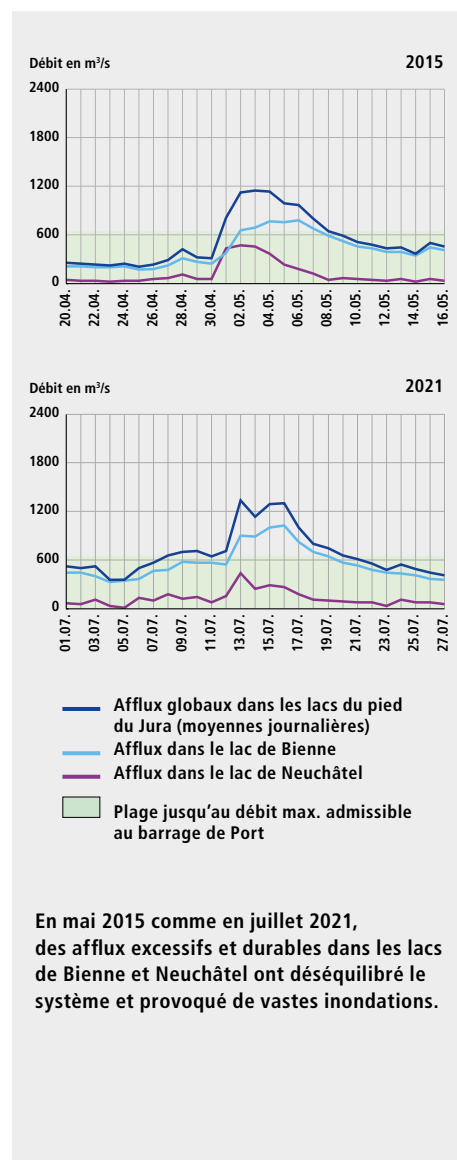
La durée des événements de crues est déterminante

À ces différences saisonnières et régionales viennent s'ajouter des différences en termes de durée. En août 2005, on a ainsi observé une rapide augmentation des volumes d'eau apportés par le canal de Hagneck (1500 m³/s), provoquée par de violentes averses. Malgré leur brièveté, ces précipitations ont fait monter rapidement le niveau du lac de Bière de 130 cm, qui a dépassé de 34 cm son niveau des hautes eaux. Même si le lac de Neuchâtel a absorbé en une semaine 115 millions de mètres cubes d'eau ayant reflué du lac de Bière, son niveau est demeuré bien en-deçà du seuil critique, les autres apports ayant été modérés.

C'est au niveau du lac de Bière que les crues de l'Aar posent le plus de problèmes. Si les lacs de Neuchâtel et Morat sont nettement moins sensibles à ces conditions, le risque de débordement s'accroît sur ce réseau hydrologique également lorsque les précipitations sont persistantes et étendues.

L'analyse des crues d'août 2007 montre par ailleurs que de grandes quantités d'eau peuvent provenir en été des affluents des lacs de Neuchâtel et de Morat. Durant la phase critique, ces apports ont contribué pour un tiers environ à l'élévation du niveau des lacs subjuraasiens. Là encore, le lac de Bière a dépassé de 53 cm son niveau de crue. Comme en 2005, la situation a été aggravée par la cote inhabituellement élevée des lacs durant la saison estivale.

La situation devient particulièrement critique lorsque les apports d'eau dépassent pendant plusieurs jours ou plusieurs semaines la capacité d'écoulement du canal de Nidau-Büren, impactant non seulement le lac de Bière, mais aussi ceux de Morat et Neuchâtel. Les crues persistantes de mai 2015 et juillet 2021 ont montré à quel point des épisodes de crues de plusieurs jours peuvent mettre à mal la capacité de rétention du lac de Neuchâtel.





Fiche 3 : Fonctionnement du système et régulation des eaux du Jura

Un équilibre suprarégional des intérêts

En plus d'avoir asséché les marais dans la région des trois lacs, les deux corrections des eaux du Jura ont créé un réseau hydrologique à même de stocker temporairement de grandes quantités d'eau et d'atténuer les débits de crue de l'Aar. Le système est contrôlé au barrage de Port, à la sortie du lac de Biemme par le service de régulation du canton de Berne sur mandat des cantons concernés, selon des règles définies conjointement.

Le règlement de régulation tient compte des intérêts à la fois des riverains des lacs et des riverains en aval le long de l'Aar.



© Wikimedia Commons / Milko Vuille

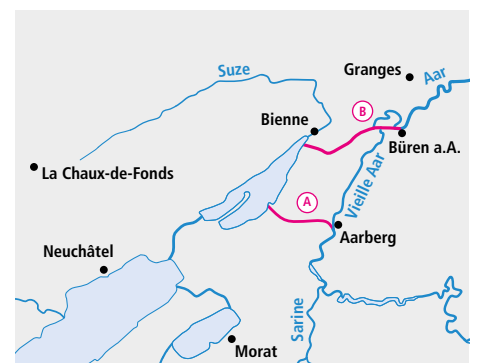
Pendant des siècles, les alluvions et matières charriées par l'Aar et l'Emme n'ont cessé de faire varier le niveau des lacs du pied du Jura, provoquant débordements et inondations. Le long de l'Aar également, ces inondations, souvent meurtrières, ont causé des dégâts considérables.

Il faut attendre le milieu du 19^e siècle et la création de l'État fédéral pour voir les cantons les plus touchés par ces crues s'entendre sur la répartition des coûts d'un projet d'aménagements de titan. Connu aujourd'hui sous le nom de première correction des eaux du Jura (CEJ), il vise à assécher les marais du Seeland et à utiliser les lacs subjurassiens pour la rétention de volumes d'eau supérieurs à la normale, ce qui nécessite d'abaisser leur niveau de 2,5 m. L'objectif est aussi de limiter la cote des hautes eaux et de rendre cultivables les terres marécageuses, très fertiles.

L'Aar canalisée sur deux nouveaux tronçons

La déviation de l'Aar vers le lac de Biemme constitue une étape clé de la première CEJ, réalisée entre 1868 et 1891. À partir de 1878, le canal de Hagneck est aménagé sur 8 km entre Aarberg et la rive sud du lac. La multiplication par quatre des débits d'eau moyens qui en résulte impose une amélioration de la Thielle à la sortie du lac : un large canal de 12 km est alors ouvert entre Nidau et Büren.

Le canal de la Thielle achemine l'eau du lac de Neuchâtel (à droite) vers le lac de Biemme (à gauche). Le sens d'écoulement s'inverse en cas de hautes eaux.



Principaux aménagements réalisés dans le cadre de la première CEJ : le canal de Hagneck (A) et le canal de Nidau-Büren (B).

Une meilleure connectivité des trois lacs

La première CEJ a par ailleurs pour objectif d'améliorer la connexion entre les trois lacs du pied du Jura, le lac de Bielle étant trop petit pour absorber seul les débits exceptionnels de l'Aar. Des travaux sont donc entrepris pour accroître, par voie de canalisation, la capacité de la Broye entre les lacs de Morat et de Neuchâtel, et de la Thielle entre les lacs de Neuchâtel et de Bielle. En temps ordinaire, les trois lacs présentent des niveaux assez proches. En cas de montée rapide des eaux dans le lac de Bielle, le sens d'écoulement s'inverse dans les canaux de la Thielle et de la Broye, induisant des reflux vers les lacs de Neuchâtel et Morat selon le principe des vases communicants. La CEJ a ainsi donné accès à un impressionnant volume de rétention pour les eaux de l'Aar.

La première correction des eaux du Jura a permis d'assécher le Grand Marais. Si elle a dans l'ensemble été une réussite, l'abaissement de 2,5 m du niveau des lacs subjurassiens n'a pas pour autant résolu tous les problèmes engendrés par les hautes eaux dans la région. Les zones assainies et mises en culture se sont notamment tassées sous l'effet de la désagrégation de la tourbe. Ces affaissements ont par endroits atteint 2 m, augmentant la sensibilité de ces terrains aux inondations.

Améliorations apportées par la deuxième CEJ

L'aménagement du barrage de régulation de Port en 1939, ainsi que l'élargissement et le creusement des canaux de la Broye, de la Thielle et de Nidau-Büren lors de la deuxième CEJ entre 1962 et 1973 ont permis d'améliorer sensiblement le système de régulation. Ces aménagements ont été réalisés conjointement par les cantons de Vaud, Fribourg, Neuchâtel, Berne et Soleure, avec le soutien de la Confédération. Les principaux objectifs étaient d'abaisser un peu plus la cote des hautes eaux des lacs et de limiter les tassements dus à l'assèchement des sols, en augmentant la cote des basses eaux.



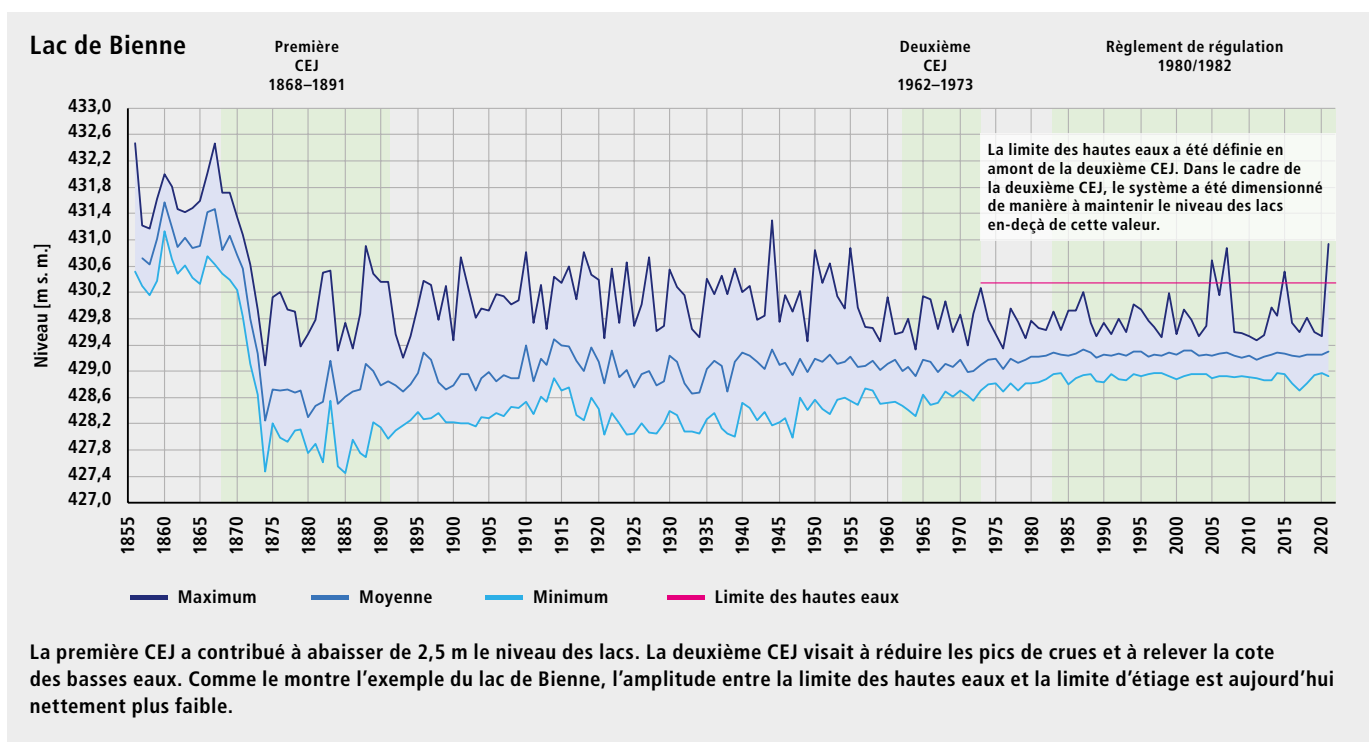
© OED du canton de Berne

Pièce maîtresse de la CEJ, le barrage de régulation de Port érigé en 1939 permet de réduire le débit de l'Aar à la sortie du lac de Bielle en cas de crues dans le bassin versant des lacs subjurassiens et de l'Emme. Dans des situations extrêmes, les lacs servent de réservoirs de stockage temporaire, protégeant les riverains en aval.



© OED du canton de Berne

La capacité d'écoulement du canal de Nidau-Büren (ici en juillet 2021) a été considérablement accrue dans le cadre de la deuxième CEJ.



Trois lacs, une unité hydrologique

Depuis 1973, les lacs de Biemme, Neuchâtel et Morat fonctionnent presque comme une seule et même étendue d'eau. Dans des conditions d'apports ordinaires, leurs niveaux subissent de très faibles fluctuations. La régulation s'effectue à la sortie du lac de Biemme, au barrage de Port.

Sise dans les locaux de l'Office des eaux et des déchets (OED), la centrale de régulation tient compte des intérêts des cantons de Vaud, de Fribourg, de Neuchâtel, de Berne, de Soleure et d'Argovie. La régulation du niveau des lacs s'appuie sur le règlement de régulation élaboré par les cantons dans le cadre de la deuxième CEJ, approuvé par le Conseil fédéral. Un compromis solidaire et helvétique qui tient compte des différents intérêts, parfois opposés, relatifs au niveau des lacs et au débit de l'Aar en aval.

Des exigences multiples

La régulation des eaux vise en premier lieu à prévenir les crues dans les zones riveraines des lacs du pied du Jura et le long de l'Aar en aval du barrage de Port. Si les lacs ne doivent pas monter trop haut en cas de crues, un certain niveau d'eau doit être maintenu en cas de sécheresse. Outre la prévention des dangers, des intérêts tels que la préservation des habitats pour les plantes, les poissons et les oiseaux, la protection des berges ou la préservation de sites archéologiques sont pris en compte. D'autres impératifs sont liés à l'agriculture, la pêche, la navigation, le tourisme et l'exploitation des centrales hydroélectriques.

Le système de régulation s'efforce de prendre en compte ces intérêts variés et parfois divergents. Dans le cas idéal, les cotes de régulation suivent les changements saisonniers de plans d'eau non régulés. Le niveau des lacs entre avril et septembre est de 40 cm supérieur à celui du reste de l'année.

Maîtrise du débit de l'Aar en aval

La deuxième CEJ a été pensée et mise en œuvre comme un système global où les capacités d'écoulement des canaux, le débit au niveau du barrage de Port et les prescriptions de régulation sont coordonnés. Le canal de Nidau-Büren en aval du barrage de régulation de Port a ainsi été aménagé pour un débit de 650 m³/s. Lorsque les lacs présentent des niveaux maximums, ce débit peut exceptionnellement être porté à 750 m³/s. L'application d'un débit supérieur au débit dimensionné de 650 m³/s peut cependant mettre en péril la stabilité du canal et occasionner des dommages connexes tels que des débordements localisés, par exemple par refoulement dans l'ancienne Aar.

La montée des eaux est encore plus rapide lorsque l'Emme, la Langete et d'autres affluents secondaires de l'Aar apportent des débits élevés sur le bassin versant intermédiaire de l'Aar (1839 km²), entre Port et la frontière entre les cantons de Berne et d'Argovie. La condition dite de Murgenthal, fixée dans le cadre de la deuxième CEJ, stipule que le débit de l'Aar ne doit pas excéder 850 m³/s à la station de mesures de Murgenthal située en aval de la confluence de l'Aar et de l'Emme. Si les prévisions annoncent une crue de l'Emme, le débit sortant du lac de Biemme doit être abaissé temporairement pour permettre à l'Aar d'absorber les masses d'eau excédentaires. Il arrive en effet que des débits de plus de 600 m³/s proviennent du seul bassin versant de l'Emme (974 km²). La durée des épisodes de hautes eaux n'étant pas la même sur l'Emme et l'Aar, l'écrêtage des crues de l'Emme par abaissement du débit sortant du lac de Biemme doit être initié avec un décalage de quelques heures par rapport aux prévisions.



© Wikimedia Commons / NAC

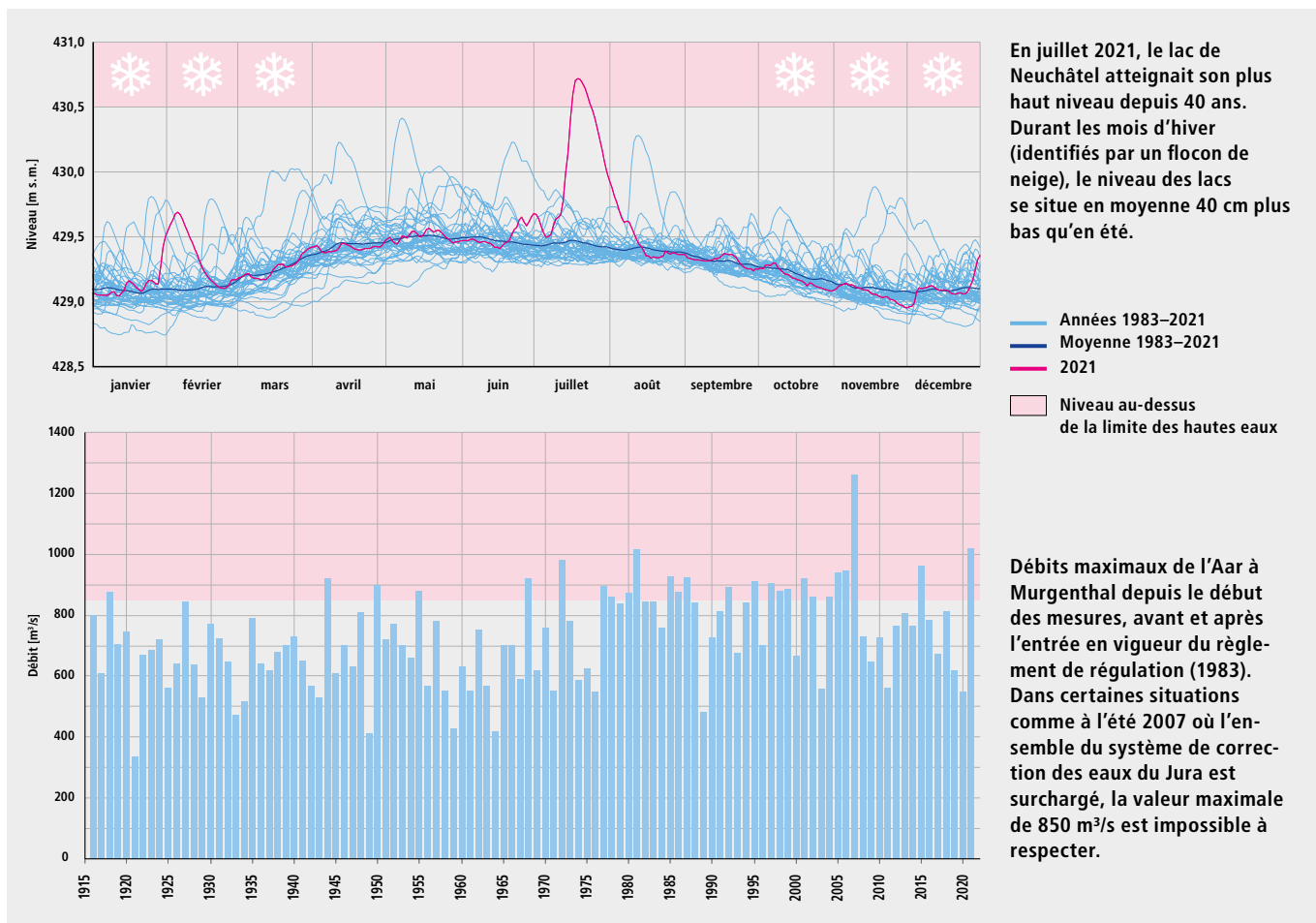
Le système de régulation prend en compte divers intérêts d'utilisation et de protection, notamment la navigation sur les lacs et leurs canaux (en haut), ou la pêche professionnelle et de loisirs (en bas).



© Daniel Bernet

Niveau du lac (m s. m.)





Les limites du système

Bien que le règlement de régulation prenne en compte un certain nombre d'incertitudes, la condition de Murgenthal ne peut pas toujours être respectée. C'est par exemple le cas lorsque le débit maximum admissible de 850 m³/s est atteint, voire dépassé sur les affluents de l'Aar entre Port et la frontière entre les cantons de Berne et d'Argovie, comme en août 2007. Un débit record de 1262 m³/s avait à l'époque été enregistré au niveau de Murgenthal, soit près d'une fois et demie la valeur prescrite. Ces crues de l'Aar ont causé des dommages considérables non seulement aux abords du lac de Biemme, mais aussi dans les cantons de Soleure et d'Argovie.

Sans les aménagements entrepris dans le cadre des deux CEJ, la situation en cas de hautes eaux serait dramatique dans les cantons de Soleure et d'Argovie en aval. Avant la déviation de l'Aar vers le lac de Biemme, son débit, non freiné, pouvait grimper à 1400 m³/s, voire davantage.

Certains épisodes de crues récents ont mis en évidence les limites du système de régulation élaboré dans le cadre de la deuxième CEJ. Après ces événements, on a pu s'interroger sur la pertinence des dispositions de régulation du niveau des lacs et des débits de l'Aar. Les évaluations menées jusqu'ici montrent toutefois que le système est équilibré, ce grâce au consensus trouvé entre les cantons riverains des lacs subjurassiens et de l'Aar en aval. Même en cas d'urgence, il ne saurait être dérogé aux règles établies pour satisfaire des intérêts particuliers.



Toutes les inondations des zones riveraines ne sont pas des catastrophes.



Fiche 4: Limites de la régulation des lacs lors des crues de juillet 2021

Une régulation proche de l'optimum

La régulation des lacs du pied du Jura et le long de l'Aar vise la prise en compte équilibrée des intérêts, même en cas de crues. Le règlement de régulation en vigueur permet de satisfaire à cette exigence. Bien que la régulation de l'été 2021 ait été proche de l'optimum grâce aux prévisions, le système a été surchargé par des apports d'eau exceptionnellement élevés. Une situation à laquelle il va falloir s'habituer dans la région des trois lacs et le long de l'Aar.



© OFEJ du canton de Berne

L'été 2021 a été particulièrement pluvieux. Entre la mi-juin et la mi-août, le service de régulation n'a cessé d'être sollicité du fait de précipitations abondantes et persistantes. Au plus fort des intempéries, entre le 12 et le 19 juillet, l'Aar a par moments déversé dans le lac de Bière des quantités d'eau bien supérieures à celles que le canal de Nidau-Büren est en mesure d'évacuer (différence de 300 m³/s). Comme des crues étaient également observées sur l'Emme, le service de régulation a dû limiter à plusieurs reprises le débit sortant au niveau du barrage de Port pour protéger les riverains dans les cantons de Soleure et d'Argovie. Durant la phase de délestage, ce n'est pas l'impératif de la protection des riverains en aval qui prévaut, mais celui de la baisse des niveaux des lacs de Neuchâtel et de Bière sous la limite de hautes eaux. La capacité du canal de Nidau-Büren est alors déterminante.

La commande des vannes du barrage de Port, pièce maîtresse de la protection des riverains des lacs et de l'Aar en aval, s'effectue à la centrale de régulation à Berne.

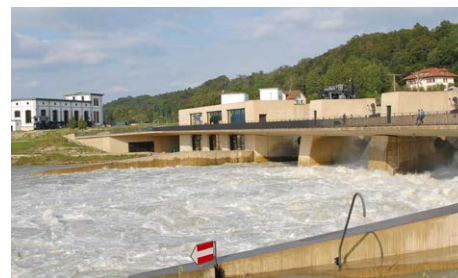


© OFEJ du canton de Berne

Une régulation prédictive

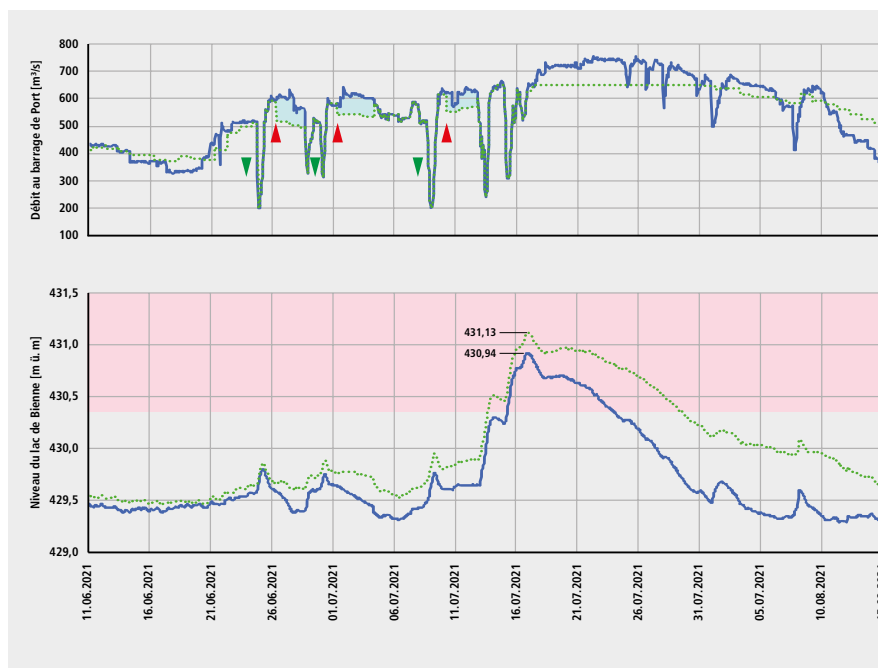
En juin 2021, le dépassement de la cote des hautes eaux sur le lac de Bienna a pu être évité grâce à la régulation prédictive, un mécanisme introduit en 2008. Les prévisions des précipitations et des débits pour les bassins versants des grands cours d'eau permettent d'anticiper les épisodes de crues de plusieurs jours dans le cas idéal.

Le service de régulation peut exploiter cette plage temporelle pour augmenter le débit de l'Aar à la sortie du lac de Bienna avant l'arrivée d'un événement critique. Cela permet, selon la situation, d'abaisser préventivement de quelques décimètres le niveau du lac de Bienna. Moins sensibles aux afflux exceptionnels, les lacs de Neuchâtel et de Morat sont moins concernés par ces mesures préventives.



© Christine Wisler

Lorsque les hautes eaux de l'Aar ne persistent pas pendant plusieurs jours à Hagneck (BE), la régulation prédictive contribue à évacuer de grandes quantités d'eau sans dommage.



Impact de la régulation prédictive sur le niveau du lac de Bienna

En alternant les phases de restriction puis de brève augmentation du débit (délestage) au barrage de Port, le service de régulation est parvenu à maintenir le niveau du lac de Bienna sous la cote des hautes eaux jusqu'à la mi-juillet 2021 environ. Sans ces mesures préventives, le niveau des lacs de Bienna et de Neuchâtel aurait augmenté de 19 à 25 cm.

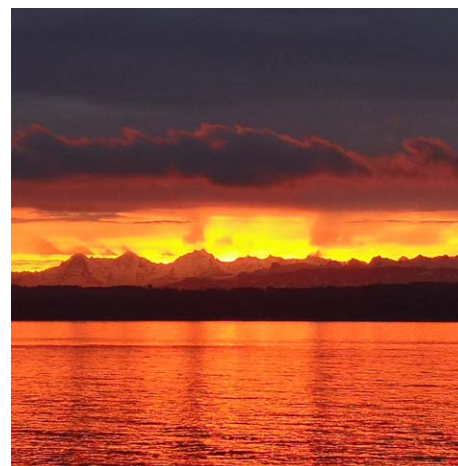
- Débit effectif au barrage de Port
- ... Scénario de débit au barrage de Port sans régulation prédictive
- ▼ Restriction du débit
- ▲ Début des phases de délestage
- Volumes delestés
- Plage au-dessus de la limite des hautes eaux

Grâce à la régulation sur prévisions, il est possible d'accroître de 20 à 30 millions de mètres cubes la capacité de rétention des lacs du pied du Jura en assez peu de temps. Dans le meilleur des cas, la capacité globale du réseau hydrologique atteint 300 millions de mètres cubes. S'il ne pleut pas pendant des jours ou des semaines, et que les précipitations ne frappent pas un territoire trop vaste, cette capacité supplémentaire est suffisante pour absorber les crues sans que la cote des hautes eaux ne soit atteinte ni que l'Aar ne déborde. Si la régulation prédictive ne permet pas d'absorber totalement les événements de précipitations persistantes, elle permet néanmoins d'éviter d'atteindre des niveaux de crues critiques encore plus élevés.

Des réductions de débits pour protéger les riverains en aval

Plus l'événement de crue est long, moins l'abaissement préventif du niveau des lacs est efficace en raison de l'afflux continu d'importantes masses d'eau. La situation se complique si le service de régulation doit diminuer le débit sortant au niveau du barrage de Port pour atténuer l'impact de crues concomitantes sur l'Emme et le bassin versant intermédiaire.

Une capacité de rétention supplémentaire de 25 à 50 millions de mètres cubes est alors nécessaire dans les lacs du pied du Jura. Cela implique de relever le niveau de chaque lac de 10 à 20 cm en moyenne. Si la situation perdure, les lacs peuvent voir leur niveau augmenter rapidement malgré l'abaissement préalable.



© Wikimedia Commons / Ms Stronzi

Le bassin versant des lacs du pied du Jura s'étend jusqu'au flanc nord des Alpes bernoises, fribourgeoises et vaudoises. En cas de précipitations intenses et persistantes, les afflux peuvent dépasser de 300 millions de m³ les capacités de stockage des lacs.



© André Schreyer

Champs inondés en juillet 2021 sur la rive droite du canal de la Thielle, sur le territoire de la commune de Gals (BE). Le lac de Biemme a reçu à cette période-là tellement d'eau que les inondations n'ont pas pu être évitées.

Même sans la restriction du débit à Port, les zones riveraines du lac de Biemme auraient été inondées en juillet 2021 en raison des apports d'eau exceptionnels dans le lac. Le dépassement de la limite des hautes eaux aurait pu être évité de justesse sur le lac de Neuchâtel – au détriment toutefois des riverains de l'Aar dans les cantons de Soleure et d'Argovie. Sans limitations du débit au barrage de Port, le lac de Biemme aurait atteint une cote 34 cm moins élevée, le lac de Neuchâtel 25 cm moins élevée, mais le débit à Murgenthal aurait atteint 1200 m³/s, une valeur proche du record enregistré en août 2007, qui avait provoqué pour 100 millions de francs de dégâts dans les cantons de Soleure et d'Argovie.

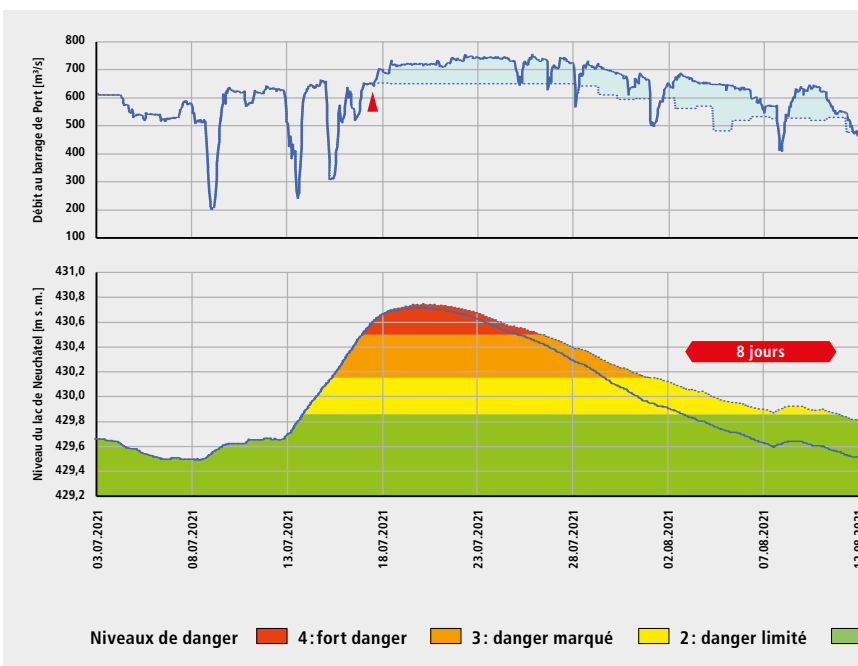
Contribution au retour à la normale

À l'été 2021, la décision prise par les cantons riverains en accord avec l'OFEV de relever à 750 m³/s le débit du canal Nidau-Büren pour évacuer plus rapidement les eaux des lacs du pied du Jura a été salutaire. Cette opération de délestage a permis de ramener le niveau du lac de Neuchâtel sous le niveau de danger huit jours plus rapidement. Le lac de Biemme a en revanche continué d'afficher un niveau élevé pendant plusieurs jours en raison des afflux en provenance du lac de Neuchâtel. Il a donc fallu attendre plusieurs semaines pour que les trois lacs retrouvent leurs niveaux saisonniers habituels.



© Wikimedia Commons

Une fois que le lac de Neuchâtel a atteint sa pleine capacité, il faut généralement attendre plusieurs semaines pour que les lacs subjuraasiens retrouvent leurs niveaux saisonniers usuels.



Impact de la phase de délestage sur le niveau du lac de Neuchâtel

En raison du niveau critique observé sur les lacs de Biemme et Neuchâtel, les cantons concernés et la Confédération ont décidé le 17 juillet 2021 de relever exceptionnellement le débit sortant au barrage de Port au seuil maximum de 750 m³/s. Cette mesure a notamment permis d'abaisser huit jours plus rapidement le niveau du lac de Neuchâtel. Dans une situation comme celle-ci, il faut attendre deux à trois semaines pour recréer dans les lacs subjuraasiens les capacités de stockage nécessaires pour absorber les prochaines crues.

- Débit au barrage de Port avec délestage
- Débit au barrage de Port sans délestage
- ▲ Début de la phase de délestage
- Volumes délestés

Niveaux de danger 4: fort danger 3: danger marqué 2: danger limité 1: aucun danger ou danger faible



Fiche 5 : Les propositions d'optimisation au banc d'essai

Une marge de manœuvre largement exploitée

Pensée et réalisée comme un système équilibré, la deuxième correction des eaux du Jura (CEJ) limite les variations des niveaux d'eau et des débits, de la rive ouest des lacs de Neuchâtel et de Morat jusqu'à la confluence de l'Aar dans le Rhin. Lors de l'évaluation de la proportionnalité de mesures – qu'il s'agisse d'aménagements physiques ou d'interventions dans le domaine de la régulation – c'est le système dans sa globalité qui doit être considéré. L'éventail des possibilités apparaît toutefois comme déjà largement exploité.

L'analyse effectuée après les crues d'août 2007 a été le point de départ d'études approfondies visant à identifier les moyens d'améliorer la protection contre les crues autour des lacs du Pied du Jura. Plusieurs options d'optimisation ont été examinées.

Abaissement des niveaux des lacs

Après chaque épisode de crues, des voix s'élèvent pour demander un abaissement général et durable des niveaux des lacs. À y regarder de plus près, cette proposition est une mauvaise solution. Elle s'accompagne en effet de nombreux effets indésirables, notamment d'une baisse du niveau des nappes phréatiques, phénomène qui accélère l'oxydation de la tourbe et par-là même le tassement du sol dans des zones étendues du Grand Marais.



© Wikimedia Commons / Joefrei

Le Martin-pêcheur d'Europe (ici en vol stationnaire) figure parmi les espèces pour lesquelles les zones humides comme la Grande Cariçaie aux abords du lac de Neuchâtel constituent un habitat optimum.



© Wikimedia Commons / Odile Gardiol

Un abaissement durable des niveaux des lacs du pied du Jura aurait des répercussions négatives sur les écosystèmes riches et complexes que sont les zones humides des berges planes. La Grande Cariçaie serait notamment concernée – vue ici depuis l'est d'Yverdon-les-Bains (VD).

L'abaissement durable du niveau des eaux aurait également des répercussions négatives sur des aires naturelles protégées telles que la Grande Carigaie – un site marécageux d'importance nationale –, la réserve naturelle du Fanel aux abords du lac de Neuchâtel, ou encore le Chemin des païens et l'Île Saint-Pierre pour le lac de Biemme. En plus de se heurter à des considérations écologiques, une telle proposition est incompatible avec d'autres intérêts de protection et utilisations des eaux, notamment la navigation, l'exploitation de la force hydraulique pour la production d'électricité et la pêche.

Augmentation de la capacité de rétention dans le bassin versant

Lors des inondations de juillet 2021 dans la région des trois lacs, certains ont par ailleurs plaidé en faveur d'une régulation plus ciblée des lacs de Brienz et de Thoune dans l'Oberland bernois pour délester des lacs du pied du Jura. D'autres ont avancé que les lacs de retenue artificiels, notamment les lacs du Grimsel, de la Gruyère et de Schiffenen, constitueraient des réservoirs d'eau efficaces. Selon les évaluations de l'OFEV pour les crues d'août 2005 et d'août 2007, leur utilisation comme bassins de rétention n'aurait toutefois que peu d'impact sur les niveaux des lacs du pied du Jura en cas de précipitations persistantes.

L'activation ciblée de la galerie d'évacuation des crues à Thoune n'améliore pas non plus sensiblement la situation selon les évaluations réalisées après les crues de 2021 : si elle permet au service de régulation d'évacuer 80 m³/s d'eau en plus que ce qui s'écoule naturellement via l'Aar, la baisse de niveau induite sur le lac de Biemme est, selon les cas, de 5 cm maximum.

Abaissement temporaire des niveaux des lacs

Après les crues de 2007, la Confédération et les cantons concernés se sont largement penchés sur les moyens d'optimiser le règlement de régulation. L'utilisation de prévisions en complément des mesures existantes est apparue comme étant la solution la plus rapide et la plus économique à mettre en œuvre. La régulation sur prévisions permet d'abaisser préventivement le niveau des lacs du pied du Jura avant un épisode de crues annoncé, sans impacter les autres utilisations des eaux. Le volume de rétention supplémentaire mis à disposition permet d'absorber des afflux d'eau inhabituellement élevés.

Augmentation du débit d'écoulement

Les possibilités d'optimisation sont limitées par l'infrastructure existante, la régulation étant conditionnée par le dimensionnement des canaux et les capacités de l'Aar en aval jusqu'à son embouchure dans le Rhin. Augmenter localement le débit d'écoulement par des élargissements n'est donc pas d'un grand bénéfice.

Comme le montrent les estimations réalisées par l'OFEV après les crues de 2007, l'approfondissement du canal de la Thielle permettrait de réduire, selon le scénario envisagé, le niveau du lac de Biemme de seulement 20 cm en cas de crues, celui du lac de Neuchâtel de quelques centimètres à peine. L'impact de l'élargissement du canal de Nidau-Büren et du tronçon de l'Aar en aval jusqu'à Murgenthal serait approximativement le même. Une étude réalisée par les cantons à l'origine de la CEJ estime à 200–250 millions de francs les travaux sur les 8 km du canal de la Thielle. Les coûts liés à l'augmentation de la capacité d'écoulement sur la portion de l'Aar comprise entre sa sortie du lac de Biemme et Murgenthal se monteraient quant à eux à plusieurs milliards selon des estimations de spécialistes. De tels investissements sont disproportionnés au regard des dommages occasionnés jusqu'ici dans la région des trois lacs et le long de l'Aar.



© OED du canton de Berne

Les lacs de rétention de la région du Grimsel se situent dans la région où l'Aar prend sa source. L'eau qui y est stockée ne représente qu'une toute petite partie des apports du bassin versant des lacs du pied du Jura. Une gestion ciblée de ces bassins de rétention alpins n'aurait donc que peu d'incidence sur le niveau des eaux du pied sud du Jura.



© Forces aériennes

Lorsqu'il pleut beaucoup dans l'Oberland bernois, la capacité de rétention des lacs de Brienz et de Thoune (à l'avant) est vite atteinte.



© Markus Zeh

D'importantes quantités d'eau peuvent être stockées dans le bassin versant de la Sarine dans le lac de la Gruyère (photo) et le lac de Schiffenen. En cas d'afflux persistants, leur capacité de rétention n'a toutefois que peu d'incidence sur le niveau des lacs du pied du Jura – même en cas de gestion ciblée.



© OED du canton de Berne

Les deux corrections des eaux du Jura ont impliqué des travaux colossaux aux 19^e et 20^e siècles. Réaliser d'autres aménagements sur les canaux ou au niveau du barrage de régulation coûterait des milliards de francs et serait disproportionné.



© Archive Susanne Müller

Adaptation du règlement de régulation

Certains riverains demandent que le règlement de régulation soit modifié dans leur intérêt. Une telle exigence va à l'encontre du principe de solidarité établi par les corrections des eaux du Jura et n'est pas susceptible de recueillir une majorité. Après les crues de 2007, les représentants des cantons de Soleure et d'Argovie, les plus touchés par les dommages occasionnés à l'époque le long de l'Aar, avaient demandé une augmentation des volumes stockés dans les lacs du pied du Jura pour protéger les riverains en aval, une revendication qui n'a pas été prise en compte.

Une meilleure prévention pour limiter les dommages

Le fait que les inondations touchent les riverains de l'Aar plutôt que ceux des lacs dépend essentiellement des conditions météorologiques et de la distribution des précipitations. Le système actuel prend en considération une multitude d'événements potentiels et repose sur l'équilibre des intérêts en présence. On ne saurait donc remettre en cause la solution de compromis après chaque épisode de crues. Si l'on souhaite améliorer la protection contre les crues dans la région des trois lacs, les efforts doivent plutôt porter sur l'amélioration de la prévention dans les zones de danger.



© Archive Susanne Müller

L'Aar rejoint depuis Aarberg le lac de Biemme en empruntant le canal de Hagneck, construit en 1878. Contrairement à ce qui avait été fait lors de la deuxième CEJ (deux photos supérieures), les travaux d'excavation ont été réalisés au 19^e siècle quasiment sans machines. La construction du talus de 34 m bordant le lac près de Hagneck (ci-dessus) a constitué une prouesse technique.



© OEDN du canton de Neuchâtel

Le port de plaisance de Neuchâtel, dans des conditions normales et lors des inondations de juillet 2021. De tels épisodes de crue ne sont pas à exclure à l'avenir. Des mesures efficaces de protection doivent donc être mises en œuvre dans de nombreuses zones riveraines des lacs.



Fiche 6 : Enseignements tirés des crues de juillet 2021

Les rives ont besoin d'une meilleure prévention

Les cantons, les communes et la population doivent mieux se préparer pour limiter l'impact des crues susceptibles de se reproduire sur les lacs du pied du Jura et le long de l'Aar. Pour réduire la sensibilité aux inondations et, par là même, les dommages, tout le champ des possibilités doit être exploité, dans le sens d'une gestion intégrée des risques.

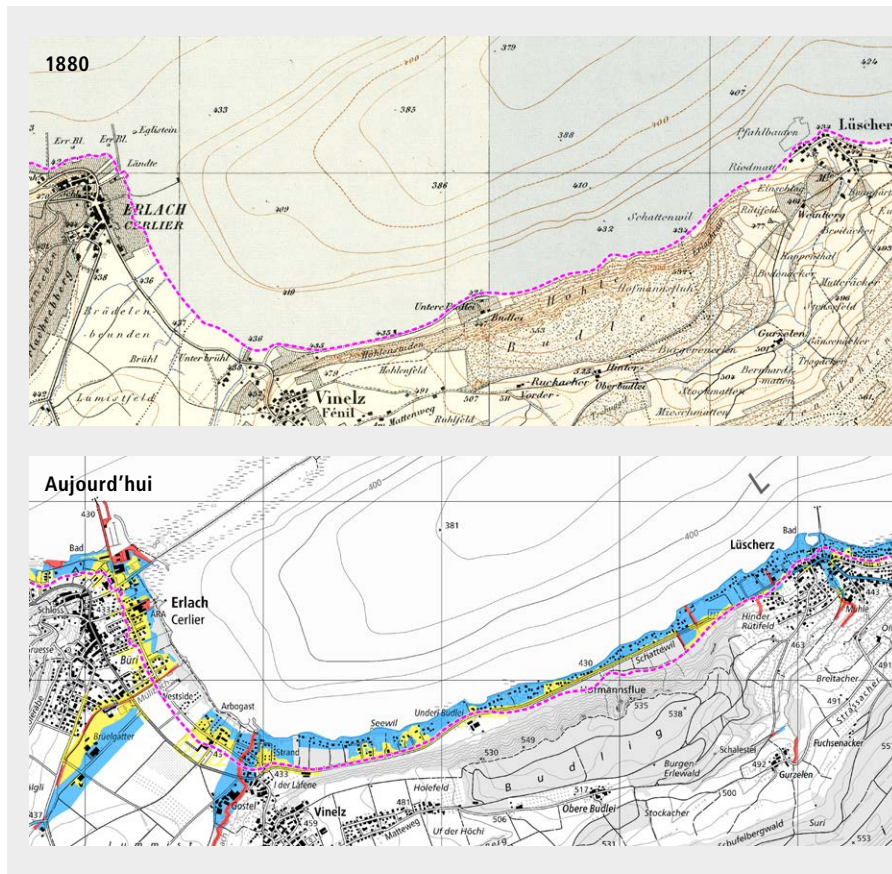
L'abaissement notable des niveaux d'eau dans le cadre de la première CEJ (1868–1891) a eu pour effet de dégager de grandes portions de rives à faible déclivité sur le pourtour des lacs de Neuchâtel et de Bienne.

À l'époque, les cartes de dangers n'existaient pas et les communes riveraines n'avaient pas réellement conscience des risques de débordement. À partir des années 1930, de nombreux bâtiments et infrastructures sont construites sur les berges. Aux maisons de villégiature de la première heure s'ajoutent peu à peu des villas cosues sur les terres asséchées. L'urbanisation sur ces zones potentiellement menacées par les inondations se poursuivra au fil des ans.



© DGE-DIRNA du canton de Vaud

Mesure improvisée pour protéger la réserve de boissons d'un restaurant dans la commune d'Avenches (VD), aux abords du lac de Morat (sacs de sable et bâches en plastique).



Lac de Bienne : Densification du bâti sur les rives lacustres entre Cerlier et Lüscherz

Un des nombreux exemples de construction aux abords des lacs du pied du Jura, malgré le risque d'inondation : sur la rive sud du lac de Bienne, entre Erlach (BE) et Lüscherz (BE), de nombreuses maisons et villas ont été construites au 20^e siècle sur des terrains anciennement recouverts par les eaux, mis à nu dans le cadre de la première CEJ. La carte des dangers en bas fait apparaître un risque d'inondation moyen (bleu), avec des hauteurs d'eau de 0,5 à 2 mètres.

Carte des dangers naturels

- risque élevé
- risque moyen
- risque faible
- risque résiduel
- limite des rives avant la première CEJ

Une urbanisation croissante en zone de danger

Aujourd'hui, les rives sud des lacs du pied du Jura – les plus touchées par les inondations de juillet 2021 – sont occupées par des centaines de bâtiments et d'infrastructures de camping et de loisirs. Ces zones asséchées dans le cadre de la première CEJ subissent de plein fouet l'effet de la montée des eaux.

L'interconnexion des trois lacs et l'augmentation des capacités d'écoulement des canaux dans le cadre de la deuxième CEJ laissent espérer que l'on ne renouerait plus avec les niveaux d'eau antérieurs. Les responsables d'alors étaient cependant conscients que les canaux élargis ou approfondis ne constituaient pas une protection absolue contre les crues.

Le lac de Biemme est le plus menacé en raison des forts apports de l'Aar : sa cote des hautes eaux a été dépassée à l'été 2005, 2007, 2015 et 2021. La situation est critique sur le lac de Neuchâtel également en 2007, 2015 et 2021.

Comme le montrent les cartes des dangers cantonales, de nombreuses rives sont susceptibles d'être inondées en cas d'événement hors norme (www.bafu.admin.ch/cartes-de-dangers). Selon les spécialistes, nous devrions assister à une augmentation de la fréquence et de l'intensité des précipitations sous l'effet du changement climatique, et donc de la fréquence des épisodes de crues.

Prise en compte des cartes de dangers dans les plans d'aménagement locaux (PAL)

Il s'agit en premier lieu de ne plus autoriser de nouvelles constructions en zones de danger incompatibles avec le risque d'inondation. En présence de constructions dans des zones de dangers, il faut adapter leur utilisation, mettre en œuvre des mesures de protection et établir une planification d'urgence. La mise en place de boudins Beaver® ou d'autres barrières fixes ou mobiles permet par exemple d'éviter les dégâts dus au débordement des eaux à des endroits critiques. De même, certains bâtiments peuvent être protégés par des aménagements spécifiques (mesures sur objets). Si des installations sont situées en sous-sol, on peut envisager de les déplacer pour qu'elles ne subissent pas de dommages.

L'idée est de réduire l'exposition aux événements de crues par une gestion intégrée des risques, en exploitant tout l'éventail des actions de prévention. Chaque acteur concerné a un rôle à jouer selon son domaine de responsabilité, les propriétaires fonciers privés et leurs assurances, mais aussi les communes territoriales, les cantons et la Confédération.

Les mesures préventives sont l'affaire de tous

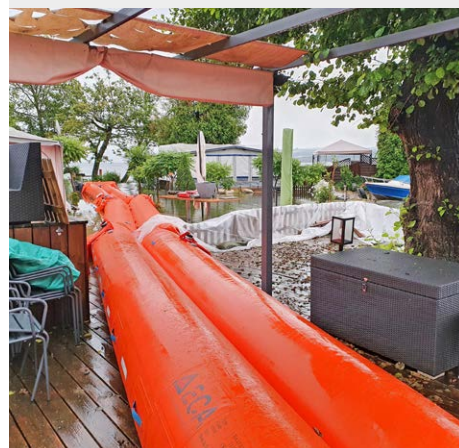
C'est ainsi aux **propriétaires privés** qu'il incombe – avec l'aide de leur assurance immobilière – de mettre en œuvre des mesures sur objets sur les parcelles potentiellement exposées aux inondations.

Il revient aux **communes** – et partiellement aux cantons – de prendre en compte les données de base relatives aux dangers dans le plan d'aménagement local et les procédures de permis de construire. La protection de la population sur le territoire communal et les interventions pour maîtriser les épisodes de crues leur incombent.

Dans le cadre de la gestion intégrée des risques, les **cantons** s'assurent que des cartes de dangers sont élaborées et mises à disposition. Ils forment par ailleurs les organes de conduite et les forces d'intervention, qu'ils assistent dans la gestion des dangers naturels. Ils transmettent également les alertes de la Confédération aux entités compétentes.



À Ipsach (BE), sur la rive sud du lac de Biemme, ces maisons individuelles ont été construites sur pilotis dans une zone exposée aux inondations, ce qui limite le risque de dégâts en cas de hautes eaux.



Les boudins Beaver® remplis d'eau sont assez rapides à mettre en place en cas de risque d'inondation, à la condition que l'alerte soit donnée à temps. Ils constituent un moyen efficace de protéger des crues les biens-fonds situés à proximité immédiate des rives.



Exemple de mesure temporaire de protection contre les crues dans le quartier bernois de Matte : les panneaux en aluminium enchâssés dans un cadre métallique empêchent l'eau d'entrer dans le bâtiment.

La **Confédération** élabore et diffuse les prévisions météorologiques, ainsi que les prévisions de débits et de crues. En cas d'événements critiques suprarégionaux, elle alerte les cantons et met à disposition de la population les informations adéquates. En cas de danger majeur, l'alerte est diffusée sur les chaînes de radio et de télévision ainsi que sur Internet.

Des mesures préventives efficaces

En août 2005 et en août 2007, les cantons de Soleure et d'Argovie n'étaient pas préparés aux crues de l'Aar, qui ont occasionné de nombreux dégâts. Depuis, le canton de Soleure a porté à 1000 m³/s la capacité d'écoulement de l'Aar aux endroits critiques, ce qui permet d'évacuer plus d'eau le long de l'Aar et de l'Emme, et de prévenir les dommages.

Alertés de l'imminence de débits exceptionnels sur l'Aar, les services de protection du canton d'Argovie ont mis en place, en juillet 2021, une digue de boudins Beaver® sur un tronçon critique de l'Aar de 1000 m à Brügg. Même si les événements de 2007 et 2021 ne sont pas directement comparables, cette mesure préventive a permis d'éviter des dégâts de grande ampleur.

Malgré la mise en œuvre de mesures de protection, la sécurité ne saurait être garantie de manière absolue le long des cours d'eau et des lacs en cas d'événements climatiques extrêmes. La prise en compte des risques résiduels et la mise en œuvre de mesures organisationnelles permettent cependant de limiter les dommages et de protéger les personnes et les biens matériels de manière efficace.



Pour protéger les zones résidentielles des débordements de l'Aar à Brügg (AG) en juillet 2021, les services de protection ont mis en place une digue de boudins Beaver® sur un long tronçon du fleuve (en orange sur la photo).

Informations complémentaires

Cartes de dangers



Les cartes de dangers pour les processus de crues indiquent quelles zones urbanisées et voies de communication sont menacées par des inondations.

Elles renseignent également sur l'intensité attendue, la vitesse d'écoulement et la probabilité que l'événement se produise.

> www.bafu.admin.ch/cartes-dangers

Protection contre les dangers naturels



Les bâtiments peuvent être protégés par des aménagements spécifiques, des mesures techniques et des mesures organisationnelles. Des conseils

et des propositions peuvent être consultés sur le site Internet « Protection contre les dangers naturels ». La plateforme s'adresse aux propriétaires privés et aux maîtres domaines de l'ingénierie, de la planification et de l'architecture. Elle regroupe les principaux acteurs de la protection des bâtiments.

> www.protection-dangers-naturels.ch

Alertes de crues et comportement à adopter



Le portail consacré aux dangers naturels est géré par les services spécialisés de la Confédération. Il informe

la population, les médias et les autorités sur la situation actuelle et alerte en cas de danger. Le portail indique également le comportement à adopter avant, pendant et après un épisode de crues.

> www.dangers-naturels.ch/

Protection contre les intempéries



L'Assurance immobilière Berne et la Société suisse des propriétaires fonciers (HEV) montrent aux propriétaires fonciers comment éviter ou

réduire les dommages causés par les inondations en mettant en place des mesures ciblées et en adoptant le comportement adéquat. Le portail recense également les facteurs de risque types.

> www.hausinfo.ch

Débits et niveaux d'eau



L'OFEV met à disposition des données hydrologiques relatives aux débits des grands cours d'eau et aux niveaux des principaux lacs de Suisse.

Ces données sont établies à partir des relevés effectués sur quelque 340 stations de mesure réparties dans tout le pays. Des prévisions sont également fournies pour une quarantaine de sites.

> <https://www.hydrodaten.admin.ch/fr/>



Des données spécifiques pour le canton de Berne sont fournies par l'Office des eaux et des déchets.

> <https://www.bvd.be.ch/fr/start/themen/wasser/hydrologische-daten.html>



Autres publications



Régulation des lacs du pied du Jura – Règles de base et mise en pratique (OED, Berne 2012)
> <https://www.bvd.be.ch/fr/start/themen/wasser/gewaesserregulierung/jurarandseen.html>



Regulierwehr Port – Das Kernstück der Juragewässerkorrektion (OED, Berne 2013, en allemand uniquement)
> <https://www.bvd.be.ch/de/start/themen/wasser/gewaesserregulierung/juragewaesserkorrektion.html>



Analyse d'événements naturels – Crues d'août 2007 (OFEV, 2007)
> <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/eaux/publications/publications-eaux/analyse-evenements-naturels-crues-ao-t-2007.html>



Régulation des lacs du pied du Jura (OFEV, 2020)
> <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/dangers-naturels/dossiers/regulation-lacs/regulations-importantes.html>

Impressum

Édition :

Canton de Vaud, Direction générale de l'environnement, Direction des ressources et du patrimoine naturels (DGE-DIRNA)
Canton de Fribourg, Service de l'environnement (SEn), Section lacs et cours d'eau
Canton de Neuchâtel, Service des ponts et chaussées, Office des cours d'eau et dangers naturels (OEDN)
Canton de Berne, Office des eaux et des déchets (OED) du canton de Berne, Division régulation des eaux
Canton de Soleure, Office de l'environnement (AfU), Division aménagements hydrauliques
Canton d'Argovie, Département des travaux publics, des transports et de l'environnement, Division paysage et eaux (ALG)
Office fédéral de l'environnement (OFEV), Division prévention des dangers

Conseil et suivi technique : Philippe Hohl (DGE-DIRNA, VD), Alexandre Fahrni (SEn, FR), Myriam Robert (OEDN, NE), Bernhard Schudel (OED, BE), Bernhard Wehren (OED, BE), Katja Schobert (AfU, SO), Markus Zumsteg (ALG, AG), Andreas Inderwildi (OFEV), Gian Reto Bezzola (OFEV);

Conception et rédaction : Beat Jordi, journaliste RP, Bienne; **Graphisme et mise en page :** Oliver Salchli, Grafikatelier, Bienne;

Traduction : Service de traduction de la Direction des travaux publics et des transports du canton de Berne; Aude Thalmann, Linguagora, Nantes