HAL
open science

L'évolution duprofil en long d'un cours d'eau navigable sous l'effet des aménagements : la grande Saône du début du XIXe siècle au gabarit européen.

Laurent Astrade, Annie Dumont

▶ **To cite this version:**

Laurent Astrade, Annie Dumont. L'évolution duprofil en long d'un cours d'eau navigable sous l'effet des aménagements : la grande Saône du début du XIXe siècle au gabarit européen.. Géocarrefour - Revue de géographie de Lyon, 2000, 75 (4), pp.317-326. 10.3406/geoca.2000.2483 . halsde-00368696

HAL Id: halsde-00368696

https://hal.science/halsde-00368696v1

Submitted on 8 Feb 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Géocarrefour

L'évolution du profil en long d'un cours d'eau navigable sous l'effet des aménagements, la grande Saône du début du XIXe s. à aujourd'hui. / *The effects of development works on the long profile of a navigable waterway : the Grande Saône from the beginning of the XIXth century until the present day.*

Laurent Astrade, Annie Dumont

Citer ce document / Cite this document :

Astrade Laurent, Dumont Annie. L'évolution du profil en long d'un cours d'eau navigable sous l'effet des aménagements, la grande Saône du début du XIXe s. à aujourd'hui. / *The effects of development works on the long profile of a navigable waterway : the Grande Saône from the beginning of the XIXth century until the present day.*. In: Géocarrefour, vol. 75, n°4, 2000. L'interface nature-sociétés dans les hydrosystèmes fluviaux. pp. 317-326;

doi : https://doi.org/10.3406/geoca.2000.2483

https://www.persee.fr/doc/geoca_1627-4873_2000_num_75_4_2483

Fichier pdf généré le 15/05/2018

Résumé

L'objectif de cet article est de montrer l'évolution des profils en long d'un cours d'eau navigable sous l'effet des aménagements. La Grande Saône, de Verdun- sur-le-Doubs à Lyon, présente des caractères morphologiques (pente faible, succession de hauts- fonds) et un régime (crues durables et étiages marqués) particulièrement contraignants pour la navigation, ce qui explique l'intensité des interventions directes de l'homme dans le lit naturel depuis plus de deux siècles. Des documents d'archives ont permis de quantifier l'évolution des profils en long du talweg et du plan d'eau entre 1869 et 1989. Les modifications provoquées par le resserrement des eaux entre des digues submersibles, puis par le partage en biefs et enfin par le creusement du chenal navigable sont importantes. Il en résulte aujourd'hui un plan d'eau en escalier et un lit considérablement approfondi (4,5 m en moyenne), où se succèdent les fosses d'extraction.

Abstract

The aim of this article is to show the effects of works on the long profile of a waterway. From Verdun-sur- le-Doubs to Lyon, the Grande Saône's morphological characteristics (gentle slope, succession of shoals) and the nature of river flow (loading floods and significant low water levels) have a particularly constraining effect on navigation. This explains the importance of human action over more than two centuries to correct the river's natural bed. With the aid of archival documents, it is possible to calculate the longitudinal development of the talweg and water levels between 1869 and 1989. Important modifications have been caused by embankments, the creation of stillwater reaches and the excavation of a navigable channel. This has resulted in a stepped waterway and the significant deepening of the channel (4,5 m on average), especially where gravels have been extracted.

BY: $ = creative commons

Laurent ASTRADE

Institut de Géographie Alpine, Grenoble
CNRS - UMR 5564

Annie DUMONT

CNRS - UMR 5594 Dijon

L'évolution du profil en long d'un cours d'eau navigable sous l'effet des aménagements, la Grande Saône du début du XIXe s. à aujourd'hui

RESUME

L'objectif de cet article est de montrer l'évolution des profils en long d'un cours d'eau navigable sous l'effet des aménagements. La Grande Saône, de Verdun-sur-le-Doubs à Lyon, présente des caractères morphologiques (pente faible, succession de hauts-fonds) et un régime (crues durables et étiages marqués) particulièrement contraignants pour la navigation, ce qui explique l'intensité des interventions directes de l'homme dans le lit naturel depuis plus de deux siècles. Des documents d'archives ont permis de quantifier l'évolution des profils en long du talweg et du plan d'eau entre 1869 et 1989. Les modifications provoquées par le resserrement des eaux entre des digues submersibles, puis par le partage en biefs et enfin par le creusement du chenal navigable sont importantes. Il en résulte aujourd'hui un plan d'eau en escalier et un lit considérablement approfondi (4,5 m en moyenne), où se succèdent les fosses d'extraction.

MOTS CLÉS

Aménagements, voie navigable, profil en long, hauts-fonds, Saône.

ABSTRACT

The aim of this article is to show the effects of works on the long profile of a waterway. From Verdun-sur-le-Doubs to Lyon, the Grande Saône's morphological characteristics (gentle slope, succession of shoals) and the nature of river flow (loading floods and significant low water levels) have a particularly constraining effect on navigation. This explains the importance of human action over more than two centuries to correct the river's natural bed. With the

Persée creative commons BY: =

Parmi les rivières soumises depuis plusieurs siècles aux aménagements, celles vouées à la navigation illustrent pleinement le rôle des interventions directes de l'homme (extraction, endiguement, stabilisation de berge, rectification du tracé, recalibrage) sur l'évolution de la morphologie des lits fluviaux. Historiquement, les premières modifications ont concerné les secteurs en tresses des cours d'eau montagnards dans le but de réduire les largeurs jugées excessives et de protéger les terres agricoles (Amoros C., Petts G.E., 1993). J. Tricart et J.-P. Bravard (1991), en traitant du cours péri-alpin du Rhin, du Rhône et du Danube, ont ainsi mis en évidence l'influence des aménagements fluviaux, considérant le Rhin comme l'exemple classique d'une incision provoquée par effet d'impact. De nombreuses études sur les affluents du Rhône et dans les Alpes (Bravard J.P., 1994 ; Gautier E., 1994 ; Landon N. et Piégay H., 1994 ; Peiry J.L. *et al.*, 1994 ; Landon N., 1996) ont montré également les modifications du profil en long de certains cours d'eau provoquées par la chenalisation et les extractions de granulats, auxquels s'ajoutent les effets des interventions dans le bassin versant (reboisement des versants, modification du régime hydrologique, tarissement de la charge). Dans le cas des cours d'eau à méandres, l'endiguement (protection contre les débordements) et les raccourcissements (recoupements de méandres) destinés à améliorer les conditions de la navigation et à permettre une évacuation plus rapide des eaux de crue ont entraîné des modifications significatives sur les profils en long par l'augmentation des pentes (Emerson J.W., 1971 ; Keller E.A., 1975).

OBJECTIFS

Cet article cherche à montrer les effets des interventions directes de l'homme dans le lit naturel d'un cours d'eau navigable soumis à un aménagement intensif depuis plus de deux siècles. Il s'agit de quantifier l'évolution des profils en long des lignes d'eau et du talweg d'un tronçon d'un cours d'eau, la Saône, sous l'effet du resserrement des eaux par des digues submersibles puis des recalibrages profonds qu'a subits la rivière, alors que le tracé n'a été que très peu modifié.

La Grande Saône

En prolongeant la vallée du Rhône vers le Bassin parisien et vers le Rhin, la vallée de la Saône représente un axe majeur de l'Europe occidentale (Vidal de la Blache P., 1903). Sa richesse archéologique atteste de l'occupation et de l'utilisation très ancienne des rives et du cours d'eau (Bonnamour, L., 1979), utilisation qui n'a cessé de s'amplifier jusqu'à aujourd'hui. La Saône, longue de 480 km depuis sa source, à Vioménil dans le massif des Vosges, jusqu'à Lyon, où elle se jette dans le Rhône, draine un bassin de 30 060 km^2 (fig. 1). Avec une très forte prépondérance de l'écoulement pluvial, son régime est de type pluvial océanique. Il se distingue par une période de hautes eaux en hiver, avec des crues très importantes tant au point de vue des volumes que des surfaces inondées, et un minimum très marqué en août (module à Couzon : 442 m^3/s). Le cours se caractérise par des pentes particulièrement faibles, notamment entre Verdun-sur-le-Doubs et Lyon (traditionnellement appelé la Grande Saône), où la pente moyenne, contrôlée par la néotectonique du fossé de Bresse et par la paléodynamique fluviale holocène (Bravard J.P., 1997), n'est que de 0,00006 m/m. Dans ce tronçon, la morphologie et le régime, avant les grands aménagements, étaient caractérisés par une faible profondeur du lit, par des vitesses très lentes, et par des étiages marqués et des crues débordantes très longues.

La Grande Saône, particulièrement contraignante pour la navigation à l'état naturel, peut être considérée aujourd'hui comme une rivière modèle en terme d'aménagements. Dès le premier tiers du XIXe s., le lit mineur a connu d'importants travaux d'endiguement et d'approfondissement afin de le transformer en une voie navigable pouvant offrir un tirant d'eau constant. Ces aménagements ont été poursuivis sans discontinuer jusqu'à notre époque. La Saône offre d'autre part l'avantage, pour ce type d'étude, de présenter un tracé relativement stable, permettant l'observation du rôle des interventions humaines dans la modification morphologique d'un hydrosystème. Cette influence n'a été abordée que récemment sur la Saône, sur quelques segments spécifiques de la rivière (Astrade L., 1995, 1996 ; Dumont A., 1997). Enfin, la richesse des campagnes de mesures topographiques permet de quantifier l'évolution des profils en long du lit mineur pendant deux siècles, au fur et à mesure de la modernisation de la batellerie et des techniques, sur un linéaire de près de 170 km et à l'aide de nombreux points de mesure (une valeur à chaque kilomètre). Cette étude, combinant l'analyse d'une anthropisation intense et des caractères morphologiques et hydrologiques originaux (Astrade L., 1999), offre de plus une synthèse nouvelle sur l'aménagement de la rivière par rapport aux textes existants (Girard J., 1964 ; Crouslé T. et Dubois P., 1972 ; Lambert G., 1973), et en particulier de l'utilisation des digues submersibles et insubmersibles, à l'image de celles décrites sur le Rhône (Poinsart D., 1992).

Documents et méthodes

L'évolution du profil en long de la Grande Saône a pu être appréhendée grâce à l'exploitation des archives des Ponts et Chaussées (Service de la Saône) conservées pour la plupart aux Archives départementales de Saône-et-Loire à Mâcon. Tous ces documents ont été établis par les ingénieurs au fur et à mesure de l'avancement des travaux d'aménagement de la rivière. Ils se présentent

sous la forme de correspondances administratives, de plans, de profils en long et de profils en travers accompagnés souvent d'un commentaire. Cependant, cette documentation ayant connu des aléas de conservation, les renseignements sont parfois inégaux. Par exemple, le secteur situé entre Verdun-sur-le-Doubs et Mâcon est bien mieux documenté que celui qui va de Mâcon à Lyon. Trois documents ont été retenus et analysés précisément, les autres profils ne couvrant pas l'intégralité de la Grande Saône ou, pour les plus anciens, ne présentant pas de référentiel suffisamment précis du niveau d'eau figuré. Il s'agit :

- du profil en long dressé en 1869 par l'Ingénieur en chef Thiollière, entre Verdun-sur-le-Doubs et Lyon, qui présente les niveaux de référence des hautes eaux correspondant aux fortes crues de 1840 et 1856, et le niveau de l'étiage (basses eaux de 1859). Il est précisé sur ce document que le profil du fond de la rivière résulte des opérations de mesure faites en 1861 et en 1862 ;
- du profil en long établi en 1901 par l'ingénieur en chef Tavernier, entre Corre et Lyon, qui présente le niveau des plus hautes eaux navigables et celui de l'étiage ;
- des profils en travers du lit mineur et du lit majeur de la Saône relevés en 1989 (CNR-Béture-Sétame).

La comparaison des profils en long du talweg et du plan d'eau à ces trois dates, représentant chacune une grande phase d'aménagement, est la méthode utilisée pour analyser l'évolution de la Grande Saône. Elle a nécessité toutefois un ajustement entre les systèmes de référence utilisés à chaque époque, à savoir tout d'abord le système P.A. Bourdaloue, premier réseau géodésique français implanté entre 1857 et 1864, ensuite les altitudes orthométriques du système C. Lallemand à partir de 1884 (qui abaissent par exemple d'environ 61 cm à Lyon les cotes précédentes), et enfin les altitudes normales du système IGN 69 calculées entre 1962 et 1969 (les cotes au nord de Lyon sont relevées de 37,5 cm) (Maillard J., 1973). Les altitudes relatives NGF (Nivellement général de France) dans le Val de Saône ont été obtenues en plusieurs points et à plusieurs époques grâce au Service de Géodésie et de Nivellement de l'Institut Géographique National (Saint-Mandé). Une fois comparables, les cotes du talweg et du plan d'eau ont permis le calcul des profondeurs et de quantifier l'enfoncement ou l'exhaussement du talweg, l'approfondissement du lit mineur, et l'abaissement ou l'élévation du plan d'eau à chaque kilomètre entre Verdun-sur-le-Doubs (Point kilométrique 167 par rapport à la confluence avec le Rhône) et Lyon (Pk 0).

Une caractéristique morphologique de la Grande Saône, les hauts-fonds, a enfin été utilisée comme descriptif de l'évolution du profil en long. J.R. Laval (1845) notait en effet la succession de nombreux seuils naturels correspondant à des "barrages naturels transversaux qui, présentant une résistance supérieure à l'action des courants de fond, se trouvent augmentés à chaque crue par les sables et graviers provenant de la destruction des berges voisines et par l'élargissement du lit et des faux bras". Ces seuils, souvent utilisés pour franchir la rivière, ont fait l'objet de prospections du fait de leur fort potentiel archéologique (Bonnamour L., 1990, 1992 ; Bonnamour L., Dumont A., 1996).

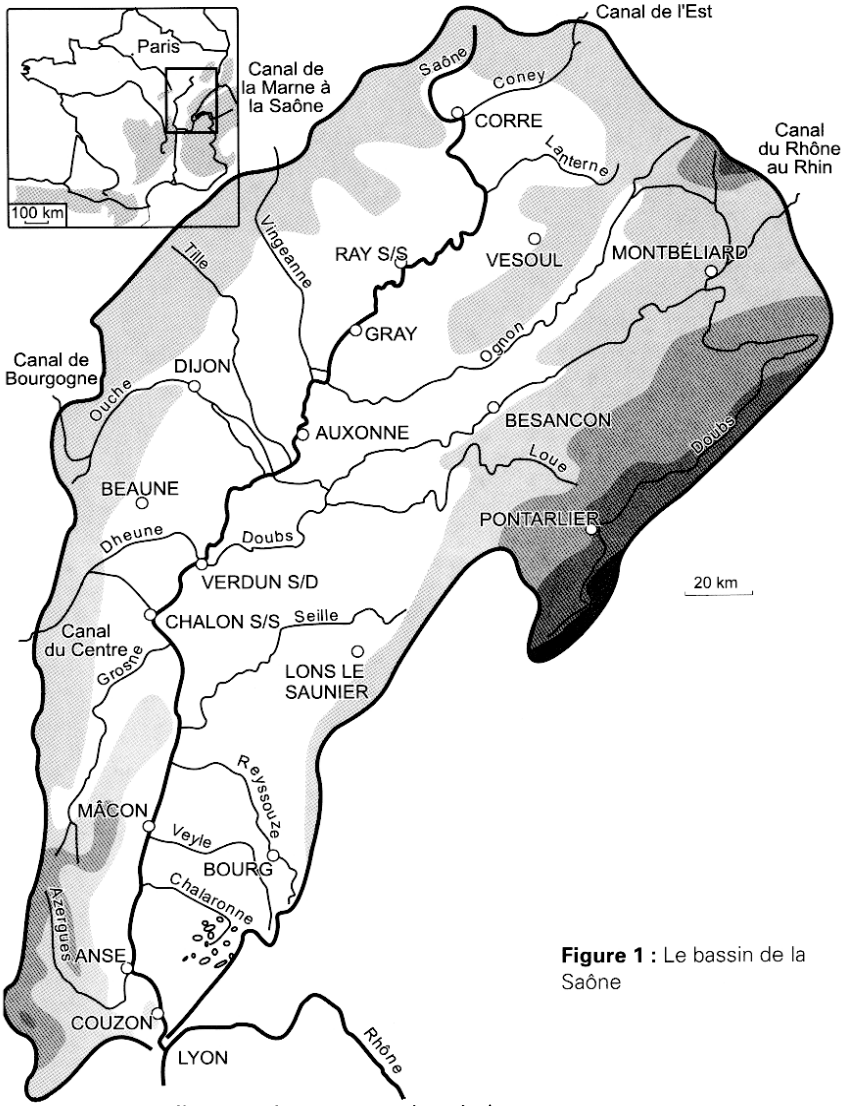

Figure 1 : Le bassin de la Saône

L'EVOLUTION DES PROFILS EN LONG ET DES SEUILS

De la confluence du Doubs jusqu'au Rhône, les écrits et le profil en long de 1869 font apparaître en tout 64 seuils ou passages, ce dernier terme étant utilisé en raison des difficultés que présentaient ces obstacles pour la navigation (fig. 2). Leur profondeur moyenne est de 1,4 m au-dessous du

aid of archival documents, it is possible to calculate the longitudinal development of the talweg and water levels between 1869 and 1989. Important modifications have been caused by embankments, the creation of stillwater reaches and the excavation of a navigable channel. This has resulted in a stepped waterway and the significant deepening of the channel (4,5 m on average), especially where gravels have been extracted.

KEY WORDS
Waterway development, navigable river, long profile, shoals, Saône.

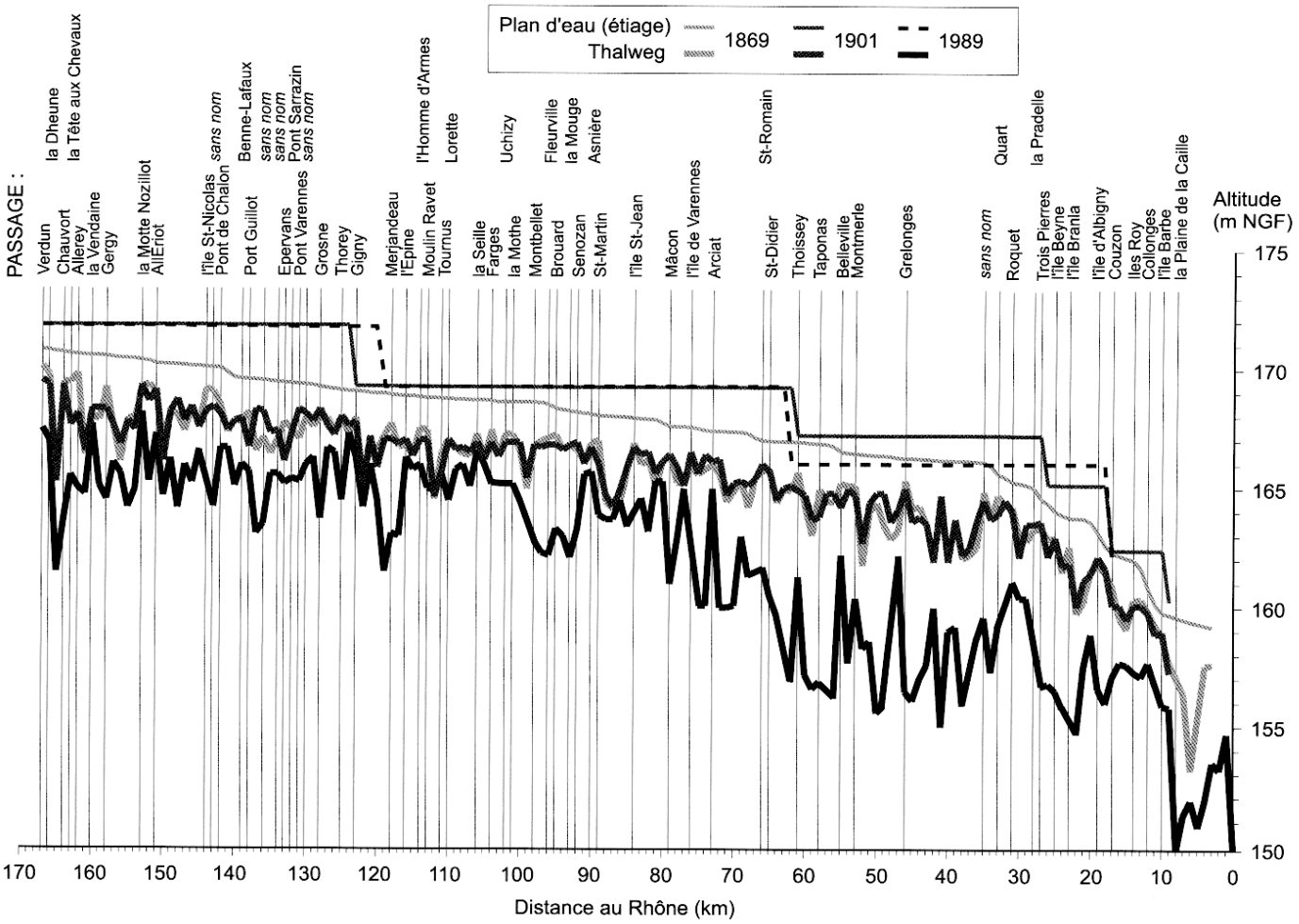

Figure 2 : Profils en long du talweg et du plan d'eau de la Grande Saône en 1869, 1901 et 1989 ; localisation et appellation des passages

plan d'eau d'étiage, avec un minimum de 0,7 m et un maximum de 2,5 m. Dix hauts-fonds présentent une hauteur d'eau inférieure à un mètre. Avec des fosses pouvant aller tout de même jusqu'à 6 m, la profondeur moyenne du talweg de la Grande Saône en 1869 est de 2,1 m. Cependant, avec un chenal très étroit, le mouillage restait inférieur à 1,6 m et descendait en certains points et pendant les forts étiages en-dessous de un mètre. Une enquête effectuée en août 1870 (année qui a connu des basses eaux marquées) dénombre entre Verdun-sur-le-Doubs et Fleurville (Pk 101) 23 passages sur lesquels la hauteur d'eau minimale en plein chenal navigable varie entre 0,4 m et 0,8 m.

Plusieurs seuils ne figurent plus sur le profil en long de 1901 (fig. 2), comme ceux de la Tête aux Chevaux (Pk 163) ou d'Allerey (Pk 162), pour lequel l'enfoncement est de 1,8 m (fig. 3A). Les seuils recensés sur le profil de 1869 se sont abaissés en moyenne de 0,3 m entre 1869 et 1901. L'enfoncement moyen du talweg de la Saône est toutefois quasiment nul pour la même période. La figure 3A montre en effet que les anciens seuils sont presque systématiquement suivis, à un ou deux kilomètres en aval, d'une surélévation du fond du chenal, pouvant atteindre parfois une cote plus élevée que celle du seuil érodé (Port Guillot-Pk 138 : +0,1 m à 1 km ; Épervans-Pk 133 : +0,6 m à 2 km ; Taponas-Pk 58 : seulement -0,2 m à 1 km). En revanche, de 1901 à 1989, le talweg de la Saône s'est enfoncé de 3,3 m (enfoncement maximum de 9,7 m au Pk 41). La figure 2 et la figure 3C montrent que cette évolution est plus marquée dans la partie aval de la Grande Saône, à l'aval de Dracé (Pk 62) ; l'enfoncement moyen est de 2,5 m sur le tronçon amont et de 4,9 m sur celui de l'aval.

Concernant le plan d'eau, la surélévation moyenne entre 1869 et 1901 est de un mètre, avec cependant des variations importantes de part et d'autre des Pk 124, 63, 27, 19 et 10 (élévations allant jusqu'à 2,5 m à l'amont et abaissements très limités, voire nuls à l'aval). Le rehaussement du plan d'eau jusqu'à 1989 est en moyenne de 1,5 m. Contrairement à la période précédente, si les surélévations maximales sont de 3 m, des abaissements de niveau apparaissent sur les 4 km

en aval de Couzon (Pk 17) et sur les 34 km en aval de Dracé (fig. 3D).

Le relèvement du plan d'eau a permis de noyer les seuils, dont la profondeur en 1901 est alors de 3 m en moyenne. De 1869 à 1901, la profondeur moyenne du chenal est passée de 2,1 m à 3,4 m, avec un minimum de 1,5 m au niveau du haut-fond de Gigny (Pk 123) et un maximum de 6,6 m au niveau de la fosse de Chauvort (Pk 164). En 1989, la profondeur moyenne du chenal est de 6,6 m (soit un approfondissement moyen du chenal de 4,5 m entre 1869 et 1989). Le profil en long présente une succession de 31 fosses d'une profondeur moyenne de 9,1 m, dont dix à plus de 10 m. Les plus importantes, localisées au niveau des ancien seuils de l'île Branla (Pk 23) et de la Plaine de la Caille (Pk 8), sont profondes respectivement de 11,3 m et de 11,9 m.

LE POIDS DES AMENAGEMENTS

Le problème de la navigabilité

Le document de 1869 nous montre donc une rivière de faible profondeur et au tirant d'eau très variable. Les plus grandes difficultés sont réunies à Mâcon (Pk 81), à Saint-Romain (Pk 67) ainsi qu'entre Trévoux (Pk 31) et Lyon, en raison de l'existence de fortes pentes partielles et de la division des eaux par les bancs de sables ou de graviers, les rochers et les nombreuses îles. Le profil en long du plan d'eau montre d'ailleurs les augmentations locales des pentes dues aux seuils (fig. 2). Au niveau du passage de La Pradelle et des Trois-Pierres (Pk 27 à 29) (fig. 4A), "le faible mouillage provient d'une barre naturelle et de l'excès de largeur du lit qui tend sans cesse à s'accroître par suite de la formation d'îlots ; le chenal y est sinueux et de forts courants transversaux proviennent des bancs de sable" (Laval J.R., 1845).

La Saône du début du XIXe s. est en fait décrite par les ingénieurs comme une rivière "abandonnée depuis des siècles à tous les désordres de ses crues annuelles" (Laval J.R., 1845). Le mémoire rédigé en 1779 par T. Dumorey, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, nous renseigne sur l'aspect de la rivière avant les grands travaux. A la demande des Etats de la Province de Bourgogne, soucieux d'améliorer la navigabilité de la Saône, il exécute une mission d'expertise en descendant la Saône. Dans son rapport manuscrit, il décrit les conditions difficiles de la navigation et les obstacles présents dans le lit de la rivière (moulins, hauts-fonds, encombrement du lit par des rejets de tuileries installées sur les rives, etc.)

Sans aménagement, la navigation sur la Saône est donc peu fiable et saisonnière. La rivière n'est navigable qu'entre les épisodes de glace, les jours de brouillard ou de vent violent et les longues périodes de crue, pendant lesquelles les courants deviennent dangereux. La navigation reste encore périlleuse durant les étiages des mois d'été, en raison du très faible tirant d'eau général et surtout de la succession des hauts-fonds. Au début du XIXe s., les exploitants de paquebots à vapeur ont compté en moyenne 78 jours de chômage par an (F. Rivet, 1962). Le reste de l'année les conditions ne sont guère plus favorables. Les bateaux ne peuvent naviguer la plupart du temps qu'avec la moitié de leur charge, et l'intensification du trafic durant les courtes périodes de navigation entraîne une affluence sur les passages dangereux, ce qui multiplie d'autant les risques. Avec le développement du commerce et l'avènement de la vapeur est donc apparue la nécessité de disposer d'une voie navigable de qualité.

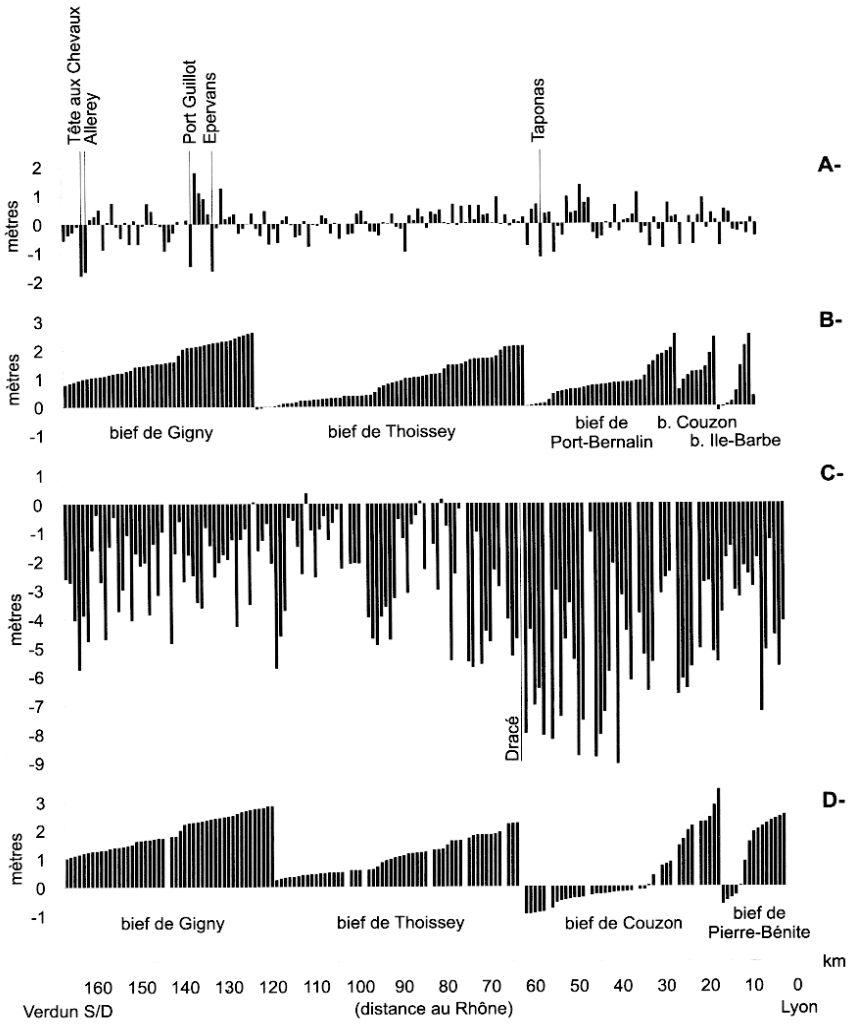

Figure 3 : Evolution des profils en long de la Grande Saône
A- Evolution du talweg de 1869 à 1901,
B- Surélévation du plan d'eau de 1869 à 1901,
C- Enfoncement du talweg de 1869 à 1989,
D- Evolution du plan d'eau de 1869 à 1989.

L'aménagements des seuils en rétrécissements partiels

Contrairement à la Petite Saône à l'amont de Verdun-sur-le-Doubs, dont la pente totale est

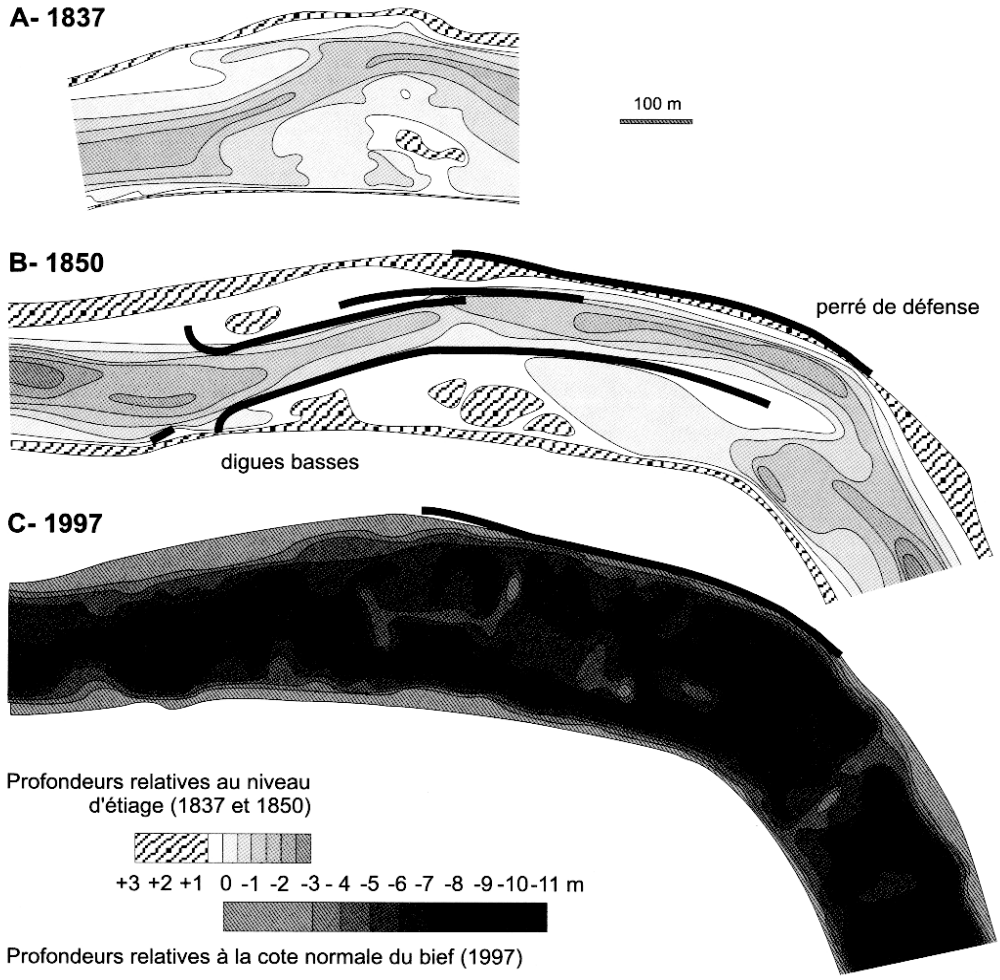

Figure 4 : Bathymétrie du lit mineur de la Saône au niveau du passage des Trois Pierres (Pk 27-28) en 1837 (d'après *Plan et profils en travers de la Saône au 1/2 500e des Passages de l'isle Bène, de la Pradelle et des trois Pierres par le géomètre Chevcot*), en 1850 (d'après *Plans et profils en travers de la Saône de Saint-Bernard à Caluire au 1/2 000e*) et en 1997 (Service Navigation de la Saône, subdivision de Mâcon)

corrigée par une série de biefs, l'idée de la construction des huit barrages nécessaires sur la Grande Saône n'est pas retenue. Les difficultés étant concentrées sur des points particuliers du cours d'eau, les ingénieurs pensent qu'il est possible, grâce à la faible pente, de créer un chenal à eaux courantes et toujours libres et de garantir facilement un minimum de mouillage en pratiquant des dragages sur les passes les plus encombrées et en construisant des digues. Ils reproduisent ainsi le système des rétrécissements partiels employé à partir de 1830 sur la Midouze (Laval J.R., 1831), l'Adour ou la Garonne et jugé particulièrement approprié à la Grande Saône.

Le système, adopté et décrit de façon précise par J.R. Laval (1845), a pour principe de concentrer, au moyen de digues submersibles (digues basses) la totalité du volume des basses eaux dans le lit mineur afin de provoquer l'accroissement des hauteurs. La dispersion des eaux sur les bancs de graviers est d'abord réduite en barrant tous les bras secondaires à l'amont par des digues de fermeture construites en pierre sèche. Les digues longitudinales ensuite, d'une hauteur de 0,5 à 0,6 m au-dessus du niveau d'étiage, tracées en forme d'entonnoir vers l'amont de chaque passage et doublées de clayonnages transversaux saillants de 0,6 à 0,7 m, sont destinées à combler la largeur jugée excessive du lit. La dégradation de la berge du côté du chemin de halage, par suite des atterrissements et de l'action des courants, est enfin prévenue par la construction de perrés de défense inclinés à 45°, constitués de moellons cimentés (fig. 4b).

Les premiers grands travaux sont ordonnés par les lois du 19 juillet 1837 et du 8 juillet 1840. Ces ouvrages, qui avaient pour but de donner un tirant d'eau de 1,2 m, sont doublés dès 1854 par des digues plus longues et plus hautes, le sommet étant renforcé par des enrochements, afin d'atteindre le tirant d'eau de 1,6 m, conformément à l'ensemble des canaux français. D'après la Carte générale du cours de la Saône flottable et navigable au 1/40 000e dressée en 1874, 28 sites sont aménagés et achevés après 1845. Plus de 10 d'entre eux présentent des bras secondaires barrés ; les autres sont constitués d'entonnoirs, de demi-entonnoirs ou de digues isolant des zones d'élargissement et de dissipation des eaux (fig. 5). "Peu à peu le chenal se forma, les crues ne

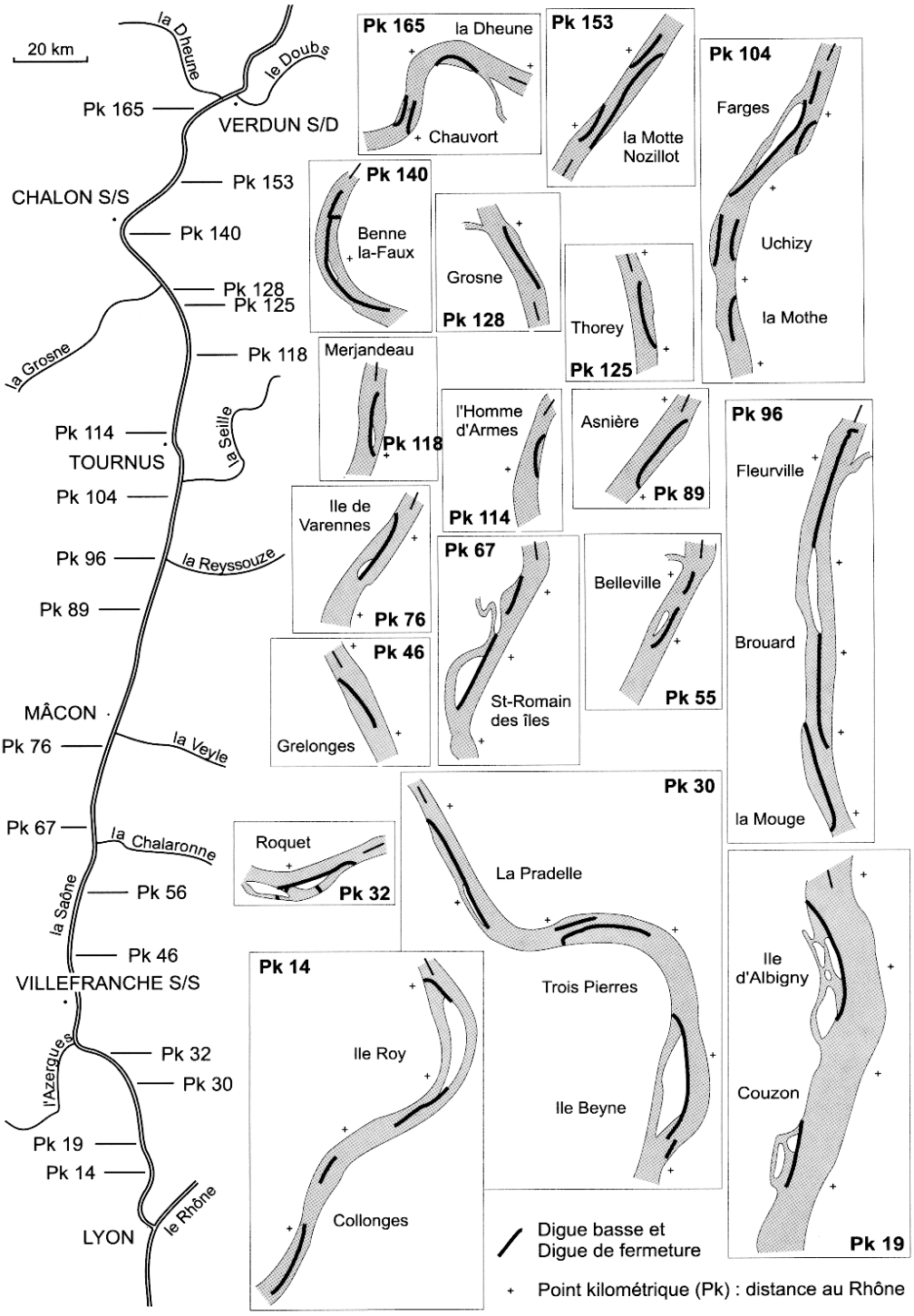

Figure 5 : Les aménagements en rétrécissements partiels de la Grande Saône au XIXe s. D'après la *Carte générale du cours de la Saône flottable et navigable au 1/40 000e* (Ponts et Chaussées, Service spécial de la Saône, 1874), la *Carte topographique du cours de la Saône flottable et navigable au 1/10 000e* (Ponts et Chaussées, 1857 à 1866) et le *Guide Vagnon n°6* (Edwards-May, Vagnon, 1991).

tardèrent pas à déposer des sables derrière les pieux, l'administration ajouta des pierres et des blocs jetés. Depuis Chalon-sur-Saône jusqu'à Lyon, on navigue sans toucher, excepté quand les eaux sont au-dessous de l'étiage" (Kauffmann P., 1851). Comme le montre le profil de 1901, les chasses naturelles produites par les courants de fond pendant les périodes de hautes eaux ont assuré entre les digues basses l'auto-entretien voire l'approfondissement des hauts-fonds. Cependant, les matériaux arrachés aux seuils et emportés lors des crues se sont déposés en bancs plus en aval, soit à la faveur d'un élargissement local, soit à l'extrémité des ouvrages. Ceci explique qu'un bon nombre de hauts-fonds ont simplement été déplacés vers l'aval. Un rapport de 1870 mentionne qu'au passage de Grosne (Pk 127), "l'effet produit a été satisfaisant à l'emplace-

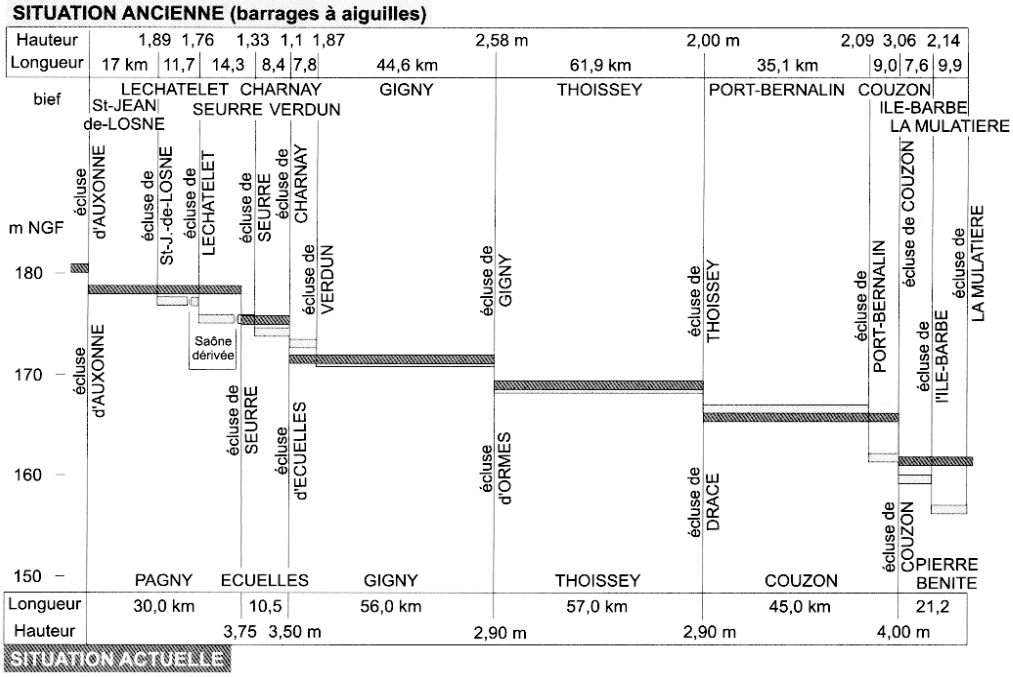

Figure 6 : Les barrages et les biefs de la Saône à grand gabarit (nom et longueur des biefs, nom et hauteur des barrages, à l'époque des barrages à aiguilles et à celle des écluses et barrages-éclusés modernes)

ment même des ouvrages, mais il semble que ces derniers aient provoqué des atterrissements en aval". Au passage d'Épervans, "le résultat cherché a été atteint, mais on peut se demander si cela n'a pas provoqué des changements de vitesse et de direction de courants préjudiciables tant en amont qu'en aval". A Uchizy (Pk 103), des clayonnages ont été construits pour remédier aux atterrissements produits par les travaux exécutés en amont sur le passage de Farges.

Les premières interventions humaines dans le lit ont donc eu des impacts limités aux seuils et aux quelques kilomètres à l'aval. Les rétrécissement partiels ont apporté une amélioration plus par l'élévation du plan d'eau entre les digues en période de moyennes eaux que par la résolution du problème des hauts-fonds dont la plupart ont simplement été déplacés. Des inconvénients majeurs subsistaient, le mouillage restait encore insuffisant plusieurs mois par an en raison du faible débit, ce qui rendait la navigation toujours précaire en raison d'interruptions inévitables.

L'élévation du plan d'eau par le partage en biefs

L'augmentation du tonnage des bateaux, de leur puissance, mais également du trafic, impose alors des aménagements d'une autre envergure. En 1863, la création de quatre barrages est demandée pour atteindre un mouillage de 1,8 m. Ces barrages à aiguilles, d'une longueur de 200 m, sont composés d'une passe navigable et d'un déversoir. La passe navigable est fermée au moyen d'engins mobiles de type hausse Chanoine adoptés sur la Seine qui, une fois abattus au fond du lit de la rivière, permettent aux bateaux de franchir le barrage en période de crue. Le déversoir est constitué de 1 500 pièces de sapin de 4 m de long et de section carrée de 8 cm (les aiguilles), disposées côte à côte verticalement et appuyées sur le radier et sur une charpente métallique. Le tout est entièrement démontable manuellement de telle sorte qu'en variant leur nombre, le Service de la Navigation peut tenir à volonté le niveau de la Saône et conserver une certaine souplesse face aux crues.

La construction des barrages à aiguilles de Gigny, Thoissey (Pk 62), Port-Bernalin (Pk 26), Couzon et l'Ile-Barbe (Pk 9) s'étale de 1867 à 1879. Leur mise en eau en 1880 confère à la Saône son titre de voie navigable au sens moderne du terme. L'aménagement prend définitivement forme en 1882 avec la construction du barrage de La Mulatière au confluent de la Saône et du Rhône (fig. 5). Cet ouvrage doit pallier l'abaissement de l'étiage de 1,4 m ressenti jusqu'à l'Ile-Barbe et dû au creusement du lit du Rhône à la suite de son endiguement. Des travaux complémentaires de dragage sont prévus pour atteindre les deux mètres de mouillage, mais en raison du nouveau rapport de forces établi en faveur de la voie ferroviaire Paris-Lyon, terminée en 1855, ceux-ci ne sont achevés qu'en 1955.

La Saône a connu, par l'installation des barrages à aiguilles, sa plus lourde modification avec le passage à un plan d'eau en escalier (fig. 6). L'élévation du plan d'eau explique l'approfondissement des seuils et la suppression de leurs effets sur les pentes. Aussitôt après les travaux, grâce à la disparition des problèmes causés par les seuils et à l'augmentation du tirant d'eau, de nouveaux bateaux plus puissants ont pu naviguer

pendant une bonne partie de l'été. La fin du XIXe s. a vu alors l'apogée de la navigation en Saône.

L'approfondissement du lit par les dragages

Efficace, le principe des biefs n'est donc pas remis en cause. Mais la voie navigable n'est pas encore au gabarit européen et ne peut pas accueillir les convois poussés de 4 400 tonnes qui apparaissent dans la seconde moitié du XXe s. La modernisation qui commence en 1960 consiste en une simple modification du gabarit en vue de passer à un enfoncement de 3 m. Il s'agit d'agrandir les écluses et de creuser un chenal navigable de 3,5 m de profondeur sous la retenue normale et d'une largeur de 40 m. Tous les barrages sont construits avec trois ou quatre passes de 35 m de largeur chacune, équipées de vannes-clapets réglables automatiquement pour assurer la cote du bief. L'ouvrage de Couzon, déjà remodelé en 1958, est agrandi de 1965 à 1968 jusqu'à 4 m, la plus haute chute de toute la Saône. Les barrages à aiguilles de Thoissey et de Gigny sont détruits et remplacés un peu plus à l'aval par les nouveaux barrages-éclusés de Dracé et d'Ormes construits en 1978 et 1980. La mise en eau des barrages modernes permet enfin la destruction des anciennes retenues intermédiaires (La Mulatière en 1966, Port-Bernalin et l'Ile-Barbe en 1968-1970) et donc l'allongement des biefs (fig. 6). Ces dernières opérations expliquent l'abaissement du plan d'eau à l'aval de Couzon et surtout sur les 34 km à l'aval de Dracé où il est en moyenne de 1,2 m (3,2 m à l'aval immédiat du barrage) (fig. 3d).

Ce sont donc les travaux d'extraction qui ont le plus modifié le profil du talweg de la rivière. Présentant à l'origine une succession de seuils séparés par des fosses peu profondes, il a été transformé en un profil où les reliefs sont accentués et où des fosses très profondes apparaissent (fig. 2 et 4c). Le creusement du chenal, commencé dès le siècle dernier sur de petits tronçons par des dragueurs à main puis par des dragues à vapeur, passe à cette époque au stade industriel, stimulé par une forte demande en matériaux émanant notamment de l'agglomération lyonnaise et de l'autoroute Paris-Lyon. Cette situation explique l'approfondissement encore plus marqué dans la partie aval de la Grande Saône où, de plus, les difficultés se trouvent concentrées. Près de deux millions de mètres cubes de sable et de gravier sont ainsi extraits entre Lyon et Chalon-sur-Saône. Les dernières campagnes d'approfondissement, qui ne reprennent pas systématiquement l'ancien chenal de navigation, sont exécutées de 1976 à 1985 entre Lyon et Mâcon (environ 300 000 m^3) et de 1990 à 1994 entre Mâcon et Chalon-sur-Saône (environ 150 000 m^3). Il faut noter que depuis 1987, le dragage dans le lit mineur n'est autorisé par le Service de la Navigation qu'à des fins d'entretien ; il s'élève en moyenne à 5 000 m^3/ an.

Conclusion

Du début du XIXe s. à aujourd'hui, le profil en long de la Grande Saône a connu des évolutions très importantes, indicatrices de la succession d'interventions directes dans le lit, elles-mêmes dictées par le développement économique du sillon Rhône-Saône, par la modernisation des techniques, et par l'efficacité et les impacts des différents aménagements. Cette transformation artificielle se résume en un rehaussement du plan d'eau, une atténuation des pentes locales et un approfondissement considérable du chenal. Ces observations témoignent du caractère irréversible des interventions directes dans les lits fluviaux du fait de leur ampleur. Ajoutés aux recherches effectuées sur les évolutions de l'allure en plan du lit, des profils en travers et des berges de la Saône entre Anse et Lyon (Astrade, 1995, 1996), ces résultats montrent l'impact géomorphologique de l'aménagement en voie navigable d'un lit mineur naturel. D'un cours d'eau caractérisé par un lit peu profond, une succession de nombreux hauts-fonds, des berges basses, des bras secondaires et des milieux connexes nombreux, la Saône a peu à peu été transformée en un hydrosystème restreint à son seul chenal d'écoulement lui-même profond, avec de nombreuses fosses d'extraction, s'articulant autour d'un espace riverain de plus en plus artificiel, dont la diversité et la longueur sont en diminution.

Cet état est le résultat de l'approche strictement longitudinale et limitée au lit mineur qu'ont eu les aménageurs dans la recherche d'un tirant d'eau et d'un chenal transversal continus de l'amont vers l'aval, et que J.R. Laval (1845) résumait ainsi : "Les lits des cours d'eau n'ont besoin que d'un seul chenal [...] où les courbes se dessinent avec autant de pureté que celles régulièrement tracées sur les plans". Les impacts engendrés par ces aménagements sur la morphologie, sur la qualité des milieux riverains et sur le régime, combinés avec les effets de l'anthropisation de la plaine alluviale (digues agricoles, développement urbain et industriel), ont cependant conduit, à partir des années 1990, à la nécessaire mise en œuvre d'une nouvelle approche du cours d'eau. Lancée par le Rapport sur la gestion des crues juste débordantes de l'Agence de bassin RMC (CNR, Béture-Sétame, 1989), cette approche est aujourd'hui celle d'un espace hydrographique, à l'échelle des bassins de la Saône et du Doubs. S'appuyant sur le SDAGE-RMC (1996), les enjeux actuels sont la gestion des crues, la voie navigable, la qualité de l'eau, les milieux naturels et le potentiel piscicole. Cette optique inclut également la préservation des prairies et des milieux humides, la protection des berges, la remise en fonctionnement des milieux

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Louis Bonnamour, conservateur des collections archéologiques du Musée Denon à Chalon-sur-Saône, et Jean-Paul Bravard, ainsi que le Service de la navigation de la Saône (subdivision de Mâcon), la Compagnie Nationale du Rhône, le Service de Géodésie et de Nivellement de l'Institut Géographique National (Saint-Mandé) et Louis Carpin, président de l'association G.I.A.N.A., pour les documents mis à leur disposition.

connexes et le contrôle des abaissements du plan d'eau afin d'éviter la mise hors d'eau des espaces rivulaires.

BIBLIOGRAPHIE

AMOROS C., PETTS G.E., 1993, *Hydrosystèmes fluviaux*, Paris, Masson, 300 p.

ASTRADE L., 1995, Les berges d'un cours d'eau stable soumis aux pressions d'un environnement périurbain : la Saône aval (France), *Annales de Géographie*, Paris, 581/582, 104e année, p. 148-162.

ASTRADE L., 1996, *La Saône en crue : dynamique d'un hydrosystème anthropisé*, thèse de Géographie, université de Paris-Sorbonne, 358 p.

ASTRADE L., BRAVARD J.-P., 1999, Energy gradient and geomorphological processes along a river influenced by neotectonics (the Saône river, France), *Geodinamica Acta* (Paris), 12, 1, p. 1-10.

BONNAMOUR L., 1979, Esquisse d'une étude archéologique des sites de la Saône, *Actes du 50e congrès de l'Association bourguignonne des Sociétés Savantes*, t. II, Mâcon, p. 45-61.

BONNAMOUR L., 1990, La Saône, axe de communication privilégiée, les gués de la Saône, *in* Catalogue d'exposition *Val de Saône au fil de l'eau, au fil du temps, de Mâcon à Lyon l'empreinte d'un fleuve sur sa région*, Centre rural animation information Cibeins, Lycée agricole Edouard-Herriot Cibeins, impr. Multitude, Châtillon-sur-Chalaronne, p. 31-33.

BONNAMOUR L., 1992, Fouilles d'aménagements médiévaux dans le lit de la Saône au sud de Chalon, *Revue Archéologique de l'Est*, 43, p. 353-378.

BONNAMOUR L., DUMONT A., 1996, Les armes romaines de la Saône : état des découvertes et données récentes de fouilles, *Journal of Roman Military Equipment Studies, 5, Actes du IXe ROMEC*, Leide 1994, Oxford 1996, p. 141-154.

BRAVARD J.-P., 1994, L'incision des lits fluviaux : du phénomène morphodynamique naturel et réversible aux impacts irréversibles, *Revue de Géographie de Lyon*, 69/1, p. 5-10.

BRAVARD J.-P., 1997, Tectonique et dynamique fluviale du Würm à l'Holocène à la confluence Saône-Rhône (France), *Géographie physique et Quaternaire*, 51 (3), p. 315-326.

COMPAGNIE NATIONALE DU RHONE, BETURE SETAME, 1989, *Rivière la Saône : élaboration d'un schéma d'aménagement hydraulique destiné à limiter l'impact des crues juste débordantes*, Rapport, 3 phases, 288 p.

CROUSLE T., DUBOIS P., 1972, L'aménagement de la Saône entre Lyon et Auxonne, *Navigation, Ports et Industries*, n°12, p. 729-733.

DUMONT A., 1997, *Les passages à gué de la Grande Saône*, Thèse d'archéologie, université Lumière-Lyon 2, 3 volumes, 372 p.

DUMOREY T., 1779, *Au sujet de la navigation sur la rivière de Saône*, Archives Nationales, H 157, 1er dossier, Côte-d'Or, C3364, f°172v°, C2986, 618 p.

EDWARDS-MAY D., VAGNON H., 1991, *Guide Vagnon de tourisme fluvial n°6 : Guide de la Saône*, Lyon, Editions du Plaisancier, 5e éd., 103 p.

EMERSON J.W., 1971, Channelization : a case study, *Science*, 173, p. 325-326.

GAUTIER E., 1994, Interférence des facteurs anthropiques et naturels dans le processus d'incision sur une rivière alpine – l'exemple du Buëch (Alpes-du-Sud), *Revue de Géographie de Lyon*, 69/1, p. 57-62.

GIRARD J., 1964, *Les péages fluviaux de la Saône, un exemple de lutte de l'Etat pour rentrer en possession de droits régaliens usurpés*, Thèse de Droit, université Paris, 400 p.

KAUFFMANN P., 1851, *Les bords de la Saône de Lyon à Chalon, histoire, beaux-arts, industrie, commerce*, Lyon, Ed. Ballay, 351 p.

KELLER E.A., 1975. Channelization : a search for a better way, *Geology*, May, p. 246-248.

LAMBERT G., 1973, L'aménagement de la Saône, Dijon, *Géographie et Recherche*, p. 63-70.

LANDON N., PIEGAY H., 1994, L'incision de deux affluent du Rhône : la Drôme et l'Ardèche, *Revue de Géographie de Lyon*, 69/1, p. 63-72.

LANDON N., 1996, L'évolution du profil en long des affluents du Rhône moyen : du constat aux principes de gestion, *Revue de Géographie de Lyon*, 71/4, p. 363-374.

LAVAL J.-R., 1831, Rivière de la Midouze, Amélioration de la navigation depuis Mont-de-Marsan jusqu'à l'Adour, *Ann. des Ponts et Chaussées, Mémoires et documents*, p. 19-48.

LAVAL J.-R., 1845, Notice sur les travaux de perfectionnement de la navigation de la Saône, entre l'embouchure du canal du Rhône au Rhin et

Lyon, *Ann. des Ponts et Chaussées*, Mémoires et documents , p. 1-47.

MAILLARD J., 1973, *Note sur le nouveau système des altitudes françaises I.G.N. 1969*, Géomètre, 5 p.

PEIRY J.-L., SALVADOR P.-G., NOUGUIER F., 1994, L'incision des rivières dans les Alpes françaises du nord : état de la question, *Revue de Géographie de Lyon*, 69/1, p. 47-56.

POINSART D., 1992, *L'effet des aménagements sur les débits liquides et solides, l'exemple du Rhône dans les plaines de Miribel-Jonage*, Thèse de Géographie, Université Lyon 3, 501 p.

RIVET F., 1962, *La navigation à vapeur sur la Saône et le Rhône (1783 à 1863)*, Paris, Presses Univ. de France.

TRICART J., BRAVARD J.-P., 1991, Le cours péri-alpin du Rhin, du Rhône et du Danube : aménagement fluvial et dérives de l'environnement, *Annales de Géographie*, n°561, p. 668-713.

VIDAL DE LA BLACHE P., 1903, *Tableau de la géographie de la France*, Paris, éd. Tallandier, 1979, 403 p.

DOCUMENTS D'ARCHIVES

Amélioration du cours de la Saône entre Port-sur-Saône et Lyon en application de la Loi du 19 juillet 1837, travaux sur les biefs et dérivations, Archives Départementales de Haute-Saône, Vesoul, série S 241-1 à 22.

Plan et profils en travers de la Saône au 1/2 500e des Passages de l'isle Bène, de la Pradelle et des trois Pierres par le géomètre Chevcot en 1837, Fond privé G.I.A.N.A.

Plans et profils en travers de la Saône de Saint-Bernard à Caluire au 1/2 000e (estimés à 1845-50, avant aménagements), Fond privé G.I.A.N.A.

Carte générale du cours de la Saône flottable et navigable au 1/40 000e dressée en 1874, Ponts et Chaussées, Service spécial de la Saône, Archives Départementales de Côte-d'Or, Dijon, série XII S1 à 8, 19 feuilles.

Carte topographique du cours de la Saône flottable et navigable levée et gravée de 1857 à 1866 par les soins de l'Administration des Ponts et Chaussées, Archives départementales du Rhône, Lyon, 1034 W album 7, 23 feuilles.

Amélioration du cours de la Saône entre Verdun et Lyon par l'établissement de cinq barrages mobiles éclusés ; Profil en long général de la Saône entre Verdun et Lyon dressé par l'Ingénieur en Chef Thiollière le 26 octobre 1869, Ponts et Chaussées, Service Spécial de la Saône, Musée Denon.

Profil en long général de la Saône entre Corre et Lyon dressé par l'Ingénieur en Chef H. Tavernier le 1er avril 1901, Ponts et Chaussées, Service Spécial de la Saône, Archives départementales de Saône-et-Loire, Mâcon, C 114 4.

Perfectionnement de la navigation 1847-1918 : rapports d'ingénieurs sur l'état de la Saône, effets de la sécheresse de 1863 sur les problèmes de gestion du tirant d'eau, Archives départementales de Saône-et-Loire, Mâcon, série XII S1a, 1 et 2.

Tableau des passages maigres compris entre la limite de la Côte-d'Or et le pont de Fleurville dressé conformément à l'ordre du 28 juillet 1870, à Chalon le 8 octobre 1870, Ponts et Chaussées, Service Spécial de la Saône. Archives départementales de Saône-et-Loire, Mâcon, D 953, L1.

adresse des auteurs :

Laurent ASTRADE
Institut de Géographie Alpine
Université Joseph Fourrier
17 rue Maurice Gignoux
38031 GRENOBLE
tel : 04 76 63 59 01
fax : 04 76 17 06 62
E.mail :
laurent.astrade@ujf-grenoble.fr

Annie DUMONT
Université de Dijon
CNRS - UMR 5594
6, boulevard Gabriel
21000 DIJON
tel : 03 80 39 57 97
fax : 03 80 39 57 87