

LA PETITE HYDRAULIQUE AGRICOLE ET INDUSTRIELLE, DE L'HISTOIRE ÉCONOMIQUE À L'ÉVALUATION QUANTITATIVE DES PRESSIONS SUR LES ÉCOULEMENTS, XIX^e – DÉBUT XX^e SIÈCLE. BASSINS DE L'ARROUX, DE LA GROSNE ET DE LA PETITE GROSNE (BOURGOGNE, FRANCE)

Nicolas JACOB-ROUSSEAU, Fabien MÉTÉRY,
Charles TSCHEILLER, Oldrich NAVRATIL

Résumé

Les prélèvements et dérivations d'eau des activités agricoles ou industrielles du passé sont rarement évalués alors que de nombreux documents d'archives permettent leur étude quantitative et spatiale. Nous présentons ici l'apport de recensements statistiques et de rapports émanant des services hydrauliques dans la deuxième moitié du XIX^e siècle, en étudiant trois bassins versants situés en Bourgogne. La démarche mise en œuvre combine l'analyse et le traitement spatial et quantitatif de l'information historique à des observations de terrain afin de caractériser les modalités et le volume des prélèvements, leur répartition dans le réseau hydrographique et les linéaires affectés par les perturbations. À partir d'une base de données hydrologiques contemporaine, le Réseau Hydrographique Théorique (RHT), on cherche à simuler les effets que les dérivations industrielles pouvaient avoir dans les tronçons court-circuités par les biefs d'alimentation des usines et à développer des indicateurs chiffrés de la pression dans des conditions d'écoulement moyen et d'étiage. Associée à l'analyse de sources textuelles, cette approche met en évidence la forte pression que la petite hydraulique rurale exerçait sur les écoulements naturels, en particulier en période de basses eaux et laisse penser que les perturbations et discontinuités de l'écoulement étaient jadis fort répandues dans les cours d'eau.

Mots clés

prélèvements d'eau, irrigation, industrie, information historique, écoulement, étiages, pression anthropique, discontinuités hydrologiques

Abstract

Water withdrawals due to agriculture and water-powered industry are rarely evaluated for past times although numerous archive documents allow for studying their quantitative and spatial features. This paper presents what can be gleaned from statistics and documents elaborated by french engineers of the Ponts et Chaussées during the second part of the nineteenth century through the example of three catchments from Burgundy, in France. Combining an analysis of historical informations and field observations, our approach consists in estimating the volumes of water diverted by factories and the surfaces of irrigated meadows, and in characterising their spatial distribution into catchments and the extent of disturbed reaches. Using a recent hydrological database, the theoretical hydrographical network (RHT), we attempt to simulate effects of industrial diversions on natural discharge into the short-circuited reaches by factories' canals and to evaluate this pressure under mean flow and low flow conditions. This approach, associated with the analysis of textual archives, reveals that the traditional use of river water exerted a heavy pressure on natural flows, particularly in low flow periods that they contributed to worsen. It enables to think that flow disturbances and discontinuities were quite frequent in rivers of past times.

Keywords

water withdrawals, irrigation, mills, historical information, flow, low water, human pressure, hydrological discontinuities

I. INTRODUCTION

Les cours d'eau européens sont marqués par l'utilisation de l'énergie hydraulique et de l'irrigation depuis plus d'un millénaire (Bloch, 1935 ; Mousnier, 2002 ; Lucas, 2005). À cette fin, de nombreux aménagements destinés à dériver les eaux ont été édifiés (chaussées, prises d'eau, biefs, étangs...) et

ont entraîné des modifications de l'écoulement naturel. Parmi les formes de pression que cette gestion hydraulique exerçait sur les milieux, les obstacles physiques tiennent actuellement une place centrale à la fois comme objet de discussions scientifiques, enjeu de politiques environnementales ou une source de conflits locaux (Barraud, 2007 et 2009 ; Lespez, 2012 ; Germaine et Barraud, 2013a). Cette

mise en relief peut être en partie expliquée par un contexte à la fois environnemental et économique, législatif et opérationnel, mais aussi scientifique.

La déprise agricole et industrielle qui a fortement marqué de nombreuses campagnes européennes a eu des effets de deux ordres. La reconquête végétale et le tarissement des flux sédimentaires qu'elle a induit dans les bassins versants ont entraîné le déchaussement des ouvrages de dérivation et l'exagération de leur saillie sur le profil longitudinal (Jacob, 2003). Par ailleurs, la disparition des pratiques hydrauliques anciennes conduit souvent à ne plus considérer l'héritage non fonctionnel (bassins ou biefs colmatés ou détruits, friches industrielles, sites reconvertis). Ces deux phénomènes qui concourent à concentrer l'attention sur les obstacles transversaux, parfois les seuls vestiges encore visibles, ont sans doute joué un rôle dans la façon dont les controverses sur le statut de l'héritage hydraulique sont aujourd'hui structurées. Dans le champ de la gestion ou de la restauration des hydrosystèmes, l'expertise hydro-géomorphologique (Adam *et al.*, 2007 ; Malavoi et Salgues, 2010) et hydrobiologique reste dominante et tend à se focaliser sur le démantèlement des ouvrages afin de rétablir les continuités hydrosédimentaires et biologiques dont on attend l'essentiel en matière de réhabilitation des écosystèmes (Germaine et Barraud, 2013a et b). Ces opérations de désaménagement ont suscité des débats sur l'état de référence voire sur le bien-fondé de certains projets, réflexions auxquelles l'histoire environnementale a apporté son éclairage (Lespez *et al.*, 2013). Au cours des dernières décennies, la restitution des trajectoires paysagères des fonds de vallées a atteint une très bonne résolution et montré la complexité des interactions entre les sociétés et les dynamiques physiques agissant dans les milieux (Bravard et Magny, 2002 ; Burnouf et Leveau, 2004 ; Lespez *et al.*, 2005 ; Lespez, 2012). Dans cette archéologie du paysage de la rivière aménagée, des études récentes ont pointé le très fort contrôle exercé par les aménagements transversaux sur les conditions de la sédimentation dans les plaines alluviales (Walter et Meritts, 2008). Toutefois, ces travaux sont eux aussi marqués par une forte prégnance de l'approche géomorphologique : rôle des aménagements-obstacles, mutations connues par le réseau de chenaux, métamorphoses fluviales et évolutions des flux hydrosédimentaires au cours du temps. Par contraste, la gestion hydraulique de ces systèmes agro-industriels est bien moins étudiée,

notamment du point de vue de ses conséquences sur les écoulements.

Cela peut sembler d'autant plus paradoxal que l'attention aux quantités prélevées ou dérivées et aux discontinuités hydrauliques est ancienne. Elle existe dès le XIX^e siècle en France, où l'administration est fréquemment saisie de cette question et intervient pour garantir la salubrité et certains usages collectifs, mais aussi dans certains cas pour des considérations piscicoles : l'on relève en effet maintes préconisations d'échelles à poissons dès le milieu de ce siècle (1865) et des demandes de rempoissonnements au début du XX^e siècle. Dans les dernières décennies, la sensibilité aux discontinuités hydrauliques a été renforcée par les dispositions réglementaires ou légales et par la forte pression de prélèvement qu'exercent certains sites industriels reconvertis en « microcentrales ». Néanmoins, contrairement aux transferts sédimentaires, à l'évolution du style fluvial ou au risque d'inondation, cette question n'a pas souvent été envisagée par l'histoire environnementale ; les travaux qui ont proposé de mettre en perspective les pressions quantitatives actuelles avec celles qui s'exerçaient jadis sur la ressource hydrique restent encore assez rares, de même que les approches comparatives entre bassins (Benoît *et al.*, 2004 ; Berger, 1998 et 1999 ; Jacob 2005 ; Jacob-Rousseau, 2005 ; Jacob-Rousseau, 2015 ; Poux *et al.*, 2011 ; Richard-Schott, 2010). Ces auteurs ont pourtant mis en évidence la puissance des prélèvements et des dérivations ou analysé les conflits qui en résultaient, en particulier dans la seconde moitié du XIX^e siècle. Aujourd'hui, l'analyse des vulnérabilités et des enjeux de la gestion quantitative des ressources en eau contemporaines pointe le manque de recul historique sur l'évolution des prélèvements (Balestrat et Théron, 2014 ; Fabre et Pelte, 2013) ; ceci constitue un argument supplémentaire pour tenter d'affiner l'analyse des pressions anciennes et d'évaluer les perturbations qu'elles pouvaient représenter sur les écoulements.

L'objectif de cette contribution est de faire le point sur la pression qui s'exerçait sur la ressource au XIX^e siècle, dans le temps comme dans l'espace. On peut en effet faire l'hypothèse que, dans un monde rural où la population avait atteint son maximum historique connu, cette pression était alors très intense. Ceci implique une démarche historique et l'objectif du travail présenté ici est

double. Il s'agit de caractériser d'une part des systèmes hydrauliques agro-industriels disparus (localisation et quantification des prélèvements, aspects techniques, évolutions historiques), d'autre part les pressions anciennes sur les écoulements de surface en comparant des volumes prélevés à des indicateurs pertinents du régime hydrologique.

II. LE SECTEUR ÉTUDIÉ

Les bassins de l'Arroux, de la Grosne et de la Petite Grosne (Figure 1) ont été choisis pour deux raisons principales. D'une part, il s'agissait de fournir le matériau de futures démarches comparatives en s'intéressant à des rivières différentes de celles du rebord oriental du Massif central où de premières approches historiques des prélèvements d'eau avaient déjà été menées (Berger, 1998 ; Jacob, 2005). Ces cours d'eau présentent en effet un régime d'écoulement très contrasté et caractéristique d'une influence méditerranéenne ; leurs pentes longitudinales en font des milieux de forte énergie. En outre, une grande part de l'aménagement industriel est assez récent (Morel, 2001, Berger,

1998), puisqu'il correspond essentiellement au développement de la papeterie et du moulinage de la soie à partir de la fin du XVIII^e et du début du XIX^e siècle. Par contraste, les cours d'eau des bassins de l'Arroux et des deux Grosnes appartiennent au domaine océanique dégradé et sont, à l'exception des quelques tributaires de l'Arroux qui drainent le Morvan, des organismes de faible énergie où, autre élément de distinction, les sites hydrauliques remontent très souvent à l'époque médiévale ou au début des temps modernes. La deuxième raison tient précisément à ce que ces types de vallées concentrent aujourd'hui l'attention des projets de restauration et que les enjeux de conservation de l'héritage hydraulique y sont les plus discutés (Barraud, 2009 ; Lespez, 2012 ; Corbonnois et Tchékpo, 2013). À cet égard, il paraît intéressant d'y évaluer l'apport d'une démarche d'hydrologie historique.

L'Arroux, tributaire de la Loire, ainsi que la Grosne et la Petite Grosne, tributaires de la Saône, ont comme caractères communs de drainer des bassins au relief peu contrasté (où seul le versant du Morvan et les pentes du Beaujolais font exception). Les trois bassins sont de taille inégale : 1798 km² pour l'Ar-

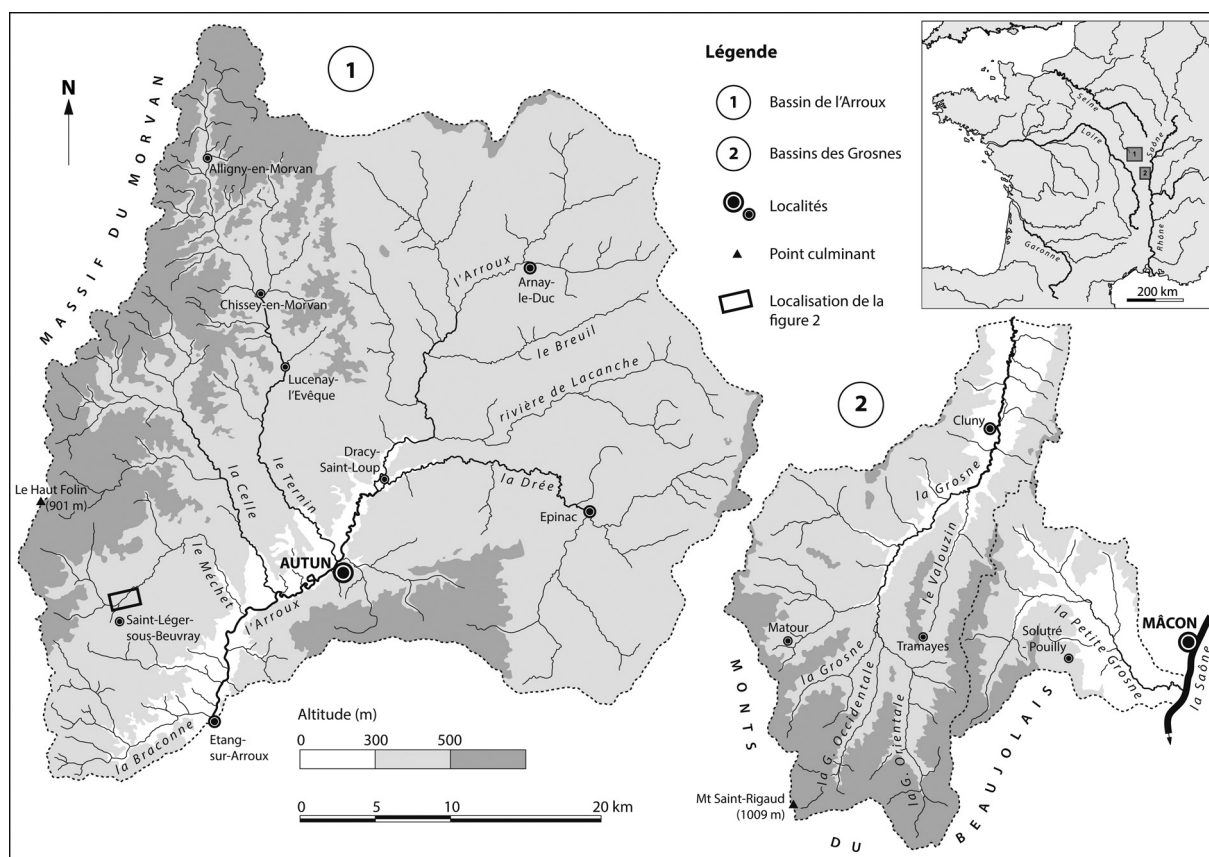


Figure 1. Localisation des bassins étudiés et de secteurs cités dans le texte

roux à Étang-sur-Arroux, 465 km² pour la Grosne à Massilly, 125 km² pour la Petite Grosne à son confluent avec la Saône. Les régimes d'écoulement présentent une abondance de saison froide et des étiages estivaux assez marqués, qui correspondent à la ponction de l'évapotranspiration (Tableau 1). Cette ponction confère aux régimes un caractère presque excessif et donne des situations d'étiages prononcés en juillet, août et septembre.

	J	F	M	A	M	J	J'	A	S	O	N	D	Module
Arroux	46,80	47,40	33,00	26,60	20,00	10,20	5,63	4,07	3,85	10,20	23,20	39,80	22,40
Grosne	6,95	7,45	5,16	4,87	4,00	2,25	1,25	0,79	1,11	2,51	4,85	6,63	3,96

Tableau 1. Écoulements mensuels moyens de l'Arroux à Étang-sur-Arroux (1971-2015) et de la Grosne à Jalogny (1967-2015) en m³/s - source : Banque Hydro. Cette ponction confère aux régimes un caractère presque excessif et donne des situations d'étiages prononcés en juillet, août et septembre

la méthode que nous avons suivie, il convient de préciser que, en France, des documents variés permettent d'étudier les prélèvements d'eau et leur gestion au cours des deux derniers siècles. Ils proviennent essentiellement des grandes enquêtes administratives et statistiques qui ont été ordonnées par un État définitivement centralisé à partir de la fin du XVIII^e siècle ; cantonnées au début à la question des subsistances, ces enquêtes ont concerné des domaines de plus en plus nombreux au cours du XIX^e siècle, en étant fréquemment associées à la cartographie (Palsky, 1996). La plupart de ces documents sont conservés aux archives nationales (AN) ou départementales (AD).

A. Les documents pour une cartographie statistique de la petite hydraulique rurale

Le corpus documentaire retenu ici pour analyser les systèmes hydrauliques anciens visait à obtenir de façon directe ou indirecte des informations sur les prélèvements d'eau, leur répartition spatiale, certains aspects techniques propres aux conditions de dérivation de l'eau et leur évolution au cours du temps, en d'autres termes à caractériser la structure spatiale de la pression sur la ressource. L'*Atlas des irrigations et des usines* apparaît à ce titre comme un document central pour cet objectif. Constitué entre 1861 et 1901 dans chaque département (AN - série F¹⁰), il recense toutes les prises d'eau existant alors et indique les débits moyens dérivés (la plupart du temps en l/s), la longueur des canaux collectifs, les forces motrices obtenues ainsi que les superficies arrosées correspondantes. Les cartes (Cassini, État-Major, IGN) ou les cadastres

III. LA MÉTHODE : UNE COMBINAISON DE STATISTIQUES ANCIENNES ET CONTEMPORAINES POUR UNE HYDROLOGIE RÉTROSPECTIVE

Compte tenu de l'objectif de ce travail, notre démarche a reposé sur la combinaison d'informations extraites de documents d'archives et d'informations statistiques récentes. Avant de présenter en détail

permettent de localiser précisément les moulins hydrauliques et les usines mentionnés dans l'*Atlas*. Ces informations et certaines caractéristiques techniques (longueur des biefs - donc des tronçons court-circuités -, existence d'aménagements spécifiques liés à la gestion de l'eau) ont été vérifiées par des observations sur le terrain. Les superficies irriguées peuvent être saisies avec une résolution variable, soit par les statistiques qui en indiquent le nombre d'hectares à l'échelle communale, (AD, série M), soit grâce aux cadastres (AD, série P), cette fois à l'échelle des bassins versants et du parcellaire agricole (Figure 2). L'ensemble de ces informations a été constitué en un système d'informations géographiques, en particulier en vue de notre deuxième objectif. D'autres documents permettent enfin de connaître l'évolution de la situation entre la fin du XVIII^e et le début du XX^e siècle : des enquêtes statistiques (enquête sur les moulins à blé de l'an II, AN - série F²⁰), des recensements industriels (AD - série M) ainsi que des statistiques agricoles faites à intervalles réguliers. Dans ce travail on ne présentera que l'évolution du nombre de moulins et d'usines.

B. La caractérisation hydrologique de la pression sur les écoulements

L'estimation de la pression sur les écoulements naturels a été menée, à différents niveaux de résolution, à l'échelle des bassins et à celle du tronçon pour les deux Grosnes. Pour cela, il a été nécessaire de disposer de variables hydrologiques caractérisant des situations d'écoulement différentes. Nous avons sélectionné le module, afin d'évaluer la

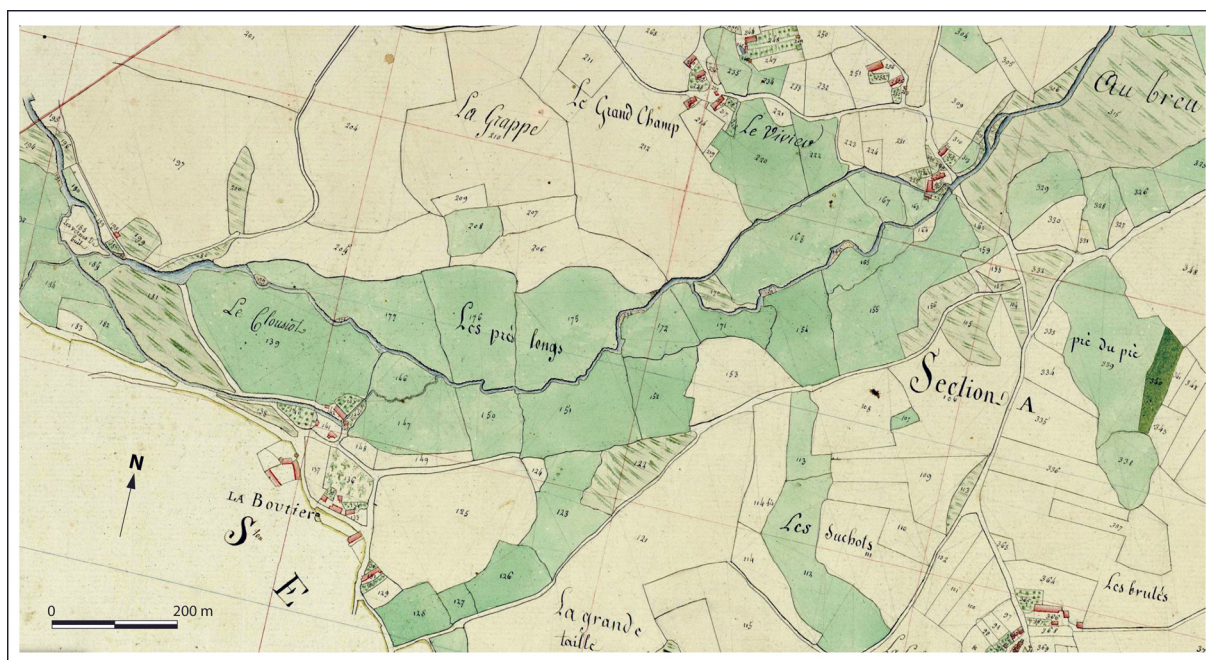


Figure 2. Le paysage de la petite hydraulique rurale dans la vallée du Méchet en 1810 : la prairie irriguée, les chenaux naturels et les biefs industriels (cadastre napoléonien, commune de Saint-Léger-sous-Beuvray) ; voir la localisation du secteur sur la Figure 1 - source : AD 71, P 157

pression par rapport aux conditions moyennes du système, et le débit mensuel minimal de période de retour de 5 ans (QMNA 5 de la Banque Hydro ou QMNO du Réseau Hydrographique Théorique), afin de tester la situation correspondant à un étiage assez sensible, mais pas exceptionnel. Ces valeurs de référence sont extraites de banques de données contemporaines, ce qui constitue un biais inévitable car il n'existe pas d'enregistrement des débits sur des périodes trentenaires au XIX^e siècle, l'hydro-métrie standardisée ne commençant qu'en 1892 en France. Les *Atlas des cours d'eau* accompagnant l'*Atlas des usines et des irrigations* fournissent des valeurs de modules dits alors « eaux ordinaires », mais dans l'état actuel de nos recherches les conditions d'obtention de ces valeurs ne sont pas assez clairement établies. Il est fort probable que les ingénieurs des Ponts et Chaussées en charge de ces statistiques aient procédé à des calculs à partir de la pente longitudinale et de la section mouillée, en se fondant pour cette dernière sur des critères morphologiques ou sur des enquêtes orales.

Il a donc paru préférable de prendre en compte des valeurs issues de jaugeages ou de modélisations statistiques actuelles. D'autre part, pour travailler à l'échelle de tronçons homogènes du point de vue hydrologique, nous avons mis à profit l'existence d'une base de données géoréférencées récente

(Pella *et al.*, 2012), le Réseau Hydrographique Théorique (RHT) développé à l'IRSTEA. Dans cette base de données, le réseau hydrographique est découpé en de multiples segments, appelés aussi arcs. Chaque arc est associé à un bassin versant tributaire, ainsi qu'à de nombreux autres attributs, comme par exemple son rang, sa pente, et différents débits caractéristiques des basses eaux ou de l'écoulement moyen : le QMNA5 (Catalogne *et al.*, 2012), le module (Sauquet *et al.*, 2006), les débits classés (Sauquet *et al.*, 2011). Ces dernières informations de débits sont issues d'une analyse spatiale provenant du réseau de stations hydrométriques et de résultats de modélisations hydrologiques. Ainsi, l'avantage de cette base de données était de pouvoir comparer directement dans un SIG des couches d'information historique sur les prélèvements d'eau à des données de débits caractéristiques à l'échelle de tronçon.

Afin d'estimer la pression exercée par les prélèvements industriels, nous nous sommes fondés à nouveau sur l'*Atlas des irrigations et des usines*. Il fournissait, pour les industries, des valeurs que l'on pouvait directement confronter aux variables hydrologiques. En revanche, comme il n'indique que les prises d'eau des canaux d'irrigation collectifs, une bonne part, sinon l'essentiel de la pression agricole disparaît de l'enquête et l'*Atlas* reste ainsi

fort lacunaire sur les volumes dérivés par l'agriculture. Nous avons donc mis en œuvre une approche indirecte, à partir des surfaces irriguées annoncées par les statistiques agricoles, qui n'établissent aucune distinction quant aux modalités sociales de l'arrosage. En connaissant ces surfaces, il a été possible d'estimer grossièrement la demande en eau en appliquant les valeurs moyennes de débits que les ingénieurs des Ponts et Chaussées indiquaient comme nécessaires à l'irrigation : par exemple 3 l/s/ha dans des bassins déjà étudiés dans le Vivarais (Jacob, 2005) ou 1 l/s/ha dans le Mâconnais.

Ainsi, la combinaison de ces informations anciennes et contemporaines nous permet de caractériser la pression sur les écoulements de différentes façons. Afin de mener une approche spatiale et de comparer les sites ou les tronçons, nous avons cherché à produire des indices dont nous exposerons la construction plus bas.

C. L'analyse des conditions de l'exploitation des eaux

Sur un autre plan, il nous a paru indispensable de mener une analyse des modes de gestion de l'eau par les différents acteurs économiques (industriels et irrigants) ; elle seule fournit des clefs de lecture des documents statistiques et permet de restituer le contexte social, économique ou environnemental dans lequel s'effectuaient les prélèvements. Les documents les plus faciles d'accès proviennent des archives du Service Hydraulique (AN - série F¹⁴ ; AD - séries S et W et E dépôt) qui, à partir du début du XIX^e siècle, fut souvent saisi à l'occasion de conflits survenus pour l'usage de la ressource et dans lesquels l'administration exerçait un arbitrage ; les ingénieurs exposaient dans leurs rapports les arguments des parties en présence, ce qui permet de décoder, à travers les discours, les logiques économiques et sociales.

IV. L'OMNIPRÉSENCE DE LA PETITE HYDRAULIQUE

Nous présenterons ici les principales caractéristiques de l'aménagement hydraulique des bassins en insistant sur celui de l'Arroux, où la documentation historique a été plus abondante et plus précise et parce que la taille du bassin permet de mieux appréhender la question des variabilités spatiales.

A. Une forte densité de moulins et d'usines des têtes de bassins aux basses vallées

L'enquête historique et les observations de terrain font apparaître l'omniprésence des usines le long des cours d'eau, y compris les branches amont (Figure 3). Ces établissements sont de nature variée. Si le moulin à farine prédomine très largement dans l'effectif (en 1881, sur les 115 usines du bassin de la haute Arroux pour lesquelles on dispose de cette précision, 96 sont dans ce cas, soit 83 %), d'autres activités sont présentes. On dénombre seize battoirs (principalement destinés à la trituration des écorces et à l'extraction du tanin), deux scieries, un foulon, quelques forges ; par ailleurs, dix-huit des moulins déjà évoqués sont aussi équipés de meules à huile. Dans les bassins des Grosnes, la distribution est sensiblement la même : 65 moulins sont destinés aux céréales sur les 81 recensés, soit 80 % ; on compte ensuite huit scieries, six moulins mixtes (battoirs, scierie ou forge) et deux usines. Sans doute la diversification est-elle en réalité un peu supérieure à ce qu'annoncent les enquêtes anciennes car l'observation de certains bâtiments montre une polyvalence qui n'a pas toujours été enregistrée dans les enquêtes. La localisation de ces activités n'est pas homogène dans l'espace et obéit surtout aux orientations économiques de l'espace environnant (les moulins à céréales sont ainsi très nombreux dans le bassin de la petite Grosne où les affleurements calcaires donnent de bonnes terres à blé ; les battoirs à écorce se concentrent dans la vallée du Ternin qui draine le Morvan forestier).

Un autre aspect de la diversité des sites industriels réside dans leur mode d'alimentation en eau. La plupart des moulins sont alimentés par un bief conduisant l'eau vers le moulin mais on observe de nombreux moulins à étang, presque tous situés dans les têtes de bassin (Figure 4), où les écoulements généralement trop indigents ne suffisaient pas à entraîner les mécanismes. La construction d'un étang, parfois dans le talweg lui-même, permettait de constituer une réserve suffisante et de procéder à des éclusées. Les moulins sur chaussées sont en revanche très rares, limités à deux cas sur l'Arroux et un sur la Grosne à Cluny.

L'impression qui domine à la lecture des cartes est la forte densité de l'implantation industrielle, bien qu'elle soit variable dans l'espace. En moyenne, dans les bassins de l'Arroux et des Grosnes, on

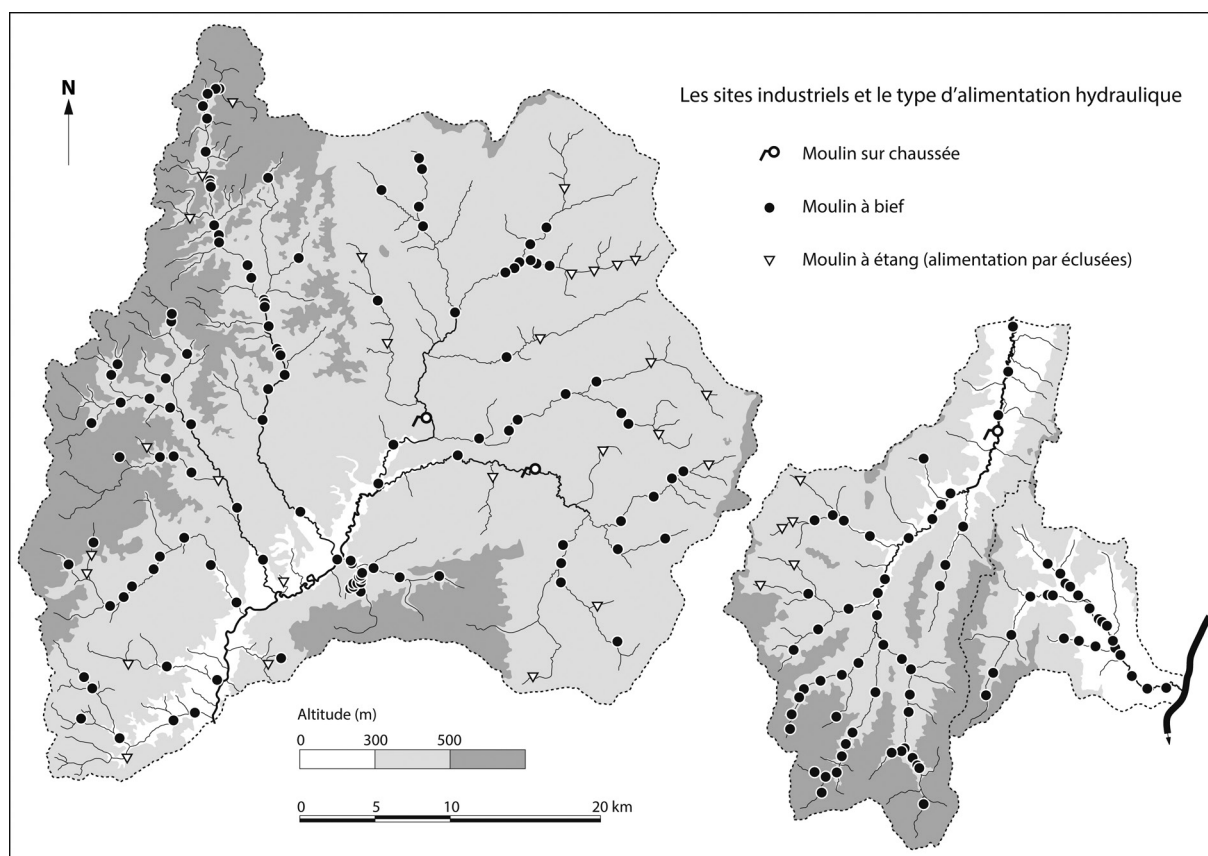


Figure 3. Localisation des types de moulins dans les bassins de la haute Arroux et des deux Grosnes - sources : Météry (2009) et Tscheiller (2014), modifiés

rencontre respectivement un moulin tous les 1,8 km et 2 km de cours d'eau, ce qui masque des variations locales, certains moulins n'étant distants que de 1 à 1,25 km dans la vallée de la Petite Grosne (Tscheiller, 2013). Cette présence du moulin peut aussi être appréciée par rapport avec la surface des bassins. Dans l'Arroux, la densité est de 7,7 moulins pour 100 km², assez semblable à celles que Lespez *et al.* (2012) ont mise en évidence dans leur étude des cours d'eau bas normands (en moyenne 6,5) ; elle est très supérieure dans les deux Grosnes, avec 13,7 moulins pour 100 km², ce qui représente une valeur forte, elle aussi variable spatialement dans le détail, car elle atteint 19 moulins pour 100 km² dans la Petite Grosne.

L'approche technique permet de caractériser un peu plus précisément le rapport entre cette activité industrielle et les cours d'eau, notamment par l'étude des biefs, qui, en dérivant l'eau à partir de la prise et en la restituant à la sortie de l'usine, produisent autant de tronçons court-circuités dans les chenaux naturels. Certes, à l'échelle des sites, leur longueur est étroitement conditionnée par la pente longitudinale puisque les meuniers ou les artisans recher-

chaient une hauteur de chute suffisante pour assurer le rendement énergétique de leurs roues. Dans leur grande majorité, ils sont de longueur modeste (70 % d'entre eux sont inférieurs à 600 m de long), mais certains dépassent 1000 m et l'un d'entre eux atteint

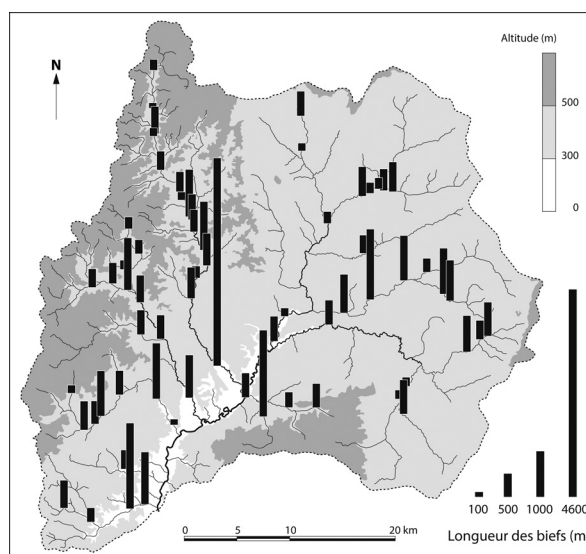


Figure 4. Longueur des biefs des moulins du bassin de la haute Arroux. L'absence d'information correspond soit à une disparition des biefs soit aux moulins alimentés par un étang - sources : Météry (2009), modifié

presque 4600 m de long dans le bassin de l'Arroux (Figure 4). Toutefois, à l'échelle des tronçons, la prise en considération de la longueur cumulée des biefs permet d'apprécier la proportion de cours d'eau influencée par les dérivations industrielles, ce qui est un point essentiel pour notre objectif de quantification de la pression. Dans le Mâconnais, cette longueur cumulée atteint ainsi 15,3 % de celle du réseau des deux Grosnes, ce qui équivaut donc au linéaire de tronçons aux écoulements influencés par les prélèvements. Dans l'Arroux, la moyenne s'établit à 15,15 % de la longueur totale du réseau principal, valeur par défaut car nombre de biefs n'ont pas été retrouvés. Encore une fois, les variations spatiales sont importantes et on peut pointer quelques valeurs fortes, 21,5 % pour la Grosne aval (27,96 km), 20,1 % pour la Petite Grosne (25,11 km) - mais avec 35,3 % sur les 11,4 km de son cours inférieur ! - ou encore les 28,65 % du Ternin (39,6 km). L'analyse des pratiques industrielles révèle aussi que lorsque les écoulements naturels étaient faibles, les meuniers cherchaient à stocker l'eau pour pouvoir faire ensuite des éclusées. Le stockage se faisait dans le chenal naturel, en créant un remous à l'amont de la prise d'eau rendue étanche, ou dans un bassin construit le long du bief, à l'amont du moulin, comme au Guidon, dans la commune de Chissey-en-Morvan dans la vallée du Ternin.

La cartographie des volumes dérivés par l'industrie achève de préciser les aspects structurels de la pression industrielle sur l'eau à l'échelle du bassin. Les débits mis en jeu sont très variables : presque toujours inférieurs à 600 l/s et, dans leur majorité, inférieurs à 200 l/s (Tableau 2). Cependant, certains biefs dérivent 800 voire 1300 l/s. La ponction reste modeste en valeur absolue, mais si on la compare à des écoulements moyens de l'ordre de quelques mètres cubes par seconde, elle représente un prélèvement non négligeable, ce que nous apprécierons plus loin.

Les zones où la pression de dérivation est forte correspondent logiquement aux principales concentrations de sites industriels (Figure 5). Dans le bassin de l'Arroux, on notera par exemple les secteurs d'Arnay-le-Duc, d'Autun ou la moyenne vallée du Ternin qui, avec la conjugaison de biefs longs et de volumes dérivés importants, représente sans doute le tronçon le plus sollicité. Comme elle accueille aussi les activités les plus diversifiées, elle fait figure au XIX^e siècle de petite vallée industrielle,

Débits des eaux motrices (l/s)	Bassin de l'Arroux		Bassins des Grosnes	
	Nombre de moulins	Pourcentage	Nombre de moulins	Pourcentage
Q > 1 000	1	1,1 %	0	0 %
800 < Q < 1 000	3	3,3 %	0	0 %
600 < Q < 800	1	1,1 %	2	2,45 %
400 < Q < 600	10	10,9 %	3	3,65 %
200 < Q < 400	25	27,2 %	12	14,65 %
Q < 200	52	56,5 %	65	79,25 %
Total	92	100 %	82	100 %

Tableau 2. Répartition par classes des débits dérivés dans les bassins de la haute Arroux et des Grosnes - Sources : Archives nationales F¹⁰ 5723 (Côte d'Or), F¹⁰ 5755 (Nièvre) et F¹⁰ 5762 (Saône-et-Loire). D'après Météry (2009) et Tscheiller (2014), modifiés

un fait qui est sans aucun doute en rapport avec le marché que représente Autun, distant d'une vingtaine de kilomètres. Toutefois, des sites isolés sont remarquables par l'importance des volumes dérivés. Si on ajoute qu'il n'apparaît pas de nette corrélation entre la longueur des biefs et les volumes dérivés, on doit faire le constat que la pression sur les écoulements est multiforme, variable spatialement, ce qui a déjà été pointé ailleurs (Jacob, 2005).

B. L'inégale répartition de la prairie irriguée

Les statistiques agricoles montrent que la pratique de l'irrigation était très répandue dans toutes les vallées, réalité qui est souvent peu prise en considération en dehors du domaine méditerranéen malgré l'étude que M. Cabouret (1999) a consacrée à la prairie de fauche. Dans nos bassins, il s'agit en effet de prairies où l'apport d'eau visait à accroître la production et permettre la croissance d'un regain et une deuxième coupe. Dès le début du XIX^e siècle, les planches cadastrales témoignent de l'omniprésence de cette pratique, toujours localisée dans le fonds des vallées où, souvent, l'irrigation et l'industrie sont associées le long d'un même bief (Figure 2). Dans le bassin de l'Arroux à l'amont d'Étang-sur-Aroux, les surfaces arrosées s'étendaient sur 7690 ha en 1881, soit 4,4 % de la superficie du bassin ; dans le Mâconnais, elles représentaient respectivement 3,2 % et 2,75 % de la surface des bassins de la Petite Grosne et de la Grosne. La répartition n'est pas uniforme dans l'espace (Figure 6). Elle est peu différenciée dans le Mâconnais, bien que certaines têtes de bassin soient plus fortement marquées par cette pratique que le cours aval de la Grosne ; on y

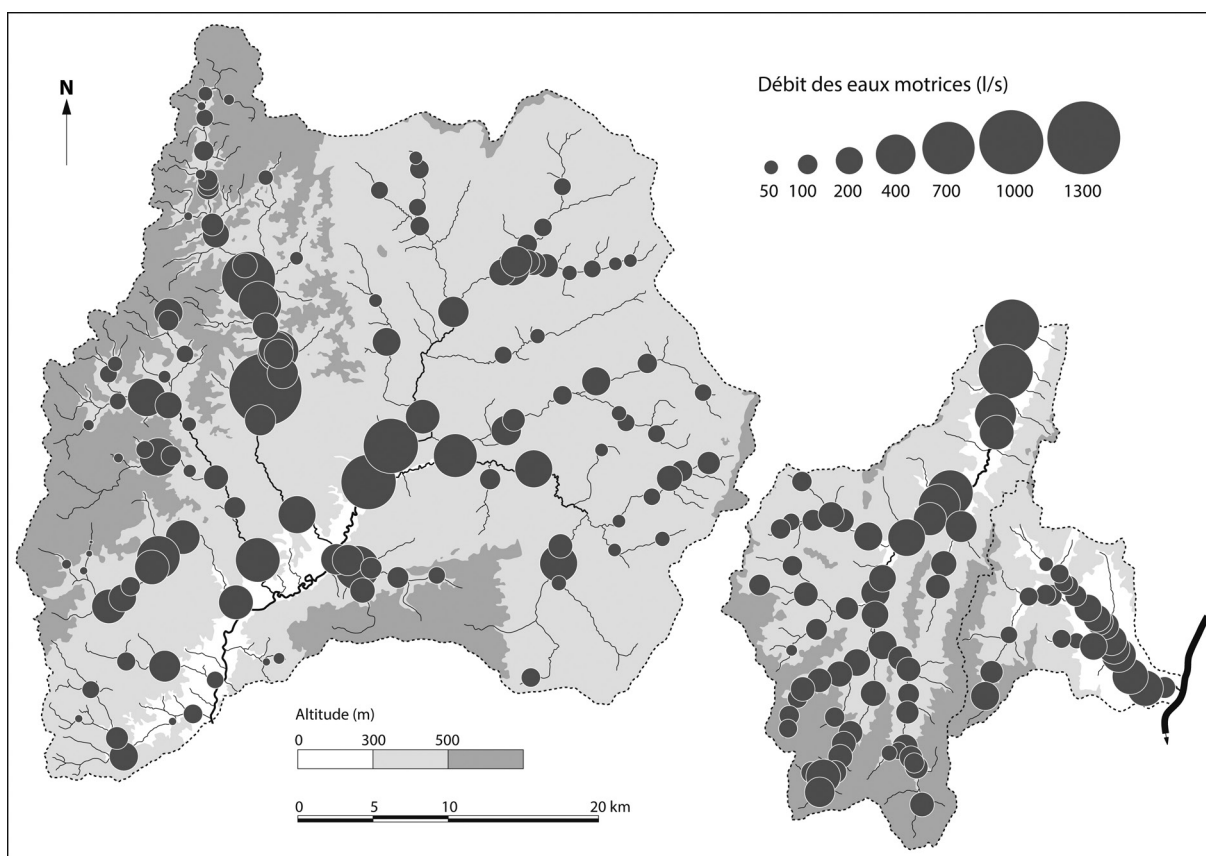


Figure 5. Débits des dérivations industrielles, en l/s, dans les bassins de la haute Arroux (en 1881) et des deux Grosnes (en 1879) - sources : Météry (2009) et Tscheller (2014) modifiés

relève quelques secteurs où les surfaces irriguées représentent entre 7,1 et 9,4 % des surfaces communales. En revanche, dans le bassin de la haute Arroux, le contraste est plus net entre le versant du Morvan et l'Auxois, à l'est, où la pratique reste un peu plus marginale car les prés sont essentiellement arrosés par les crues naturelles (Figure 6).

La prise en compte de l'irrigation contribue à compléter la carte de la pression qui s'exerçait sur la ressource en eau. La combinaison des dérivations industrielles et des prélèvements agricoles produit des situations contrastées d'un sous bassin à un autre. Dans le bassin de l'Arroux, la synthèse montre que c'est le secteur le plus pluvieux qui est le plus sollicité par l'irrigation - notamment la vallée du Ternin où la pression industrielle est déjà forte - plus que l'Auxois et plus encore que le Mâconnais, où les conditions de climat d'abri justifieraient *a priori* davantage cette pratique. Mais le paradoxe n'est qu'apparent, car si la pression existe, c'est précisément parce que la ressource est disponible, ce qui suggère peut-être qu'une certaine limite avait été atteinte ailleurs dans l'exploitation des écoulements naturels.

C. Évolutions de l'équipement industriel du XVIII^e au XX^e siècle

Les statistiques permettent de retracer l'évolution de l'équipement industriel entre le milieu du XVIII^e siècle et celui du XX^e siècle, avec une précision variable dans le temps (Tableau 3). Le nombre élevé de moulins semble un fait acquis dès le début de cette période. Dans la mesure où, comme nous l'avons vu, il s'agit dans une grande majorité de moulins à blé, il n'est pas très surprenant que le XIX^e siècle n'enregistre que peu de variations, contrairement à des régions où le développement du tissu industriel s'est fait en partie au cours de ce siècle (comme nous l'évoquions plus haut à propos du Vivarais). D'une certaine manière, l'équipement semble ici surtout en rapport avec des besoins locaux. Le décompte des moulins sur la carte de Cassini tendrait à confirmer que l'essentiel des sites était déjà équipé dans la deuxième moitié du XVIII^e siècle. Quelques informations disponibles (Météry, 2009) attestent que certains moulins existent dès le XIII^e siècle mais elles n'autorisent aucune étude de leur densité à l'échelle de nos trois bassins, bien que des travaux historiques aient

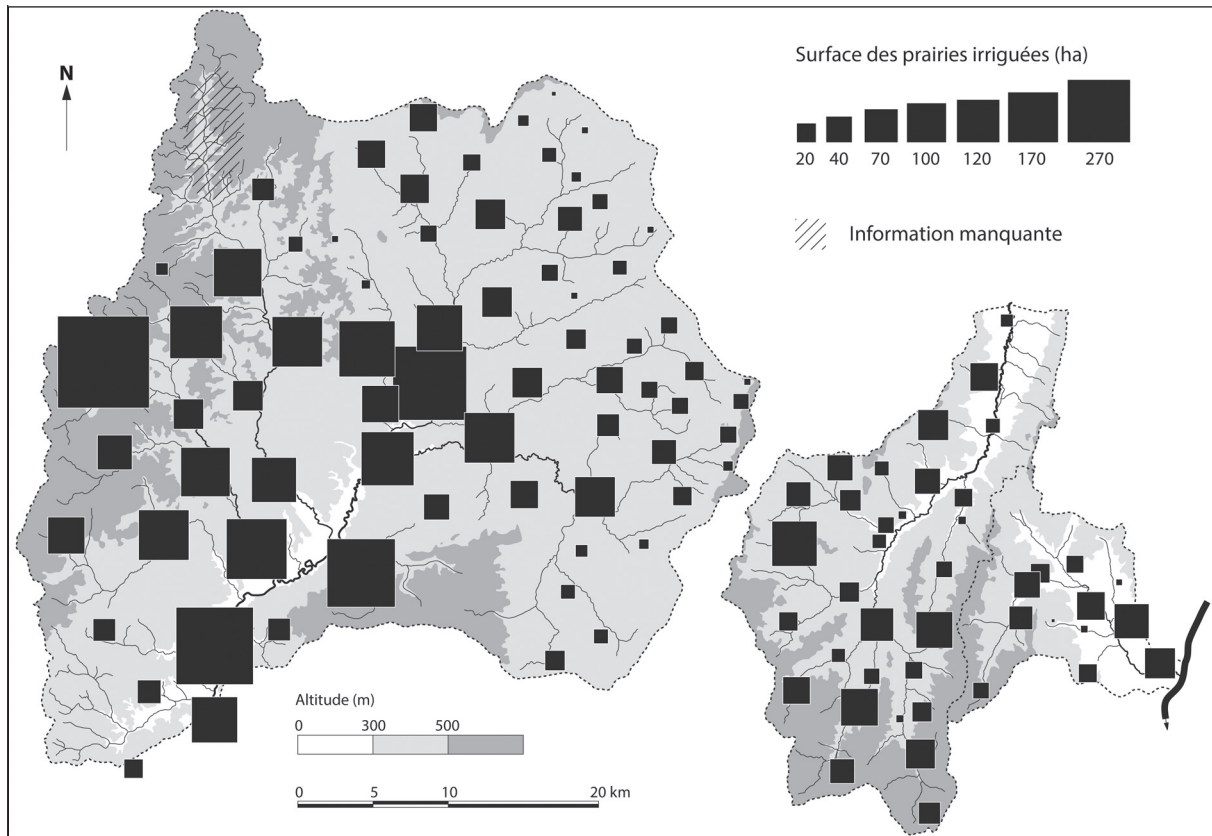


Figure 6. Surfaces des prairies irriguées en hectares par commune, dans les bassins de la haute Arroux (en 1881) et des deux Grosnes (en 1879) - sources : Météry (2009) et Tscheiller (2014), modifiés

montré ailleurs que certaines vallées étaient déjà densément équipées dès l'époque carolingienne (Champion, 1996). En revanche, la baisse sensible qui marque les premières décennies du XX^e siècle est bien documentée par les enquêtes et correspond aux mutations économiques qui s'accélérent après la première guerre mondiale. L'amélioration des transports et l'augmentation de la puissance d'écrasement des minoteries industrielles se conjuguent à la décroissance démographique pour déclasser le moulin familial qui répondait aux seules demandes locales. La statistique de 1926 produit une impression d'effondrement peut-être exagérée car elle ne signale plus que quelques établissements dans l'Arroux alors que l'on en recense à nouveau 35 en 1939 ; sans doute l'enquête de 1926 n'a-t-elle retenu que les minoteries (Météry, 2009) avant que ne fussent enregistrées treize ans plus tard, dans un climat d'incertitudes politiques en Europe, les capacités de production de sites plus modestes qui pouvaient être réactivés en cas de nécessité. Cette évolution n'est pas propre aux trois bassins étudiés : dans le département de la Saône-et-Loire, on recensait 1035 moulins à blé en 1864 contre seulement 333 moulins et minoteries en 1914 (AD 71, 7 S 3 et M 4313).

	1759-1761	1809	1879-1881	1914	1926	1939
Arroux	76	81	87	36	8	35
Grosnes	90	—	82	20	—	14

Tableau 3. Évolution du nombre de moulins en activité dans les bassins des deux Grosnes et de l'Arroux (communes de Saône-et-Loire uniquement) - sources : Carte de Cassini (1759-1761), AN F²⁰ 296 (1809), F¹⁰ 5762 (1879 et 1881) et AD de Saône-et-Loire, M 4313 (1914 et 1926) et 7 S 3 (1939), d'après Météry (2009), modifié

V. PRATIQUES INDUSTRIELLES ET AGRICOLES, CONFLITS AUTOUR DE LA RES-SOURCE HYDRIQUE

Les documents dépouillés éclairent aussi les pratiques hydrauliques et, en particulier, leurs aspects temporels, à l'échelle annuelle ou pluridécennale.

A. Les rythmes annuels de l'irrigation

La période d'irrigation des prairies est assez étendue dans l'année. Entre le 1^{er} novembre et le 1^{er} mars, les précipitations dépassent les besoins de la végétation et les cultivateurs mettaient à profit les

crues pour bénéficier de *limonages fertilisants*. Du 1^{er} mars au 1^{er} novembre, on peut distinguer trois grandes périodes dans le calendrier de l'arrosage des herbages, qui pouvait être réglementé par un droit d'eau (Tableau 4). Au cours de la première période (qui débute en général entre le 1^{er} mars et le 15 avril et s'achève entre le 15 et le 20 mai), on irrigue un jour sur trois à un jour sur deux. Après la première fauchaison, la deuxième période s'étend du 15 juillet au 15 août où l'on arrose plus fréquemment : de 9 à 12 jours par mois. Après la coupe du regain s'ouvre la troisième période qui court du 15 septembre au 1^{er} novembre. La gestion fait alors alterner des phases d'arrosage avec des phases d'herbage (pâturage).

On mesure donc que la pression sur l'eau était susceptible d'être soutenue sur plus de la moitié de l'année, et pas seulement pendant les mois d'été. Si l'on se fie aux documents d'archives, les arrosages, toujours gravitaires, étaient généreux : 50 l/s/ha pour les amendements d'automne et entre 1 l/s/ha à 3 l/s/ha pour les arrosages de printemps et d'été que l'on pratiquait pendant deux à quatre jours consécutifs dans la vallée du Ternin (AD 71, 7 S 110). Dans le Mâconnais, on peut estimer qu'à raison de 18 arrosages par an, qui consommaient chacun 800 à 1000 m³/ha, c'est entre 14 400 et 18 000 m³ qu'il fallait dériver annuellement pour chaque hectare de prairie (AD 71, 7 S 3).

B. Activités et chômages de l'industrie : une approche indirecte

La pression qu'exerçait l'industrie sur les écoulements doit être appréciée en fonction de la fréquence avec laquelle les biefs étaient ouverts

et les roues mises en jeu. Seule une analyse fine de l'activité de chaque usine permettrait de saisir précisément cette réalité, mais cela impliquerait le dépouillement fastidieux de livres de compte privés, à supposer qu'ils aient été tenus régulièrement et surtout conservés. Dans l'état actuel de notre investigation, les statistiques économiques restent le seul moyen, bien qu'indirect et imprécis, de cerner le rythme annuel de l'hydraulique industrielle. Pour chacun des établissements en activité l'enquête statistique de 1914 (AD 71, M 4313) annonce le poids des moutures produites en année moyenne, leur répartition mensuelle ainsi que la capacité de production maximale journalière (fonctionnement continu sur 24 heures). On peut ainsi en tirer certaines informations sur l'activité hydraulique industrielle. D'une part, le rapport entre la production et la capacité d'écrasement des établissements montre que, en moyenne, les minoteries à cylindres travaillent 217 j/an, les minoteries à meules 147 j/an et les petits moulins 102 j/an. Ceci laisse donc la place à un certain nombre de jours chômés, donc en théorie sans dérivation de l'eau, et pourrait amener à conclure à une pression modérée. Cependant, la répartition de la production de moutures est assez constante dans l'année, en dépit d'un léger fléchissement au cours des mois chauds (Figure 7), ce qui montre que les dérivations d'eau avaient cours à tout moment du cycle hydrologique et qu'elles n'évitaient pas les étiages. D'autre part, cette statistique décrit une situation économique déjà bien différente de celle du milieu du XIX^e siècle, époque à laquelle les minoteries modernes n'existaient pas encore et où la production était majoritairement réalisée par de petits moulins plus nombreux mais de moindre productivité journalière. Or, le faible taux d'activité annuelle du petit moulin en 1914

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Janvier																																
Février																																
Mars																																
Avril																																
Mai																																
Juin																																
Juillet																																
Août																																
Septembre																																
Octobre																																
Novembre																																
Décembre																																

Irrigation fertilisante
 Arrosage

Tableau 4. Calendrier de l'arrosage dans le bassin de l'Arroux, d'après un rapport du Service Hydraulique de la Côte d'Or (décembre 1852), d'après Météry (2009), modifié

ne doit pas nous abuser : comme nous l'avons évoqué plus haut, à cette date, il est déjà déclassé par la minoterie et ne tourne plus qu'à bas régime. On a donc des raisons de penser que, plusieurs décennies auparavant, ces moulins fonctionnaient plus souvent, donc dérivait l'eau fréquemment. Par ailleurs, il ne faut pas oublier que la farine ne se conserve pas très longtemps, ce qui implique de la produire au fur et à mesure des besoins, et que certains moulins étaient polyvalents ; entre les jours de mouture s'intercalaient d'autres productions, comme l'huile. Il est ainsi peu probable que les usines aient toujours chômé lors des basses eaux.

C. Les conflits, des révélateurs d'une situation de tension latente ?

Cette impression d'une forte sollicitation des écoulements naturels est confirmée par les litiges ou les conflits que le Service hydraulique dut arbitrer. Le seul fait que toute amélioration technique entreprise par un industriel ait inmanquablement suscité l'inquiétude voire l'opposition des riverains du voisinage témoigne du degré de sensibilité de la société à la question de l'eau. La crainte que le remous d'un barrage rehaussé produisît une submersion de prairies riveraines était un motif récurrent de protestation. Mais les tensions les plus fortes furent relatives au partage des eaux car les dérivations industrielles ou les prélèvements agricoles entraînaient à plusieurs reprises l'assèchement temporaire de certains tronçons de cours d'eau. Ainsi les archives signalent-elles le phénomène dans le Ternin en 1862, l'Arroux à Dracy-Saint-Loup en 1870, le ruisseau de Manlay en 1883, celui de Blanot en 1913 ou encore en 1858 et 1859 dans la Grosne (AD 71, 7 S 3 et 4). En août 1858, un arrêté préfectoral, invoquant une situation de sécheresse exceptionnelle depuis une année et le préjudice que les prélèvements agricoles faisaient subir aux industriels, exige la suppression de tous les barrages agricoles construits sans autorisation, sur toutes les rivières du département de Saône-et-Loire (AD 71, 7 S 4). Trois éléments invitent à accorder une certaine attention à ces épisodes. Ils ne concernent pas seulement des drains de rang inférieur : à Dracy-Saint-Loup l'Arroux draine un bassin de 776 km² tandis que celui de la Grosne dépasse 240 km² dans les communes affectées par l'épisode de 1858. D'autre part, ces crises ne survinrent pas toujours au cœur des années les plus déficitaires. Si les années 1869 et 1870 furent

exceptionnellement sèches en Bourgogne, ce ne fut pas le cas de 1862, 1858, 1859 ou 1883, à peine inférieures à la moyenne (Garnier, 1974). Enfin, c'est toujours la pratique de l'irrigation qui était mise en cause, comme en 1858 ou 1859, point qui confère à ces crises une dimension autre qu'anecdotique ou locale – elles durent au moins plusieurs jours et sont d'une toute autre nature que le seul court-circuitage de l'écoulement naturel par le bief d'un moulin.

VI. VERS UNE QUANTIFICATION DES PRESSIONS SUR LA RESSOURCE

Le traitement des statistiques et des données hydrologiques permet de proposer une première approche quantitative de la pression. À l'échelle des bassins, cette dernière peut être appréciée en faisant le rapport entre les volumes mis en jeu ou prélevés et les débits naturels. Dans le bassin de l'Arroux l'irrigation des 5129 ha de prairies (surfaces de 1881), à raison d'un débit moyen de 2 l/s/ha, nécessitait théoriquement 5,1 m³/s, valeur dépassant celle de l'étiage (4,51 m³/s, moyenne de juillet, août et septembre) et plus encore celle du débit mensuel minimum de fréquence quinquennale (1,27 m³/s). Dans les bassins de la Grosne et de la Petite Grosne, les besoins de l'irrigation étaient respectivement de 1,27 m³/s et 0,4 m³/s pour des valeurs d'étiage estival de 1,45 m³/s et 0,393 m³/s, les minimums mensuels de fréquence quinquennale tombant à 0,25 m³/s et 0,067 m³/s. Il convient certes de considérer qu'une partie de l'eau d'irrigation retournait au chenal par infiltration dans les alluvions et n'était pas prélevée par l'évapotranspiration. Cependant, les valeurs des besoins théoriques et de la ressource moyenne sont toujours très proches, ce qui suggère que l'on avait peut-être atteint un seuil dans l'extension des prés.

Du côté de l'industrie, la somme des volumes mis en jeu dans chaque bassin atteignait ou dépassait le module à l'exutoire : 25,4 m³/s (mais 26,4 si on extrapole en tenant compte des moulins non renseignés par les statistiques) pour un module de 22,4 m³/s à Étang ; 10,46 m³/s pour la Grosne, soit 2,07 fois le module de 5,05 m³/s à Massilly ; 3,32 m³/s, soit 2,57 fois l'écoulement moyen dans la Petite Grosne. Cette maille grossière paraît déjà révélatrice mais peut être complétée par une caractérisation à une échelle plus fine que nous avons menée dans les bassins du Mâconnais.



Figure 7. Répartition mensuelle de la production de moutures en pourcentage de la production annuelle dans le département de Saône-et-Loire, avec le détail des centres statistiques relatifs aux bassins de cette étude - sources : AD de Saône-et-Loire, M 4313 (1914)

A. La pression industrielle

L'approche à l'échelle du bassin, en effet, ne rend pas compte de la variabilité spatio-temporelle des situations de pression. Pour tenter de préciser ces deux aspects, nous avons traité les informations hydrologiques à une échelle plus fine de deux manières. Dans un premier temps, nous avons utilisé les informations du RHT pour simuler les conséquences de la dérivation de l'eau dans les tronçons court-circuités en considérant deux conditions d'écoulement : le module (Q_m) et le quantile de débit mensuel minima annuel sec de période de retour 5 ans ($QMNA5$). La segmentation du réseau en arcs permettait aisément de partager le débit naturel arrivant à une prise d'eau entre le bief et le lit de la rivière ; le critère de partage a été de satisfaire prioritairement l'impératif de production industrielle, donc le bief, en lui affectant le débit annoncé dans la statistique des usines. Par soustraction, on obtenait le débit résiduel dans le chenal naturel. D'autre part, nous avons cherché à exprimer la pression sous forme d'un indicateur de pression, de façon à se dégager des valeurs brutes et pouvoir comparer les sites industriels entre eux. Cet indicateur simple (noté i) est construit de la façon suivante : $i = D \times P$ où D est le pourcentage que représentent les eaux dérivées par rapport au débit naturel, P la longueur du tronçon affecté par ce fonctionnement, exprimée en kilomètres. Les calculs ont été faits pour les situations de Q_m et de $QMNA5$.

Les résultats montrent que, dans les bassins des deux Grosnes, seuls six biefs dérivait la totalité d'un débit naturel de l'ordre du module (Q_m). Encore s'agit-il de cas assez particuliers : trois moulins de tête de bassin dans la Grosne, qui avaient le fonctionnement par éclusées typique de ces localisations d'amont, et trois moulins situés dans un affluent de la Petite Grosne, où l'écoulement est amoindri par des pertes karstiques (Figure 8). En revanche, en situation d'étiage (analyse sur le $QMNA5$) 51 des 81 moulins étudiés (dont 19 sur les 24 installés sur la seule Petite Grosne) dérivait tout l'écoulement et asséchaient le tronçon naturel court-circuité, sans que cela suffise pourtant à actionner les roues dans certains sites. Ces simulations présentent certes une situation théorique, qui pouvait correspondre dans les faits à une pénurie entraînant la mise en chômage des usines.

Cependant la nécessité de mouler les grains ou de fabriquer des outils même au cœur des étés secs, que nous avons mise en évidence plus haut et qui constituait le ressort de nombreux conflits entre industriels et irrigants, conduisait à devoir dériver l'eau malgré tout. On comprend ainsi que lorsque ces conditions se présentaient, on avait recours à un mode de fonctionnement par éclusée pour maintenir la production, ne fût-ce que pour quelques heures.

La cartographie des indices de pression fait apparaître des situations contrastées (Figure 9). Les

indices restent faibles en situation d'écoulement moyen, mais augmentent logiquement en situation d'étiage. C'est là qu'apparaît assez bien la variabilité spatiale du phénomène, qui tient autant aux discontinuités de l'écoulement qu'induisaient les prélèvements qu'à la longueur inégale des biefs. Les contrastes apparaissent aussi d'un sous bassin à l'autre. Dans le cas de la Grosne non représentée ici, les tronçons sont très diversement affectés, sans qu'une régularité spatiale puisse être décelée depuis les têtes de bassin jusqu'à la vallée principale.

B. La pression agricole

Une démarche similaire a été entreprise pour caractériser la pression que pouvait exercer l'irrigation dans les bassins du Mâconnais. Afin de prendre en considération les aspects hydrologiques que n'indique pas la part occupée par les prairies dans les surfaces communales, nous avons élaboré un autre indice qui se définit comme suit : $I = P/L \times 1000$ où P est le pourcentage d'eau prélevée par rapport au Q_m donné par le RHT, L la longueur du tronçon de cours d'eau concerné par les prélèvements (traversant les prairies) ; 1000 est un facteur de multiplication destiné à simplifier la lecture des valeurs. Le débit prélevé par l'irrigation a été calculé à raison d'1 l/s/ha, valeur estimée par les ingénieurs

des Ponts et Chaussées au XIX^e siècle. Cet indice permet de s'affranchir des variations de surface des communes et, en introduisant la longueur du tronçon, de tenir compte de façon qualitative du retour des eaux d'irrigation par percolation.

La carte (Figure 10) fait apparaître une pression inégalement répartie dans l'espace et dont la structure diffère sensiblement de la carte des surfaces irriguées par commune et par cours d'eau (Figure 6). On observe en effet que les indices les plus élevés se situent dans les têtes de bassin de la Grosne et de ses affluents, à l'amont de la branche principale où les indices de pression sont particulièrement faibles. Ces variations peuvent être en partie liées à la position des prairies dans l'espace : dans les fonds de vallées, elles n'occupent qu'une bande alluviale étirée le long du cours d'eau alors que dans les têtes de bassins, elles tapissent tous les vallons en remontant sur le pied des versants, ce qui confère une plus grande compacité à une surface donnée. Dans une certaine mesure cela peut avoir des conséquences sur les écoulements puisque la surface irriguée est proportionnellement plus importante par rapport à la longueur des drains et à la surface des bassins, bien que les débits spécifiques soient plus élevés à l'amont. Il nous semble intéressant de relever que les plaintes relatives aux assecs estivaux de

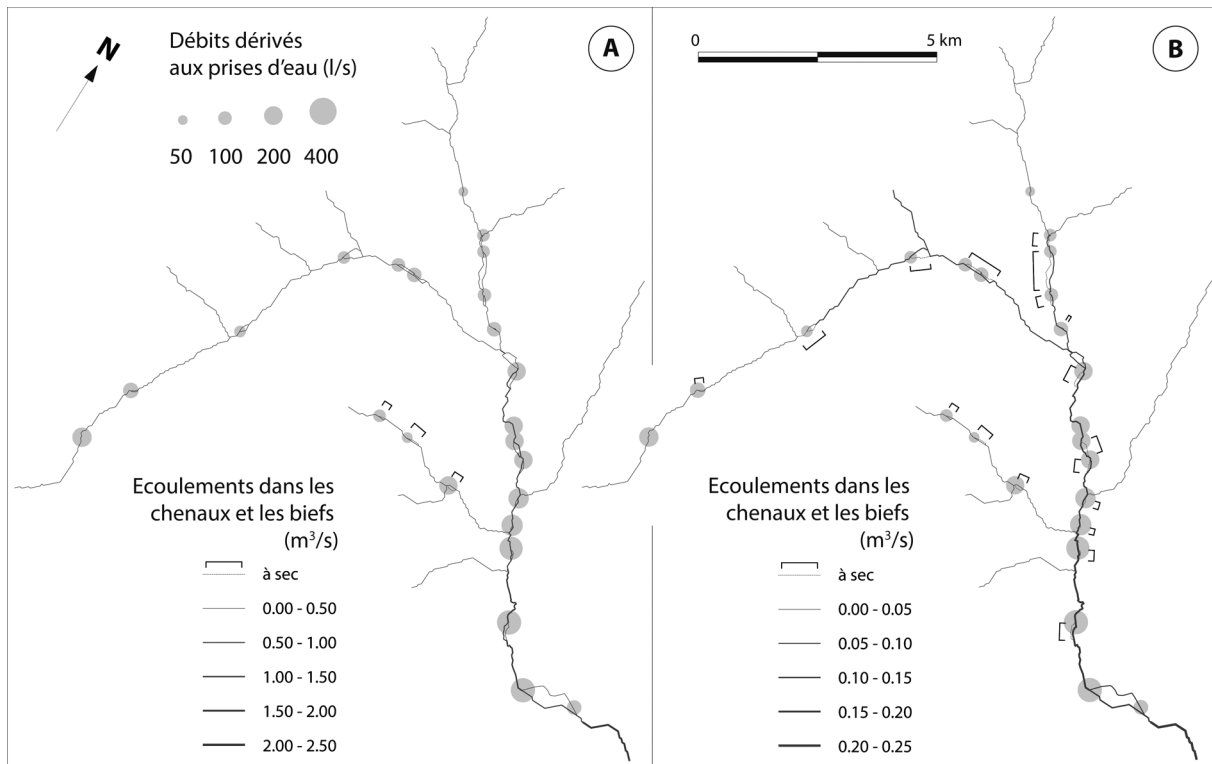


Figure 8. Simulation de l'influence des dérivations industrielles du XIX^e siècle sur les écoulements de la Petite Grosne, en situation de Q_m (1) et de Q_{MNA5} (2), d'après Tscheiller (2014), modifié

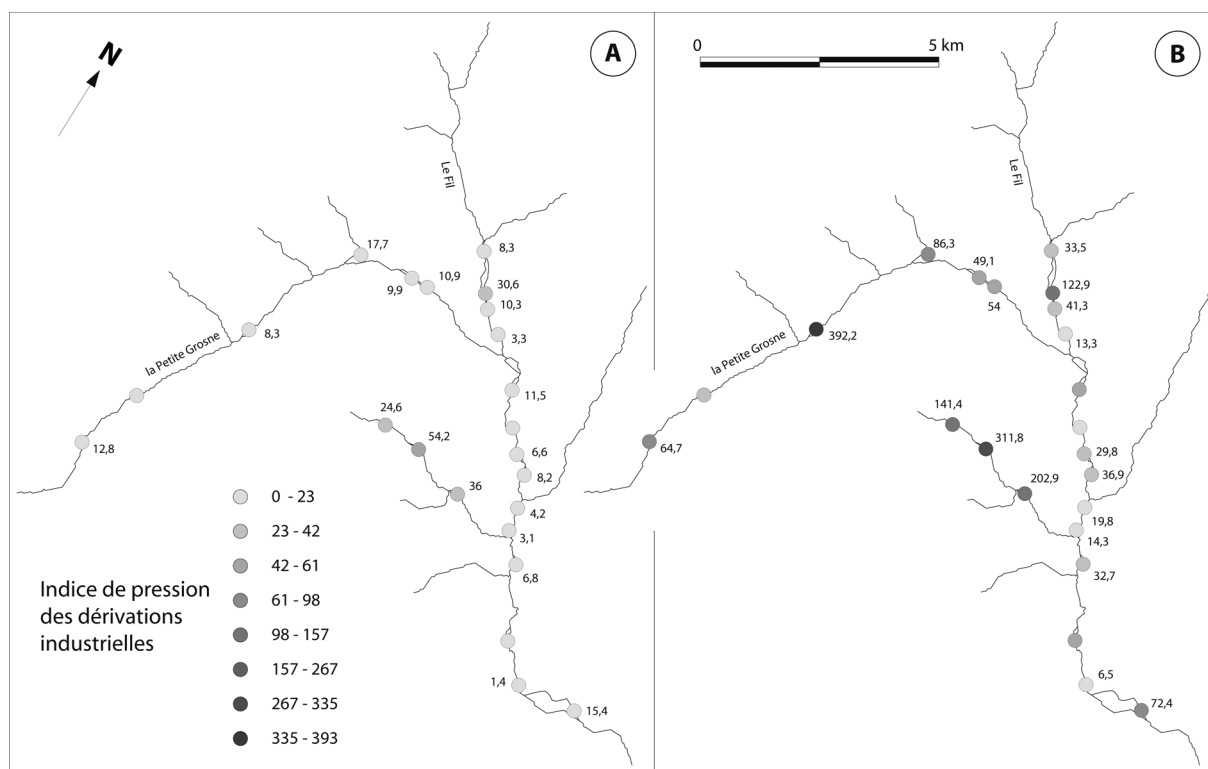


Figure 9. Indices de pression de l'activité industrielle du XIX^e siècle sur les écoulements de la Petite Grosne, en situation de Qm (1) et de QMNA5 (2), d'après Tscheiller (2014), modifié

1858 et 1859 et incriminant « *les propriétaires des communes supérieures* » émanèrent précisément d'un secteur circonscrit par cette auréole de fortes pressions (Figure 10).

VII. DISCUSSION – CONCLUSION

Les documents et informations utilisés montrent que l'exploitation agricole et industrielle des eaux au XIX^e siècle engendrait une pression non négligeable sur les écoulements. Les éléments de plusieurs ordres (statistiques, textuels, hydrologiques) semblent assez concordants et permettent même d'envisager les aspects spatiaux. Comme l'ont montré les travaux qui ont déjà été menés sur cette question (Berger, 1998 ; Jacob, 2005), les pratiques agricoles sollicitaient fortement les écoulements et aggravaient les situations de faible débit. À bien des égards, l'équipement industriel comme l'extension des prés paraissent avoir été étroitement ajustés aux ressources, induisant une tension latente qui commence à se relâcher dans les premières décennies du XX^e siècle, avec les recompositions démographiques et économiques de l'Entre-deux-guerres ; les conflits disparaissent alors des archives. L'impression qu'une situation de blocage avaient été atteinte avant 1914 concorde

avec le diagnostic pessimiste que firent maints ingénieurs du Service hydraulique au XIX^e siècle : les conflits, les droits d'eau préexistants, la densité des prises d'eau ne permettaient plus guère à de nouvelles initiatives ou à des projets d'irrigation collective de s'immiscer dans des espaces hydroagricoles saturés (Jacob-Rousseau, 2015). Ceci invite à considérer aussi avec un autre regard le passé des hydrosystèmes, qui n'étaient pas exempts de fortes perturbations ou de discontinuités de l'écoulement. D'autre part, la déprise rurale et industrielle fait que les écoulements sont aujourd'hui bien moins sollicités dans ces bassins qu'ils l'étaient à la fin du XIX^e siècle.

Au stade actuel de notre approche, la mesure demeure grossière et partiellement quantitative. En croisant les sources textuelles, économiques et hydrauliques nous faisons l'hypothèse que la pression pouvait être forte même en situation d'étiage, en particulier parce que les rythmes et les impératifs économiques ne pouvaient jamais correspondre pleinement avec la variabilité naturelle de l'écoulement. Toutefois, de nombreuses incertitudes persistent du fait d'une méconnaissance de la fréquence et de la durée des dérivations industrielles ou agricoles, du fait, aussi, d'une impossibilité à restituer précisément les conditions

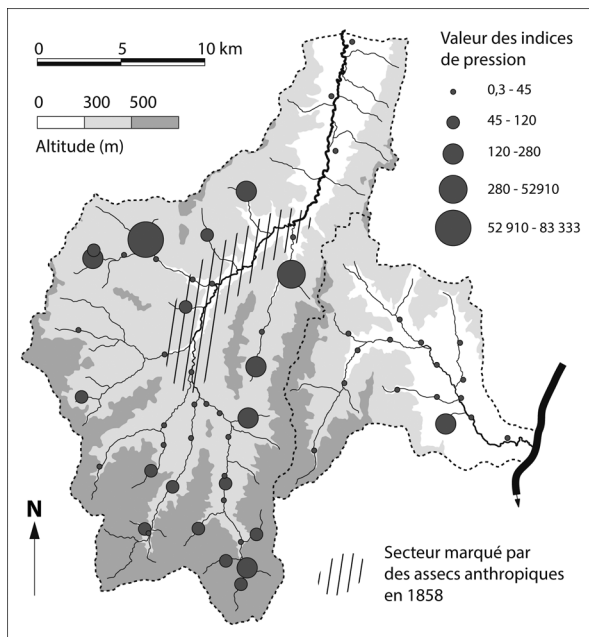


Figure 10. Indices de pression de la prairie irriguée au XIX^e siècle sur les écoulements de la Grosne et de la Petite Grosne, d'après Tscheller (2014), modifié

hydroclimatiques anciennes. Pour l'heure, faute d'une modélisation ou d'une analyse statistique plus poussée de séries hydrométriques, on ne peut donc approcher qu'imparfaitement la fréquence des perturbations, notamment dans les tronçons court-circuités. L'analyse des niveaux de pression suggère aussi que ces perturbations étaient variées dans l'espace mais elle ne prend en compte ici que la part dérivée du débit naturel et la longueur du tronçon affecté. Il conviendrait de tenir compte des pratiques propres à chaque usinier pour saisir plus nettement une réalité qui fut sans aucun doute multiforme. Les pressions agricoles se révèlent enfin les plus difficiles à estimer, faute de pouvoir disposer de véritables évaluations des prélèvements au XIX^e siècle.

Néanmoins, l'intérêt de ces sources est de permettre d'aborder la pression qui s'exerçait jadis et de mettre en évidence les discontinuités de l'écoulement qui en résultaient. On ne pourrait les déduire du seul inventaire des ouvrages existant encore à l'heure actuelle car cet héritage reste muet sur les aspects quantitatifs de la gestion de l'eau. Or, tout autant que les obstacles transversaux, les volumes mis en jeu font partie intégrante de la pression et contribuent même à définir sa structure spatiale dans les limites du bassin versant. Ils sont à nos yeux un critère d'analyse pertinent des systèmes hydro-agricoles, notamment parce que la variabilité spatiale de la

pression peut éclairer les situations de tensions ou de conflits sur l'exploitation de la ressource hydrique, au même titre que les concurrences économiques ou les conflits fonciers ou politiques locaux. En ce sens, les archives exploitées apportent, aux côtés des deux dimensions - juridique et technique - bien distinguées par Brunhes (1904), la dimension hydrologique proprement dite, c'est-à-dire quantitative et géographique, en définitive, environnementale.

Ces archives ouvriront peut-être d'autres perspectives scientifiques dans le domaine de l'hydrologie historique. Les récents développements de l'histoire du climat ont, d'une part bien amélioré l'identification des séquences sèches anciennes (Martin-Vide et Barriendos, 1995 ; Piervitali et Colacino, 2001 ; Garnier, 2010), d'autre part proposé d'évaluer les réactions sociales aux événements climatiques du passé (Pfister, 2010). Or, les deux questions sont liées car les méthodes de l'histoire sérielle reposent essentiellement sur la collecte de mentions ou de plaintes relatives à des événements ou des calamités hydroclimatiques. Il nous faut donc postuler que la sensibilité d'une société à ces phénomènes a pu varier au cours du temps, précisément parce que cette société pouvait exercer une pression variable sur la ressource ; on sait par exemple que certaines situations de pénurie au cours du XIX^e siècle eurent une composante sociale (Jacob-Rousseau, 2005). À cet égard, une meilleure connaissance des conditions de l'exploitation de l'eau dans le passé pourrait apporter un éclairage critique sur les sources utilisées pour l'histoire du climat. Enfin, des chercheurs orientent actuellement leurs prospectives sur la disponibilité de la ressource hydrique, afin d'envisager les conséquences d'une évolution des précipitations liée au changement climatique global. Le développement de ces modèles prédictifs conduit à mener une rétroanalyse des étiages anciens, fondée sur les longues séries pluviométriques disponibles (Duband, 2010 ; Vidal *et al.*, 2010), notamment à évaluer les relations entre les séquences sèches et les étiages extrêmes. Ne faudrait-il pas tenter de mesurer la part que pouvaient prendre les prélèvements anciens dans les basses-eaux ?

BIBLIOGRAPHIE

Adam, P., Debiais, N. & Malavoï, JR. (2007). *Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau*. Agence de l'eau Seine-Normandie, Paris.

- Balestrat, M. & Thérond O. (2014). Enjeux de la gestion quantitative de l'eau en France. Quels données et outils de modélisation pour les institutions publiques en charge de la gestion des étiages ? Rapport d'étude, ONEMA et INRA, 75 p.
- Barraud, R. (2007). *Vers un « tiers-paysage » ? Géographie paysagère des fonds de vallées sud-armoricaines. Héritage, évolution, adaptation*. Thèse de géographie, Université de Nantes, 407 p.
- Barraud, R. (2009). La rivière aménagée et le moulin à eau. Un héritage en déshérence ? Trajectoires, modèles et projets de paysages. Exemples des vallées sud-armoricaines. *Bulletin de l'Association de géographes Français*, 86(1), 32-45.
- Benoît, P., Berthier, K., Boët, P. & Rézé, Ch. (2004). Les aménagements hydrauliques liés au flottage du bois, leur impact sur le milieu fluvial (XVI^e-XVIII^e s.). In Burnouf J. & Leveau P. (dir) *Fleuves et marais, une histoire au croisement de la nature et de la culture*, CTHS, 311-320.
- Berger, L. (1998). *Développement et ressources en eau dans trois vallées de la bordure orientale du Massif central (XIX^e-XX^e siècle), la Turdine, le Gier et la Cance*. Thèse de géographie, Université de Paris IV-Sorbonne, 583 p.
- Berger, L. (1999). Annonay et la Cance vers 1880 : impacts hydrologiques et écologiques d'une ville industrielle. In Regrain R. & Auphan E. (ed) *L'eau et la ville*, CTHS, Paris, 175-196.
- Bloch, M. (1935). Avènement et conquête du moulin à eau. *Annales d'histoire économique et sociale*, 7, 538-563.
- Bravard, J.-P. & Magny, M. (dir.) (2002). *Les fleuves ont une histoire. Paléoenvironnements des rivières et des lacs français depuis 15000 ans*. Éditions Errance, Paris, 279-294.
- Brunhes, J. (1904). *L'Irrigation. Ses conditions géographiques, ses méthodes, son organisation dans la péninsule ibérique et dans l'Afrique du Nord : étude de géographie humaine*. Naud, Paris, 579 p.
- Burnouf, J. & Leveau, P. (dir.) (2004). *Fleuves et marais, une histoire au croisement de la nature et de la culture. Sociétés préindustrielles et milieux fluviaux, lacustres et palustres : pratiques sociales et hydro-systèmes*. CTHS, Paris, 493 p.
- Cabouret, M. (1999). *L'irrigation des prés de fauche en Europe occidentale, centrale et septentrionale*. Paris, Karthala, 319 p.
- Catalogne, C. & Sauquet, E. (2012). Cartographie des débits de référence – Interpolation des caractéristiques d'étiage. Rapport Irstea-Onema, 60 p.
- Champion, E. (1996). Moulins et meuniers carolingiens dans les polyptiques entre Loire et Rhin. Paris, *AE-DEH*, coll. « Histoire et patrimoine », 59-61.
- Corbonnois, J. & Tchékpo, W. (2013). Quel devenir pour les ouvrages hydrauliques installés sur les cours d'eau du bassin de la Maine ? *Noroi*, 228, 27-38.
- Duband, D. (2010). Rétrospective hydro-pluviométrique des étiages rares depuis 140 ans, dans l'ouest de l'Europe (bassins Loire, Seine, Rhin, Rhône, Pô). *La Houille Blanche*, 4, 51-59.
- Fabre, J. & Pelte, T. (2013). *Étude de caractérisation des vulnérabilités du bassin Rhône-Méditerranée aux incidences du changement climatique dans le domaine de l'eau*. Rapport de l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, Lyon, 48 p.
- Garnier, E. (2010). Bassesse extraordinaire des eaux et grandes chaleurs. 500 ans de sécheresses et de chaleurs en France et dans les pays limitrophes. *La Houille Blanche*, 4, 6-12.
- Garnier, M. (1974). Longues séries de mesures de précipitations en France (Zone 3). *Mémorial de la météorologie nationale*, n° 53, 114 p.
- Germaine, M.-A. & Barraud, R. (2013a). Les rivières de l'Ouest de la France sont-elles seulement des infrastructures naturelles ? Les modèles de gestion à l'épreuve de la DCE, *Natures Sciences Sociétés*, 21/3, 373-384, <http://www.nss-journal.org/articles/nss/abs/first/nss140003/nss140003.html>
- Germaine, M.-A. & Barraud, R. (2013b). Restauration écologique et processus de patrimonialisation des rivières dans l'ouest de la France, *Vertigo, Revue électronique en sciences de l'environnement*, <http://vertigo.revues.org/13583>
- Jacob, N. (2003). Les vallées en gorges de la Cévenne vivaraise : montagne de sable et château d'eau. Thèse de géographie et aménagement, Université Paris IV-Sorbonne, 459 p.
- Jacob, N. (2005). Prélèvements hydriques de l'agriculture et de l'industrie en Cévenne vivaraise depuis le XIX^e siècle : l'apport des archives à la gestion contemporaine. *La Houille Blanche Revue Internationale de l'Eau*, 3, 97-102.
- Jacob-Rousseau, N. (2005). Aspects de la pénurie hydrique et de sa gestion dans la Cévenne vivaraise au XIX^e siècle. *Géocarrefour*, 80(4), 297-308.
- Jacob-Rousseau, N. (2015). Water diversions, environmental impacts and social conflicts: the contribution of quantitative archives to the history of hydraulics. French cases (19th century). *Water History*, 7(1), 101-129.
- Lespez, L. (dir.) (2012). *Paysages et gestion de l'eau. Sept millénaires d'histoire de vallées et de plaines littorales en Basse-Normandie*. Presses universitaires de Caen, Caen, 333 p.
- Lespez, L., Garnier, E., Cador, J.-M. & Rocard, D. (2005). Les aménagements hydrauliques et la dynamique des paysages des petits cours d'eau depuis le XVIII^e dans le Nord-Ouest de la France : l'exemple du bassin versant de la Seulles (Calvados). *Aestuarina*, 7, « La rivière aménagée entre héritages et modernité. Formes, techniques et mise en œuvre », 89-109.
- Lespez, L., Viel, V., Cador, J.-M., Germaine, M.-A., Germain-Vallée, C., Rollet, A.-J. & Delahaye, D. (2013). Environmental dynamics of small rivers in Normandy (western France) since the Neolithic era.

- What lessons for today in the context of the European Water Framework Directive? In Arnaud-Fassetta G., Masson E., Reynard E. (dir.), *European Continental Hydrosystems under Changing Water Policy*, Friedrich Pfeil Verlag, München, 71-90.
- Lucas, A. (2005). *Wind, Water, Work: Ancient And Medieval Milling Technology (Technology and Change in History)*. Brill Academic Publishers, Leiden, 439 p.
- Malavoi, J.-R. & Salgues, D. (2010). *Arasement et dérasement de seuils, Aide à la définition de cahier des charges pour les études de faisabilité*. Onema/Cemagref, 83 p.
- Martín-Vide, J. & Barriendos, M. (1995). The use of rogation ceremony records in climatic reconstruction : a case study from Catalonia (Spain). *Climatic Change*, 30, 201-221.
- Météry, F. (2009). *L'industrie hydraulique en milieu rural : l'exemple de la vallée de la haute Arroux (Morvan), aux XIX^e – XX^e siècles*. Mémoire de maîtrise de géographie, université Lumière (Lyon 2), 101 p. + annexes.
- Morel, Y. (2002). *Les maîtres du fil. Histoire du moulinage vivarois du XVIII^e siècle à nos jours*. Mémoire d'Ardèche et Temps Présent et Conseil Général de l'Ardèche, Privas, 679 et 343 p + annexes.
- Mousnier, M. (Ed) (2002). *Moulins et meuniers dans les campagnes européennes (IX^e- XVIII^e siècle)*. Presses universitaires du Mirail, Toulouse, 286 p.
- Palsky, G. (1996). *Des chiffres et des cartes. La cartographie quantitative au XIX^e siècle*. CTHS, Paris.
- Pella, H., Lejot, J., Lamouroux, N. & Snelder, T. (2012). Le réseau hydrographique théorique (RHT) français et ses attributs environnementaux. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 3, 317-336.
- Pfister, C. (2010). The vulnerability of past societies to climatic variation : a new focus for historical climatology in the twenty-first century. *Climatic Change*, 100, 25-31.
- Piervitali, E. & Colacino, M. (2001). Evidence of drought in western Sicily during the period 1565-1915 from liturgical offices. *Climatic Change*, 49, 225-238.
- Poux, A.-S., Gob, F. & Jacob-Rousseau, N. (2011). Reconstitution des débits des crues artificielles destinées au flottage du bois dans le massif du Morvan (centre de la France, XVI^e-XIX^e siècles) d'après les documents d'archive et la géomorphologie de terrain. *Géomorphologie : Relief, processus, environnement*, 2, 143-156.
- Richard-Schott, F. (2010). *L'irrigation dans le bassin du Rhône - Gestion de l'information géographique sur les ressources en eau et leurs usages*. Thèse de géographie, Université de Lyon, 596 p.
- Sauquet, E. (2006). Mapping mean annual river discharges: geostatistical developments for incorporating river network dependencies. *Journal of Hydrology*, 331, 300-314.
- Sauquet, E. & Catalogne, C. (2011). Comparison of catchment grouping methods for flow duration curve estimation at ungauged sites in France. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15, 2421-2435.
- Tscheiller, C. (2014). *Estimation des prélèvements en eau et de leurs impacts sur les écoulements dans la seconde moitié du XIX^e siècle dans les bassins-versants de la Grosne et de la Petite Grosne*. Mémoire de master de géographie, université Lumière Lyon 2, 100 p. + annexes.
- Vidal, J.-P., Martin, E., Franchistéguy, L., Habets, F., Soubeyroux, J.-M., Blanchard, M. & Baillon, M. (2010). Multilevel and multiscale drought reanalysis over France with the Safran-Isba-Modcou hydro-meteorological suite. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14, 459-478.
- Walter, R.C. & Merritts, D.J. (2008). Natural streams and the legacy of water-powered mills. *Science*, 319, 299-304.

Coordonnées des auteurs :

Nicolas JACOB-ROUSSEAU
 Université Lumière Lyon 2
 UFR Temps et Territoires
 Campus Porte-des-Alpes
 5 avenue Pierre Mendès-France
 F-69676 Bron
 UMR 5133 « Archéorient », CNRS
 Nicolas.Jacob@univ-lyon2.fr

Charles TSCHEILLER
 Université Lumière Lyon 2
 UFR Temps et Territoires
 Campus Porte-des-Alpes
 5 avenue Pierre Mendès-France
 F-69676 Bron
 charlestscheiller@live.fr

Fabien MÉTÉRY
 Université Lumière Lyon 2
 UFR Temps et Territoires
 Campus Porte-des-Alpes
 5 avenue Pierre Mendès-France
 F-69676 Bron
 f.metry@live.fr

Oldrich NAVRATIL
 Université Lumière Lyon 2
 UFR Temps et Territoires
 Campus Porte-des-Alpes
 5 avenue Pierre Mendès-France
 F-69676 Bron
 IRG UMR 5600 « EVS », CNRS
 Oldrich.Navratil@univ-lyon2.fr