



HAL
open science

Stratégies d'adaptation et réduction de la vulnérabilité : Exemples de l'évolution des rives dans la vallée du Rhône et de la Saône

Gwenaël Jouannic, Julien Gargani, Tiffany Legendre, Philippe Gastaud, Zehir Kolli, Denis Crozier, Fabrice Arki

► To cite this version:

Gwenaël Jouannic, Julien Gargani, Tiffany Legendre, Philippe Gastaud, Zehir Kolli, et al.. Stratégies d'adaptation et réduction de la vulnérabilité : Exemples de l'évolution des rives dans la vallée du Rhône et de la Saône. *Espace Populations Sociétés*, 2017, 2016/3, 10.4000/eps.7011 . hal-01713285

HAL Id: hal-01713285

<https://hal.science/hal-01713285>

Submitted on 20 Feb 2018

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.



Espace populations sociétés

Space populations societies

2016/3 | 2017

Interroger et comprendre les effets d'échelles de la vulnérabilité

Stratégies d'adaptation et réduction de la vulnérabilité

Exemples de l'évolution des rives dans la vallée du Rhône et de la Saône

Gwenaël Jouannic, Julien Gargani, Tiffany Legendre, Philippe Gastaud, Zéhir Kolli, Denis Crozier et Fabrice Arki



Éditeur

Université des Sciences et Technologies de Lille

Édition électronique

URL : <http://eps.revues.org/7011>

DOI : 10.4000/eps.7011

ISSN : 2104-3752

Référence électronique

Gwenaël Jouannic, Julien Gargani, Tiffany Legendre, Philippe Gastaud, Zéhir Kolli, Denis Crozier et Fabrice Arki, « Stratégies d'adaptation et réduction de la vulnérabilité », *Espace populations sociétés* [En ligne], 2016/3 | 2017, mis en ligne le 31 janvier 2017, consulté le 12 avril 2017. URL : <http://eps.revues.org/7011> ; DOI : 10.4000/eps.7011

Ce document a été généré automatiquement le 12 avril 2017.



Espace Populations Sociétés est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

Stratégies d'adaptation et réduction de la vulnérabilité

Exemples de l'évolution des rives dans la vallée du Rhône et de la Saône

Gwenaël Jouannic, Julien Gargani, Tiffany Legendre, Philippe Gastaud, Zéhir Kolli, Denis Crozier et Fabrice Arki

Les auteurs tiennent à remercier la DREAL Rhône-Alpes, le Grand Chalon, la DDT 71, la DREAL Bourgogne et Syndicat Mixte du SCoT Rives du Rhône pour le partage des données et les nombreux échanges qui ont permis de mener à terme cette étude. Les auteurs tiennent à remercier les 2 relecteurs anonymes dont les commentaires avisés ont permis d'améliorer le contenu et la structure de ce travail.

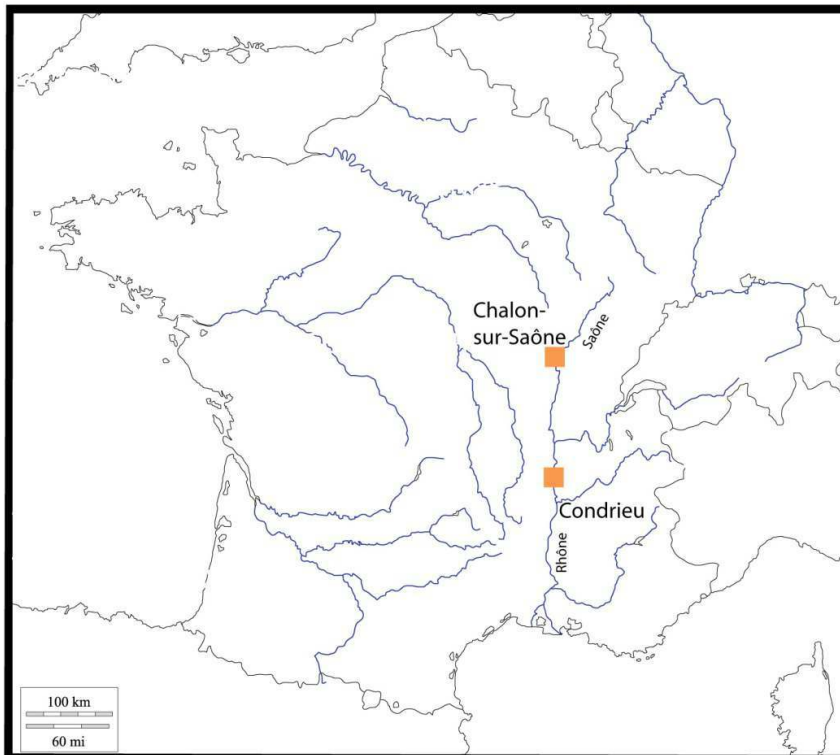
Introduction

- 1 Les efforts pour réduire la vulnérabilité des zones inondables n'ont eu que peu d'effets significatifs ces dernières années. La constante augmentation du nombre de logements construits en zone inondable en France renforce ce constat [Laporte, 2009 ; MEDAD, 2008]. Ainsi, sur la partie moyenne de la Loire (entre Nevers et Angers), la population vivant en zone inondable est passée, entre 1950 et 2002, de 120 000 à plus de 300 000 personnes [Dégardin, 2002]. Certains éléments permettent de penser que l'augmentation des coûts des dommages continuera à se poursuivre dans les années à venir [Veyret et Laganier, 2013] telles la concentration croissante des enjeux en zones vulnérables – comme dans les franges littorales ou à proximité des cours d'eau - ou encore la probable aggravation des événements extrêmes (fréquence et intensité) due au changement climatique [GIEC, 2013]. Afin de comprendre pourquoi les territoires rencontrent d'importantes difficultés techniques, organisationnelles, politiques ou simplement opérationnelles pour mener des actions de réduction de la vulnérabilité, nous avons voulu étudier les stratégies d'occupation des sols sur le temps long. Cette mise en perspective vise à la fois à mieux comprendre comment les sociétés ont choisi d'évoluer au contact des fleuves et quelles

stratégies d'adaptation elles ont mis en place pour réduire leur vulnérabilité face aux inondations, si elles l'ont fait.

- 2 L'impact d'une inondation peut être lié à l'extension de la crue et à sa durée. Les échelles spatiales et temporelles affectées par les inondations sont très variables. Certaines grandes inondations historiques sont connues pour avoir duré plusieurs mois et submergé des espaces très vastes. En janvier et février 1910, la Seine a largement débordé de son lit et l'inondation a duré 2 mois [MEDTL, 2011a]. Toutefois, en France, les crues les plus meurtrières sont souvent de durée et d'extension moindres. Les crues éclair dans les petits vallons encaissés causent souvent des morts car la montée des eaux y est rapide et surprend souvent les riverains chez eux ou lors de leurs déplacements [Vinet *et al.*, 2011]. Lors des inondations de Vaison-La-Romaine, le 22 septembre 1992, 300 mm d'eau sont tombés, dont 150 mm en moins de 2 heures, dans le bassin versant de l'Ouvèze et ont provoqué la mort de 41 personnes et l'endommagement de 320 maisons [MEDTL, 2011b].
- 3 La vulnérabilité n'est pas un élément fixe dans le temps. C'est pourquoi il est important d'aborder l'histoire des territoires, leurs trajectoires économiques et sociales, afin de comprendre comment, à des époques différentes, ces territoires et ces sociétés ont choisi de s'adapter à leur environnement ou/et d'accepter plus ou moins les risques environnementaux.
- 4 La difficulté des problèmes traitant de la réduction de la vulnérabilité tient non seulement à ce qu'elle dépend du type d'aléa (et c'est pour cela que nous nous restreignons au cas des inondations), mais elle vient aussi de l'inhomogénéité des territoires. Un même événement (débits identiques) provoque des dégâts différents en fonction des territoires concernés. Pour analyser la vulnérabilité et essayer de comprendre les stratégies d'adaptation mises en œuvre plus ou moins consciemment, nous avons choisi de circonscrire les zones d'études à des territoires de périmètre restreint. Cette approche locale vise aussi à mieux poser les bases d'une réflexion sur les diagnostics de vulnérabilité à partir d'observations sur le temps long. Nous avons choisi d'étudier deux territoires (figure 1) situés dans la vallée du Rhône (Condrieu, figure 2A) et de la Saône (Chalon-sur-Saône, figure 2B) qui ont connu des mutations non négligeables lors des 50 dernières années en relation avec une dynamique de périurbanisation dans le cas de Condrieu et une dynamique de réorganisation urbaine dans le cas de Chalon-sur-Saône.

Figure 1. Localisation des 2 sites d'étude, Chalon-sur-Saône en Saône-et-Loire (71) et Condrieu dans le Rhône (69)



- 5 Afin de répondre à ces questions de l'adaptation et de l'acceptabilité du risque, nous proposons de décrire les vulnérabilités passées et présentes aux risques d'inondation sur ces deux territoires. En croisant ces observations avec les trajectoires économiques et démographiques des territoires concernés, nous analyserons les sources de vulnérabilité sociales et physiques. Cette approche nous permettra de discuter les modes d'adaptation de ces territoires au cours du temps.

1. Inondation et vulnérabilité

1.1. Définitions

- 6 En étude et gestion des risques (cyndinique), la vulnérabilité d'un groupe, d'un élément bâti ou d'une zone géographique est le point faible de cette entité (i.e. un groupe de personnes, un élément bâti, un territoire). Deux dimensions sont souvent distinguées : la vulnérabilité biophysique et la vulnérabilité sociale [Reghezza, 2006]. Lorsqu'elle est associée à la notion d'endommagement et à la question de l'évaluation des dommages matériels et à l'économie, la vulnérabilité biophysique (mesurable) relève souvent des sciences de l'ingénieur, contrairement à la vulnérabilité sociale (problèmes organisationnels/fonctionnels, problèmes sociaux ou psychologiques), qui relève plutôt des sciences humaines et sociales.
- 7 L'utilisation de la notion de vulnérabilité est apparue dans les politiques publiques lors de la mise en place des Plans d'Exposition aux Risques (PER) lancés en 1982 et remplacés ensuite par les Plans de Prévention des Risques (PPR, 1995) qui définissent la vulnérabilité comme « l'appréciation locale des dommages de toutes natures encourus en cas de

catastrophe pour l'aléa pris comme référence » [METL, 1997]. Ainsi, plus les dommages prévisibles sont substantiels, plus le bien est dit vulnérable. Mais cette définition qui se limite à la sécurité des personnes, aux dégâts matériels et économiques ne prend pas en compte des dimensions moins palpables du fonctionnement de la société. C'est pourquoi certains auteurs ont tenté d'élargir la notion de vulnérabilité aux dysfonctionnements (pour les activités et fonctions sociales) et aux préjudices (pour les personnes) sous l'effet de la manifestation locale du phénomène [Asté, 2006].

- 8 La vulnérabilité reste souvent abordée de façon sectorielle (par aléas séparés les uns des autres ; par type de bien ou de dysfonctionnements thématiques impactés). Il y a de réelles difficultés à avoir une approche globale et systémique [Leone et Vinet, 2006]. Il est en effet difficile d'aborder tous les problèmes en même temps. D'un point de vue opérationnel, la résolution concrète des problèmes de vulnérabilité passe par un diagnostic précis qui oblige à spécifier la cause « extérieure » de la vulnérabilité (l'aléa). Dans cette optique, il est important de prendre en compte les problèmes d'échelles spécifiques à l'aléa inondation qui rendent la vulnérabilité hétérogène dans l'espace et dans le temps. Afin de rendre son utilisation opérationnelle et de préciser ses caractéristiques, nous allons restreindre notre étude à la vulnérabilité en relation avec les inondations.

1.2. Caractéristiques des dégâts provoqués par les inondations

- 9 Les conséquences des inondations ont des caractéristiques qui leur sont propres. Les meubles et objets situés en hauteur ou à l'étage ne sont pas systématiquement endommagés en cas de crue. Les objets dégradés par la présence d'eau boueuse ne sont pas toujours intégralement détruits par les inondations : cela dépendra principalement de la vitesse du courant, de la nature de l'objet et de la durée d'immersion [Merz *et al.*, 2010]. Lors d'une inondation, le courant peut causer des chocs violents qui peuvent détruire les objets et les structures des bâtiments. Le contact avec l'eau boueuse peut altérer de façon irréversible certains matériels électroniques sensibles, les documents papiers, les livres, les cloisons, les isolants et préserver d'autres éléments constitués de matériaux plus résistants à l'eau, comme la pierre ou le plastique [Barroca *et al.*, 2012]. Même si l'intégralité de la surface affectée par les inondations n'est pas entièrement détruite, l'ampleur de la surface affectée conditionne cependant le coût des dégâts [André *et al.*, 2013]. Dans le cas des submersions marines, l'inondation de terres agricoles par la mer peut avoir des conséquences importantes sur les sols arables temporairement « pollués » par le sel [André, 2013].
- 10 Par ailleurs, il existe aussi des coûts indirects lorsque le trafic routier, ferroviaire et fluvial est coupé pendant plusieurs jours. L'activité économique se trouve alors réduite. Cet aspect n'est pas spécifique aux inondations et il peut être observé par exemple lors des séismes ou des glissements de terrain. Dans le cas des inondations, le blocage peut s'avérer long, même si les dégâts sur le bâti et les infrastructures sont moins grands que pour les séismes, par exemple. Il a été estimé qu'une crue de type de celle de 1910 touchant l'Île-de-France aujourd'hui occasionnerait un impact macroéconomique significatif en termes de PIB, avec des répercussions tant en termes d'emploi que sur les finances publiques. Celles-ci seraient alors fortement sollicitées. Les dommages d'une telle catastrophe ont été estimés de 3 à 30 milliards d'euros pour les dommages directs selon les scénarios d'inondation, assortis d'une réduction significative du PIB qui

atteindrait sur cinq ans de 1,5 à 58,5 milliards d'euros, soit de 0,1 à 3 % en cumulé [OCDE, 2014]. La réduction de l'activité des entreprises causée par l'inondation impacterait significativement la demande en main d'œuvre avec jusqu'à 400 000 emplois qui pourraient être affectés.

1.3. Inondations et victimes humaines

- 11 Le nombre de morts n'est pas uniquement proportionnel à la surface touchée, mais dépend aussi à la densité de la population et du type de crue (vitesse de montée des eaux, courant). Ainsi, la crue de la Seine de 1910 n'a pas fait de morts alors que la surface inondée était grande : la montée des eaux lente et le courant faible ont permis aux habitants de se mettre à l'abri [MEDTL, 2011a]. Les crues éclairs, plus petites du point de vue de la quantité d'eau en jeu et de la surface affectée, ont, par contre, souvent occasionné des victimes, surprises par le phénomène et son intensité. La nature même des habitations conditionne le nombre des victimes. Ainsi, les habitations sans étage ne permettent pas à la population de trouver refuge et peuvent piéger les habitants à l'intérieur, comme ce fut le cas lors de la submersion marine à l'occasion de la tempête Xynthia. Les habitations légères (bois, tôles) se montrent peu résistantes face aux courants et se trouvent fréquemment totalement détruites lors des épisodes de crue, comme par exemple au Bangladesh, n'offrant aucun refuge et occasionnant de nombreuses victimes. Lors de la crue de 1856, des bâtiments agricoles sont détruits sur le Rhône aval, et des pertes touchant les récoltes aussi bien que le bétail sont enregistrées vers les communes d'Arles, Saintes-Maries-de-la-Mer et Fos-sur-Mer (Pichard et Roucaute, 2014 ; base de données Historhone¹).

1.4. Aménagements et inondations

- 12 Dans le système fluvial, ce qui se passe en aval est lié à ce qui se passe en amont (il n'y a pas d'indépendance totale entre des espaces séparés de plusieurs dizaines/centaines de kilomètres). Ainsi, les décisions prises pour les zones situées en amont vont avoir des impacts positifs ou négatifs sur les zones situées en aval. Parmi les effets positifs, la construction ou la délimitation de bassins de rétention des eaux de débordement permettront de réduire les inondations en aval. Le reboisement des zones amont pourra réduire la vitesse de transfert des eaux pluviales vers les cours d'eau ainsi que la charge solide transportée. Inversement, l'urbanisation croissante et la construction de digues accéléreront le transfert des masses d'eau vers l'aval. La réalisation de barrage en amont est justifiée en général à travers un objectif de maîtrise des inondations par l'écrêtement des pics de crue. Ces derniers sont bien surveillés, néanmoins leurs ruptures, même si elles sont rares, ne sont pas impossibles : celle du barrage de Malpasset (Fréjus, France) en 1959 en est un exemple.

2. Méthodes

- 13 L'ampleur, la fréquence et les conséquences des inondations sont un mélange d'effets naturels et anthropiques (impermeabilisation des sols, déforestation, etc.). C'est pourquoi notre approche combine à la fois la prise en compte des éléments naturels (i.e. évolution

attendue des débits au moment des crues, évolution des surfaces inondées), ainsi que l'évolution dans le temps des sociétés riveraines.

2.1. Approche « historique »

- 14 Comme la description à l'échelle de la France est inadaptée à la compréhension fine des stratégies locales d'adaptation, nous avons concentré notre étude sur quelques territoires. Les difficultés à appréhender la problématique de la vulnérabilité face au phénomène d'inondation n'est pas liée uniquement à l'aspect spatial du problème. L'évolution dans le temps d'un territoire peut permettre de comprendre l'état actuel de celui-ci ainsi que ses futures évolutions à court et moyen termes. Elle permet aussi de comprendre les blocages vis-à-vis de certaines stratégies d'adaptations. C'est pourquoi dans notre approche, nous avons souhaité caractériser l'évolution d'un territoire lors des 200 dernières années. Ces territoires sont situés à proximité du fleuve Rhône et de la Saône.
- 15 Nous avons choisi d'étudier des observables facilement accessibles. Pour l'étude de l'évolution de la société, nous avons pris comme paramètres à observer l'habitat, la démographie locale, l'économie locale et les ouvrages hydrauliques. Pour étudier l'évolution de la nature durant la même période, les observables retenus ont été la géométrie des berges des fleuves, les débits et les limites de zones inondables. Pour ce qui concerne l'évolution et les caractéristiques physiques des fleuves nous avons utilisé des cartes d'inondation² ainsi que les bases de données historiques sur les inondations dans la vallée du Rhône³. L'utilisation de cartes historiques de Cassini (XVIII^e siècle), de cartes d'État-major (1820-1866), de plans cadastraux, de photos aériennes et d'images satellites provenant du site de l'IGN⁴ ont servi de base à notre analyse et ont été couplés aux bases de données de l'INSEE et de l'EHESS sur l'évolution au cours du temps du nombre d'habitants dans ces communes. Les caractéristiques actuelles et passées des habitants et de leur logement proviennent aussi des bases de données de l'INSEE.
- 16 Les difficultés propres à ce type d'approche sont liées :
- à la difficulté d'avoir accès à des séries temporelles longues ;
 - au caractère hétérogène et pluridisciplinaire de ce type d'approche ;
 - à l'accès compliqué à certaines données susceptibles d'offrir un éclairage sur la vulnérabilité, comme par exemple l'âge et le coût d'entretien des ouvrages hydrauliques.

2.2. Prise en compte de l'aléa inondation présent et futur

- 17 Pour estimer la vulnérabilité d'un territoire vis-à-vis des inondations, la méthode de base consiste à analyser les conséquences d'une crue importante et relativement bien documentée qui s'est produite localement. Pour le Rhône entre Lyon et Valence, il est d'usage de prendre en compte la crue de mai 1856, même si des crues plus anciennes, mais moins bien documentées, ont pu être encore plus fortes. La crue généralisée du Rhône de mai 1856 résultait de la conjonction de la fonte des neiges saisonnières dans les Alpes et de fortes pluies [Pardé, 1925 ; MEDTL, 2011b]. La pluviométrie d'origine océanique ainsi que celle d'origine méditerranéenne furent très fortes (110 mm de pluie en 48h à Lyon, 150 mm dans la Drôme et l'Ardèche). À Lyon, le débit du Rhône a atteint 4 200 m³/s et simultanément le débit de la Saône 1 800 m³/s. Ainsi, après la confluence du Rhône et de la Saône, le débit du Rhône à Givors était de 6 000 m³/s [DIREN Rhône-Alpes,

2009]. Tous les records historiques de hauteur d'eau ont été dépassés de plus d'un mètre le long de la vallée du Rhône [MEDDE, 2012].

- 18 À Chalon-sur-Saône, situé plus en amont, la crue de 1840 a été la plus importante des derniers 200 ans et est considérée comme la crue historique de référence. À Chalon-sur-Saône, la hauteur d'eau de la crue de 1840 était de 7,28m, alors qu'elle n'était que de 6,56m en 1856.
- 19 Depuis 1856, le territoire ayant changé, il faut tenir compte de ses modifications. Notamment, il faut intégrer dans notre analyse la nouvelle urbanisation et l'implantation de nouveaux ouvrages hydrauliques. Dans un Système d'Information Géographique (SIG), la topographie fine (Modèle Numérique de Terrain à partir des données altimétriques par Lidar aéroportées), la présence des infrastructures remarquables (digues) et l'emplacement du bâti ont été reportés dans les résultats de cette étude. En utilisant la topographie actuelle, on y projette les hauteurs d'eau attendues de la crue de référence (estimées à partir des simulations numériques basées sur la connaissance des débits des crues passées).
- 20 Cependant, bien que plus précise que les approches précédentes pour évaluer la zone inondable dans les PPRI, ce type d'approche ne résout pas tout : elle ne tient pas compte :
 - des incertitudes sur les données de débits ;
 - de l'accélération du transfert des masses d'eau à cause de l'imperméabilisation plus grande des sols depuis la dernière grande crue historique ;
 - de l'effet de la cumulation des ouvrages sur l'ensemble de la vallée ;
 - de l'évolution des événements extrêmes en contexte de changement climatique susceptibles de provoquer des crues supérieures à celles de 1840 et 1856 [Boé *et al.*, 2009].

3. Présentation des trajectoires historiques des zones d'étude

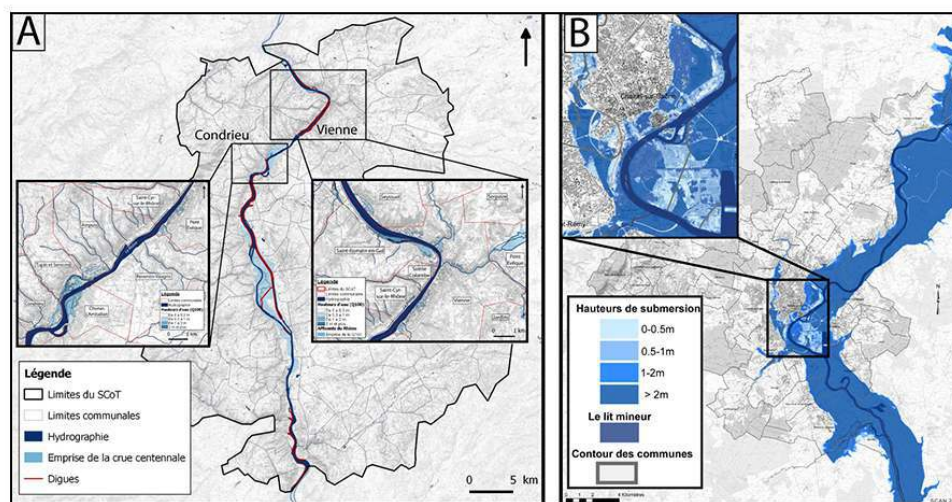
3.1. Condrieu

- 21 La population de la ville de Condrieu, située en aval de Lyon et de Vienne, a diminué de 11 805 habitants jusqu'à la Première Guerre mondiale (figure 3), notamment en relation avec l'exode rural qui a favorisé le développement des villes (comme la ville de Vienne à proximité de Condrieu) au détriment des zones plus agricoles. Puis la population de Condrieu a commencé à augmenter après la Première Guerre mondiale, d'abord lentement jusqu'à la fin de la Seconde Guerre mondiale, avec le développement de l'industrie chimique dans la région. La demande de terrains constructibles, le désir de voir redynamiser un bourg déclinant, la vente progressive de terrains agricoles perdant de leur valeur d'usage traditionnel, ont été probablement des incitations et des conditions favorables pour le début du réaménagement du territoire. Un peu moins de 40 % des habitations ont été construites avant 1946 à Condrieu (INSEE). Elles correspondent au bourg ancien largement situé en dehors des zones inondables.
- 22 Puis, l'augmentation de la population après la Seconde Guerre mondiale a été encore plus rapide. Après 1945, l'occupation des surfaces inondables par des habitations a sans doute légèrement augmenté en relation avec l'accroissement de la population. Ce n'est que plus tard, à partir des années 1980, et malgré la crise de l'industrie chimique qui aurait pu occasionner le déclin de la population locale, que la population a commencé à occuper de

façon importante la zone inondable. Alors que la crise de l'industrie chimique s'est poursuivie pendant plusieurs décennies et jusqu'à aujourd'hui, plus de 22 % des habitations ont été construites entre 1991 et 2011 (INSEE). L'urbanisation croissante est à mettre en relation avec le désir d'habiter en maison individuelle, ce qui a accru la demande et la construction de logements dans les espaces périurbains. Cette tendance persistante conduit à ce que le logement soit composé en 2012 à 55 % d'habitations individuelles sur la commune de Condrieu (recensement INSEE de 2012). Plus de la moitié des habitants sont propriétaires de leur logement (53,7 %). Les maisons ont en général plus de pièces (4,7 pièces) que les appartements (3,2 pièces), ce qui favorise l'étalement urbain et la consommation de terres agricoles.

- 23 Il est important de noter sur ce territoire l'influence du relief escarpé des coteaux qui, couplé à la valeur économique de ces terrains du fait de la viticulture, empêche l'usage résidentiel de s'y développer. La pression urbaine de l'agglomération lyonnaise et, plus largement, du couloir de la chimie, a poussé à urbaniser la plaine malgré les nuisances des infrastructures de transport ou la présence des usines, au détriment de l'arboriculture, du maraichage et malgré le risque inondation.
- 24 À partir des années 1980, le développement économique autour des activités de loisir, directement en relation avec la présence du Rhône, s'est mis en place à Condrieu et dans les communes limitrophes. L'économie de la commune s'est diversifiée vers l'industrie du loisir qui a pris en partie la place de l'agriculture. Les campings, les bases nautiques, la valorisation de l'île du Beurre sont des aménagements qui intègrent l'espace naturel au développement économique et prennent de plus en plus d'importance localement. L'économie relativement dynamique de ce territoire affiche un chômage d'environ 10,5 % et désormais il n'y a plus que quelques dizaines d'agriculteurs.

Figure 2. Emprise actuelle de la zone inondable pour une crue centennale A) Sur le Rhône amont, comprenant les communes de Vienne et Condrieu
B) Sur la Saône, au niveau de la commune de Chalon-sur-Saône



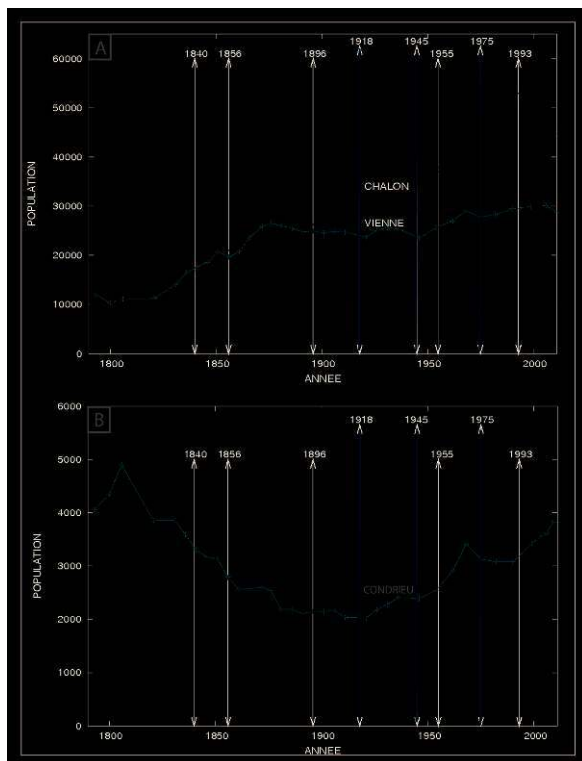
Source de la cartographie de zone inondable du document A : DREAL Rhône-Alpes (2015).

Source de la cartographie de zone inondable du document B : EPTB Saône-Doubs (2015).

Figure 3. Évolution de la population

A) Chalon-sur-Saône et Vienne

B) Condrieu, durant la période 1793-2012



Les doubles flèches noires verticales représentent les crues majeures qui ont impacté le Rhône et la Saône (1840, 1856, 1896, 1955, 1993). Les dates charnières où la population a connu des évolutions importantes (1er et 2nd guerres mondiales, 1918 et 1945 ; mutation socio-économique, 1975) sont en rouge.

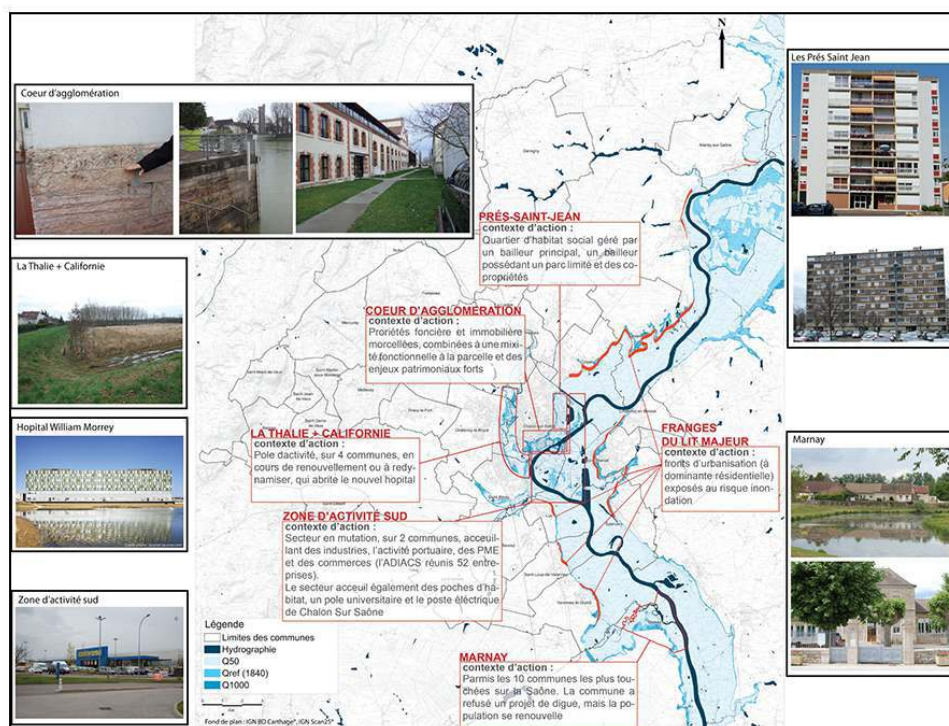
Données INSEE et EHESS.

3.2. Chalon sur Saône et le Grand Chalon

- 25 Le site de Chalon-sur-Saône, situé en amont de Lyon, connaît un peuplement très ancien avant même l'époque romaine. La crue de 1840 n'a pas affecté, d'un point de vue démographique, la population de Chalon-sur-Saône qui a même eu tendance à augmenter durant cette période pour atteindre environ 20 000 habitants vers 1850. La crue de 1856 a été moins importante que celle de 1840 à Chalon-sur-Saône. On observe toutefois une stagnation de la population à partir de 1856. Le nombre d'habitants est resté stable jusqu'en 1880 environ (figure 3). C'est surtout à partir de 1880 que la population augmente à Chalon jusqu'à la Première Guerre mondiale, accompagnée par l'installation de quelques industries. De la Première Guerre mondiale jusqu'à la fin de la Seconde Guerre mondiale, la population est restée stable autour de 31 000-33 000 habitants. Un peu moins de 25 % des habitations ont été construites avant 1946 (INSEE), ce qui signifie que le tissu urbain s'est renouvelé de façon importante depuis cette époque, en comparaison de Condrieu.
- 26 La ville de Chalon-sur-Saône a ensuite connu une croissance importante de l'après-guerre jusqu'au recensement de 1975, où la population a atteint environ 58 000 habitants. Il y a eu une forte industrialisation à l'issue de la Seconde Guerre mondiale, notamment avec

l'industrie électronucléaire à proximité de Chalon. Néanmoins, l'industrie à proprement parler ne constitue qu'une faible part de l'emploi local (<5 % d'après l'INSEE de 2012). C'est entre 1946 et 1990 qu'ont été construits la plupart des logements (65 %). Il s'agit principalement d'appartements, avec seulement 12,5 % de maisons à Chalon-sur-Saône. À partir des années 1975-1980, la population s'est mise à décroître à cause de l'attrait pour l'habitat périurbain en maison individuelle. En 2012, il y avait 62,5 % de locataires, dont presque 30 % habitaient en logement sociaux, notamment dans le quartier des Prés Saint-Jean. La population actuelle lors du recensement de 2012 était environ de 44 000 habitants. Il n'y a que 10 % des logements qui ont été construits depuis 1990 (INSEE). Les agglomérations limitrophes ont, elles, vu leur population s'accroître soulignant le transfert des populations vers les communes limitrophes.

Figure 4. Carte des secteurs sensibles identifiés sur le territoire du Grand Chalon



Sources données : CORINE Land Cover®, EPTB Saône Doubs. Fond : IGN Scan2500®).

- 27 Plusieurs secteurs de l'agglomération de Chalon-sur-Saône révèlent aujourd'hui des points de vulnérabilités quant aux crues de la Saône. Ces secteurs sont les suivants (figure 4) :
- 28 Le cœur d'agglomération correspond au centre-ville de Chalon-sur-Saône, notamment son centre historique. Il présente une grande densité de bâti à affectations diverses (habitat, commerces, patrimoine...), et une population importante. Il revêt également une importance particulière compte tenu de sa fonction administrative :
 - Les Prés Saint-Jean, au Nord de Chalon-sur-Saône, est un quartier de grands ensembles construits dans les années 1970 qui représente à lui seul une population importante de 7000 habitants environ. Il abrite 15 % de la population chalonnaise, soit environ 7 000 habitants. La construction de ces logements visait à répondre à un problème de logement des classes

populaires durant une période de fort développement économique. Le quartier fait l'objet d'une campagne de rénovation urbaine ;

- La zone Thalie-Californie est une zone mixte d'activités, de commerce et de logements en cours de mutation autour d'opérations importantes comme l'aménagement de l'hôpital William Morey, ou de projet de requalification de friches industrielles ;
- La Zone d'activité sud est principalement une zone d'activité industrielle et commerciale. Elle constitue une entrée de ville importante et une zone de convergence de flux routiers en particulier. Elle comporte des entreprises stratégiques à rayonnement régional et national comme le site Areva, et constitue un enjeu économique fort. Cette zone d'activité accueille trois sites SEVESO dont 2 seuils hauts (Azelis Peroxydes et Bioxal) et un seuil bas (Air Liquide Electronics Matériaux), l'activité portuaire et plus de 50 PME et commerces. On note également la présence de deux importantes infrastructures de réseaux sur le site : une station d'épuration et un transformateur électrique qui alimente en électricité une grande partie de Chalon ;
- Le Port Nord correspond au quartier du port historique de Chalon-sur-Saône. Situé à l'est du quartier des Prés Saint-Jean. Actuellement en reconversion, ce site est très important pour Chalon-sur-Saône en tant qu'entrée Est de la ville. Le port Nord est actuellement le théâtre de plusieurs expositions culturelles, les actions possibles sur les enjeux existants semblent en revanche incertaines du fait de la probable mutation du secteur ;
- Les franges du lit majeur de la Saône désignent les fronts d'urbanisation à dominante résidentielle, exposés au risque d'inondation sur les communes situées dans le lit majeur de la Saône. Cet ensemble n'est pas défini par un secteur géographique précisément délimité et présente des enjeux ponctuels et diffus.

4. Inondations et vulnérabilité : exemples dans les vallées du Rhône et de la Saône

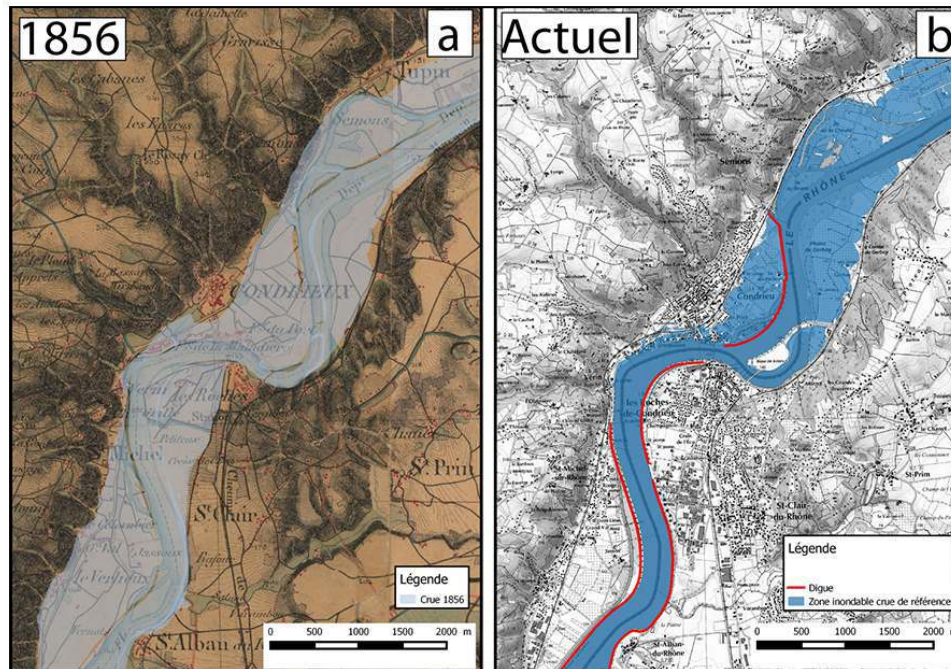
4.1. Présentation des inondations passées

- 29 L'étude des inondations passées permet de définir les limites spatiales des zones vulnérables face à un type d'évènement à un instant t d'aménagement du territoire (crue de 1840 et 1856 dans la vallée du Rhône et de la Saône, principalement). Ce sont en général les crues les plus importantes s'étant produites dans les 100 à 200 dernières années qui servent à définir les limites des zones dites « inondables ». Dans les départements de Saône-et-Loire et du Rhône, de nombreux villages ont été ravagés. Des ponts ont été emportés et plusieurs milliers de maisons ont été détruites par les crues de 1840 et de 1856. Notons tout de suite que le fait de ne pas être situé en zone inondable ne garantit en rien de ne pas être inondé. La zone inondable définie dans les Plans de Prévention des Risques d'inondation (PPRI) sert surtout à définir un périmètre administratif qui peut influencer sur la constructibilité d'une zone. Afin de d'analyser plus finement la vulnérabilité de ces territoires vis-à-vis des inondations, nous avons modélisé des niveaux d'eaux correspondant non seulement aux crues de référence (crues centennales), c'est-à-dire celle de 1856 pour le secteur de Condrieu et celle de 1840 pour le secteur du Grand Chalon, mais aussi les niveaux d'eaux dans les cas des évènements décennales, vicennales, trentennales, cinquantiennales et millénaires.

Condrieu

- 30 Les limites de l'inondation de mai 1856 dans la zone de Condrieu (figure 5) ont servi à la définition de la zone inondable dans le PPRI de la ville de Condrieu. Cependant, la prise en compte de la cartographie d'un unique scénario d'inondation représente des lacunes importantes lorsqu'il s'agit de réduire de façon effective la vulnérabilité d'un territoire.

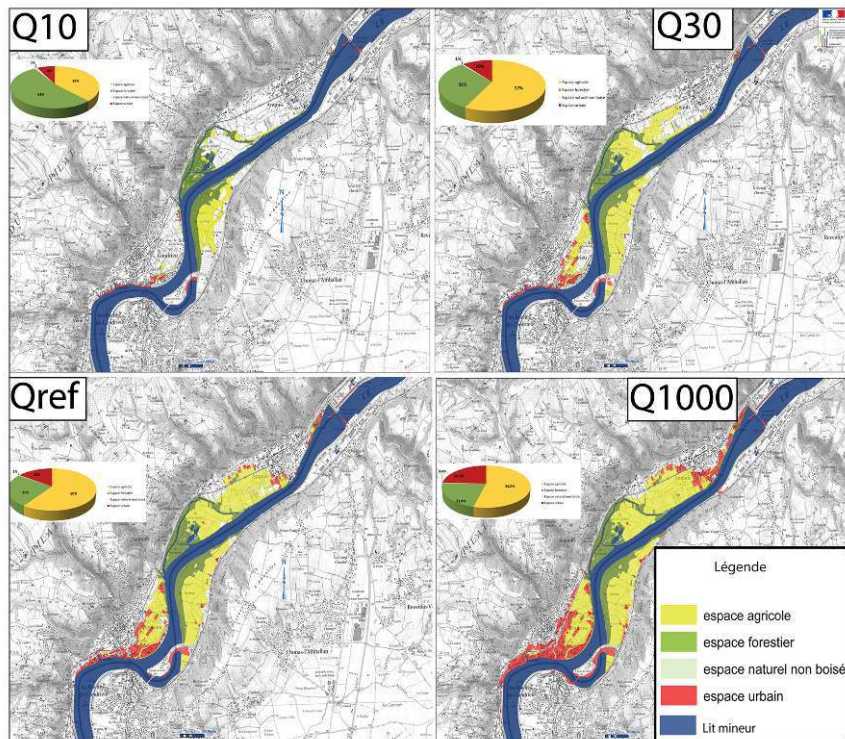
Figure 5 : Limite de la crue de 1856 à Condrieu (a) sur la carte d'état-major (1820-1856) qui permet d'avoir une idée de l'urbanisation de l'époque. Limite d'une crue de même intensité qui se produirait à Condrieu (b) en tenant compte des digues qui ont été construites (sur un fond où l'urbanisation actuelle est visible)



Auteur : Cerema (2015) ; Scan État-major 1820-1856.

- 31 Notamment, elle ne prend pas en compte les variations de hauteur d'eau dans la zone inondée, ni la force du courant, qui ont pourtant une influence sur les coûts des dégâts et sur le risque pour les personnes. Par ailleurs, les territoires ont évolué depuis l'époque de la dernière inondation « historique » : depuis 1856, la ville de Condrieu a bien changé aussi bien du point de vue de l'urbanisation que des aménagements hydrauliques. On voit que les digues installées ne mettent pas à l'abri Condrieu des inondations par les crues centennales, comme celle de 1856 (figure 5b), ou même cinquantennale [Cerema, 2015]. La commune de Condrieu est principalement impactée au niveau des serres particulièrement vulnérables aux inondations, mais aussi au niveau des vergers (figure 6). Cette prépondérance de l'agriculture en superficie impactée ne doit pas masquer la réalité d'un enjeu urbain touché à hauteur d'environ 50 ha pour la crue centennale sur la commune de Condrieu (figure 6).

Figure 6. Occupation du sol dans les enveloppe de crue pour 4 scenarii (décennale, trentennale, centennale et millénale) sur le secteur de Condrieu

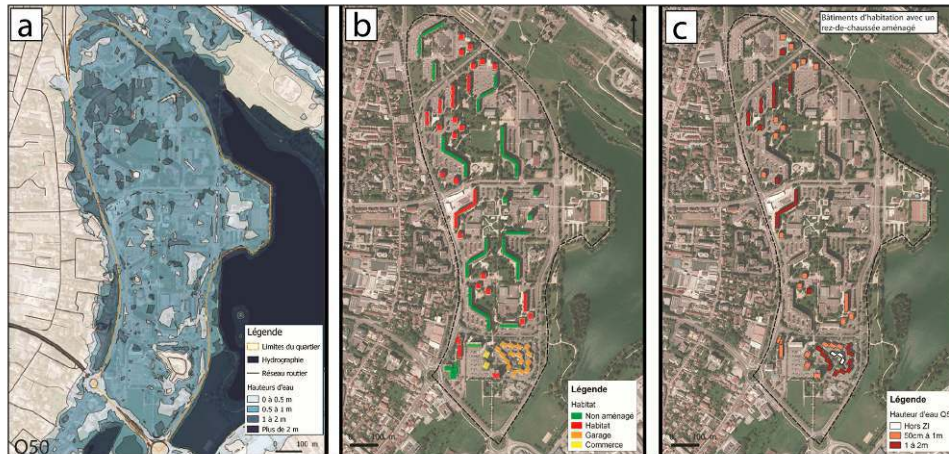


Auteur : Cerema (2015) ; Source : OCCSOL, DREAL Rhône Alpes.

- 32 Deux campings sont d'ailleurs situés en zone inondable sur la commune de Condrieu. Pour la crue de référence, la majeure partie de la commune est submergée par une hauteur d'eau comprise entre 1 et 2 mètres. Le coût des dommages à l'habitat sur le secteur de Condrieu est estimé à 0,2 M€ pour une crue quinquennale, 2,0 M€ pour une crue trentennale et 11 M€ pour une crue millénale [Judek, 2013]. Une crue trentennale impacterait 420 personnes et une crue centennale 630 personnes, soit respectivement 11 % et 17 % de la population totale de Condrieu. Les espaces agricoles et forestiers seraient les premiers inondés. Toutefois, on constate que quelques habitations seraient aussi touchées dès la crue décennale (Figure 6).

Chalon-sur-Saône et le Grand Chalon

Figure 7. a) Emprise de la zone inondable pour une crue cinquantennale de la Saône, au niveau de la commune de Chalon-sur-Saône dans le quartier des Prés Saint-Jean, b) Aménagement du rez-de-chaussée des bâtiments destinés à l'habitat et hauteurs d'eau, c) Hauteurs d'eau impactant les rez-de-chaussée aménagés pour une crue cinquantennale



Auteur : Cerema (2015) ; Source document A : EPTB Saône-Doubs.

- 33 Lors du recensement de 2012, la population de Chalon-sur-Saône était d'environ 44 000 habitants, proche de celle de 1962 avant l'édification des grands ensembles. La communauté d'agglomération du Grand Chalon (regroupant Chalon-sur-Saône et 36 autres communes) compte aujourd'hui 110 221 habitants. Parmi eux, 14 270 seraient inondés par la crue cinquantennale, dont environ 11 600 à Chalon-sur-Saône même. La crue centennale impacterait 17 900 habitants du Grand Chalon (dont 13 600 à Chalon, ce qui représente 32,7 % de la population totale) (figure 2b). Dans ce dernier cas, 7,7 km² de tissu urbain, dont des zones industrielles et commerciales, se retrouveraient inondés. On dénombre finalement une trentaine d'établissements sensibles (hôpitaux, crèches, écoles, maisons de retraite) impactés par la crue centennale sur l'agglomération de Chalon (figure 4).
- 34 Le centre-ville de Chalon-sur-Saône est progressivement impacté par les différents scénarios de crue, dès la crue décennale. Le quartier Prés Saint-Jean, au Nord de Chalon-sur-Saône, n'est pas impacté jusqu'à la crue cinquantennale qui l'inonde entièrement et serait susceptible de l'isoler du reste de la commune (figures 4 et 7). La zone Thalie-Californie est inondée à partir de la crue cinquantennale (figure 4). La Zone d'activité sud est impactée à ses marges dès la crue vicennale, puis en grande partie impactée dès la cinquantennale, et totalement inondée avec des hauteurs d'eau importantes allant de 0.5m à 2m lors de la crue de référence (crue de 1840) (figure 8). Le secteur du Port Nord est légèrement impacté dès la crue vicennale puis totalement par la crue cinquantennale (Figure 4). Les inondations des franges du lit majeur de la Saône commencent dès la crue biennale au niveau de la commune de Lux puis se généralisent dès les crues décennale et vicennale [Cerema, 2015].

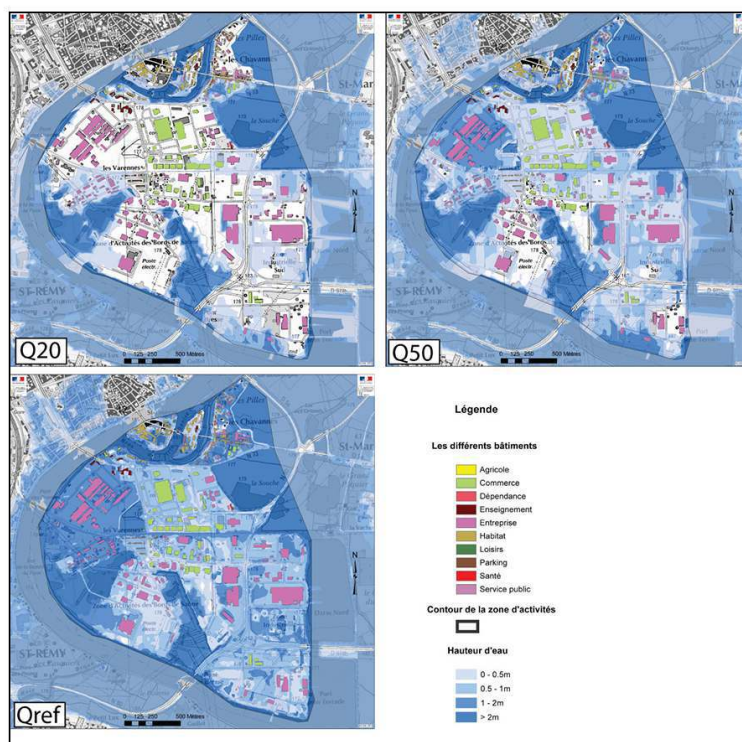
Le cas du quartier des Prés Saint-Jean à Chalon-sur-Saône

- 35 Le quartier populaire des Prés Saint-Jean à Chalon-sur-Saône, construit dans les années 70, a la particularité d'être inondé uniquement à partir de la crue cinquantennale, mais de manière totale et avec des hauteurs d'eau pouvant aller jusqu'à 2 m (figure 7). De telles

hauteurs d'eau génèrent des risques non négligeables de noyade ainsi que des dégâts importants. Une telle crue affecterait 7 000 habitants ainsi que, de 23 établissements publics et provoquerait l'isolement de 52 immeubles d'habitation. Le coût des dommages sur l'habitat est estimé à 2,0 M€ et à 1,4 M€ pour les bâtiments publics. Les bâtiments destinés à l'habitation de ce quartier présentent en majorité des rez-de-chaussée aménagés (34 bâtiments sur 52, figure 7b). Notre étude de terrain a permis d'identifier différents usages de ces rez-de-chaussée : en appartement (27 bâtiments), en garage (5 bâtiments) ou en commerce (2 bâtiments). Parmi les bâtiments ayant un rez-de-chaussée aménagé, 60 % (21 bâtiments) sont inondés par une crue cinquantennale avec des hauteurs d'eau compris entre 50 cm et 1 m (figure 7c). Les autres bâtiments sont susceptibles d'être inondés par plus d'1m d'eau.

- 36 Entre 1962 et 2016, la construction du quartier des Prés Saint-Jean en zone inondable engendre une augmentation de la vulnérabilité alors que la population reste identique en nombre. Cette transformation de l'urbanisme est due au traitement de la crise sociale qui s'est réalisée par la construction d'un quartier populaire avec une part importante de logements sociaux. De par sa configuration urbaine et son exposition aux crues cinquantennales et plus, le quartier des Prés Saint-Jean représente un véritable enjeu d'aménagement et de sensibilisation aux inondations pour le Grand Chalon. Les enjeux les plus représentatifs de ce secteur sont la population, l'habitat, les bâtiments publics et potentiellement les réseaux. La densité de population est importante ainsi que la proportion de personnes vulnérables (écoles, maison de retraite).

Figure 8. Localisation et caractérisation des bâtiments en zone inondable de la zone d'activité Sud de Chalon-sur-Saône pour les crues vicennale, cinquantennale et la crue de référence



Auteur : Cerema (2015) ; Source : BDTPOPO® - EPTB Saône Doubs – Fond : IGN Scan25®.

4.2. Limite à l'étude des inondations passées

- 37 L'étude d'une catastrophe ne permet pas de définir la meilleure solution globale pour le territoire car la vulnérabilité est établie face à un type de processus particulier (par exemple, les inondations) et de scénario (ex : la crue centennale pour les inondations). Hors, les choix d'aménagement qui sont fait répondent plus à certains types de vulnérabilité que d'autres, car les contraintes peuvent être contradictoires (la vulnérabilité contre les risques inondations favorise la présence d'habitations à étage alors que la prise en compte du risque sismique pourrait conduire à réduire la hauteur des bâtiments).
- 38 Les solutions techniques sont adaptées pour faire face à un type d'évènement et ne prennent que rarement en compte les autres risques et les conséquences générées par les nouvelles infrastructures (digues, barrages...). Ainsi les digues construites localement peuvent favoriser :
- l'aggravation des inondations en aval à cause d'un transfert plus rapide des masses d'eau ;
 - une montée des eaux plus rapide ainsi qu'un fort courant local, en cas de rupture ;
 - un drainage moins efficace des eaux de ruissellement confinées derrière les digues au quotidien ;
 - l'implantation d'habitations derrière les digues sur des terrains qui restent inondables par des crues ;
 - l'appauvrissement relatif des sols sur le long terme, etc.
- 39 Le traitement de la crise sociale à Chalon-sur-Saône a abouti à une augmentation de la vulnérabilité vis-à-vis des inondations (de 1950 à 1970), ce qui à terme pourra générer une nouvelle crise sociale en cas d'inondation importante (crise « environnementale » / naturelle). La relation de causalité entre crise sociale et crise « environnementale » / naturelle découle de la gestion séparée des risques sociaux et environnementaux, comme si ceux-ci étaient indépendants. L'étude des catastrophes naturelles ne permettra pas non plus de définir la meilleure solution d'aménagement urbain si elle ne se focalise que sur l'aspect « risque naturel » sans tenir compte des « risques sociaux ». La vulnérabilité vis-à-vis des inondations ne devenant prioritaire qu'après les catastrophes, agir dans l'urgence avec pour seul objectif de lutter contre la vulnérabilité vis-à-vis des inondations risque inversement de préparer le terrain de la prochaine crise sociale en détruisant les solidarités locales, le maillage du tissu associatif en précarisant encore plus certains habitants du point de vue socio-économique.
- 40 L'augmentation de la vulnérabilité face aux inondations durant les dernières décennies au niveau local ou national [MEDAD, 2008], mais aussi durant les 200 ans dernières années (figures 3 et 9), met en évidence la difficulté que nos sociétés ont à s'adapter à leur environnement naturel. Manifestement, l'unique crainte et connaissance de la catastrophe ne constitue pas un moteur suffisant à l'adaptation de nos sociétés vis-à-vis des risques environnementaux sur le long terme. Il existe certains mécanismes dans notre organisation actuelle qui expliquent en partie cela. Ainsi, sans remettre en cause l'intérêt de ces stratégies, nous constatons que :
- la cartographie des zones inondables et leur traduction réglementaire dans l'urbanisme fige en partie la construction de nouveaux bâtiments dans les fonds de vallée (en zone inondable) ;

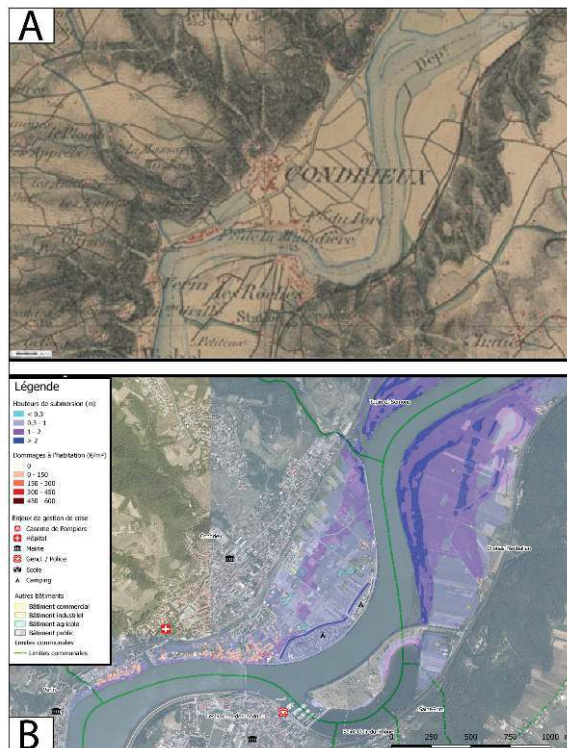
- le régime assurantiel français peut participer à une diminution de la crainte des inondations et favoriser la dilution des responsabilités ;
- il est difficile de traiter tous les problèmes simultanément et il y a des difficultés à concilier des politiques publiques portant des objectifs à première vue très différents (ex : crises sociales ; crises environnementales).

5. Stratégies d'adaptation

5.1. Stratégies d'adaptation à Condrieu

- 41 Sur la carte d'état-major réalisée entre 1820 et 1866, on voit que la majeure partie des habitations de la carte de Condrieu (figures 5 et 9) se situe en dehors de la zone inondable. Ce n'est que bien plus tard que le choix d'investir les terrains inondables a été opéré, la population diminuant jusqu'à la fin de la 1^{er} Guerre mondiale (figure 3). Après la crue de 1856, l'État français a choisi simultanément d'endiguer le Rhône en de nombreux endroits pour réduire la vulnérabilité des populations [Bravard et Clémens, 2008] et d'adapter le Rhône pour le développement économique. Pour la première fois, l'État met en place une planification de prévention et de protection contre les inondations avec la loi du 28 mai 1858 (Delahaye, 2004). L'État français a également mis en œuvre un plan qui visait à augmenter le nombre de jours de navigabilité durant l'année et à permettre l'accès à des bateaux avec des capacités de transport plus grandes grâce à des digues et des barrages [Villien, 1937 ; Delahaye, 2004]. La lutte contre les inondations sur la base de l'endiguement a été la méthode la plus employée depuis plus de 150 ans, supplantant la stratégie, plus ancienne, qui consistait à éviter de s'installer à proximité immédiate des cours d'eau.
- 42 Dans la continuité de la stratégie adoptée depuis 1856, en 1976, la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) a profondément modifié la géométrie du chenal du Rhône pour rendre le trafic marchand plus efficace. Le méandre du Rhône à Condrieu a été modifié et des digues ont été construites localement à cette époque. Progressivement, s'est installé un sentiment de sécurité. La présence des digues et des barrages a donné le sentiment d'un contrôle efficace de la nature. Il s'agissait alors d'adapter le Rhône au fonctionnement de nos sociétés plutôt que d'adapter nos sociétés au fonctionnement du Rhône. Cet aménagement des voies navigables s'est réalisé dans un contexte de crise pétrolière (1973) où le prix des hydrocarbures augmentait.

Figure 9. (A) Carte d'état-major (1820-1850) de la commune de Condrieu et des Roches-de-Condrieu sur la rive opposée du Rhône, (B) Estimation du coût des dommages sur l'habitat pour une crue centennale, superposé à une photo aérienne de 2005, soulignant l'aménagement récent du Rhône dans le méandre de Condrieu avec l'implantation d'une base nautique



Auteur : Cerema (2015) ; Carte d'état-major - 1820-1850.

- 43 En 1984, une base nautique et un port agrandi ont été construits dans le méandre abandonné (Figure 9). Cet aménagement opéré dans un contexte de migration vers les habitats périurbains a permis de redynamiser l'économie locale affectée :
- par la crise agricole qui conduisait lentement à la diminution progressive du nombre d'agriculteurs sur la commune ;
 - par la crise de l'industrie chimique (implantée dans la vallée du Rhône) ;
 - par la crise pétrolière.
- 44 Depuis plusieurs dizaines d'années, un nombre important d'habitations ont été construites à Condrieu en zone inondable et aujourd'hui Condrieu compte 520 habitants dans la zone inondable d'une crue centennale⁵. L'attention au risque inondation s'est relâchée depuis l'endiguement des années 1970-1980, tandis que la prise en compte de la présence bénéfique du fleuve s'est plutôt accrue à partir de cette période. Dans les zones inondables de Condrieu, se sont implantées, en plus des habitations, des activités économiques en relation avec l'eau : l'agriculture pendant longtemps et désormais les activités de loisir (camping, base nautique, l'île du Beurre). Concernant l'occupation des rez-de-chaussée, des relevés de terrains réalisés dans le cadre de ce travail ont montré que, dans le centre-bourg plus proches du Rhône de Condrieu et de certaines communes environnantes, les bâtiments sont mitoyens et avec un rez-de-chaussée à hauteur du terrain naturel ou au maximum 20 cm au-dessus. En comparaison, les pavillons qui se sont construits en périphérie (plus éloignés du Rhône) présentent des rez-de-chaussée surélevés donc moins vulnérables aux crues.

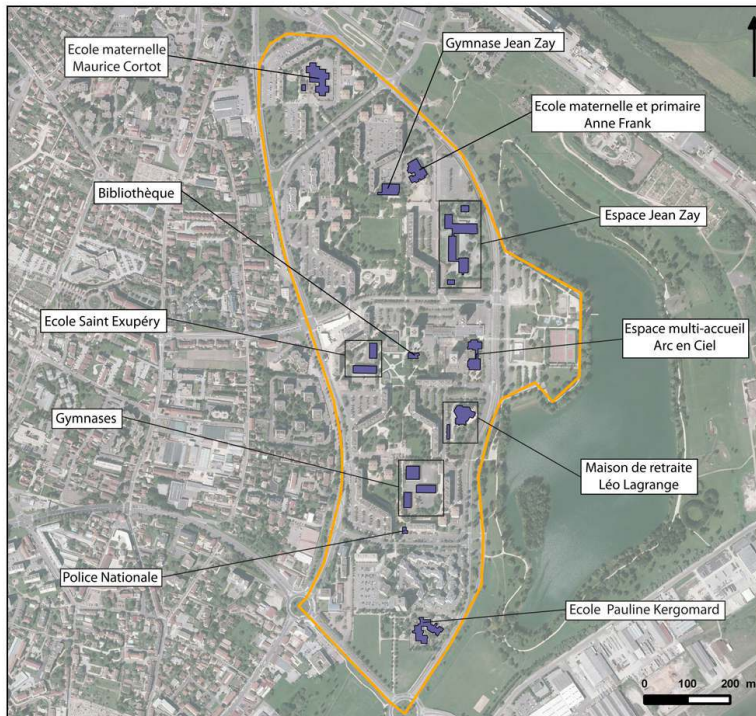
- 45 À Condrieu, la mairie et ses services techniques, les hôpitaux ainsi que la maison de retraite ne sont pas situés dans la zone inondable par la crue centennale. Le centre-ville historique ne serait pas touché car il avait été construit plus en hauteur (figure 9), ce qui traduit une conscience ancienne du risque d'inondation. Les services de secours (pompiers et gendarmerie) ne sont pas localisés à Condrieu et c'est donc l'accessibilité aux zones touchées qui pourrait principalement poser problème. Du fait de crues lentes et des systèmes d'alerte existants, les populations pourraient cependant être évacuées.
- 46 Les implantations de l'habitat en zones inondables sont toujours plus présentes sur le territoire. Pourtant, les digues ne protègent pas contre les crues cinquantennales, ni contre les crues centennales. Condrieu s'est adapté à des crises sociales (exode rural ; crise de l'industrie chimique) et même ponctuellement pendant quelques années à des crises « naturelles » comme la crue de 1856 après laquelle sa population avait décliné. Cette décroissance de la population peut s'expliquer en partie par la répétition des crues de 1840 et 1856 pouvant favoriser une migration de la population installée en zone à risque [Gargani et Jouannic, 2015]. L'adaptation de la collectivité de Condrieu s'est en général plus réalisée par rapport à des problématiques sociales (perte de valeur des terres agricoles, baisse d'attractivité du territoire, etc.), économiques (essor du tourisme et de l'industrie du loisir ; augmentation de la navigabilité du Rhône), plutôt que du risque d'inondation. Depuis, la volonté des classes moyennes des villes (comme Vienne et Chalon-sur-Saône) d'accéder à des maisons individuelles avec des jardins s'est matérialisée par l'augmentation des constructions sur des territoires « périurbains » comme Condrieu.
- 47 Les stratégies d'adaptation aux inondations sur le territoire de Condrieu ont été fluctuantes depuis 200 ans. Historiquement la plupart des habitations de Condrieu étaient situées sur les coteaux (figure 9a). Puis l'endiguement s'est développé, notamment après la crue de 1856, pour devenir une stratégie systématique de protection contre les crues du Rhône. La colonisation des zones inondables dans un but d'habitat s'est développée ensuite progressivement jusqu'à aujourd'hui. L'utilisation des zones proches du Rhône pour des activités en relation avec le Rhône (tourisme) se sont mises en place, mais tout en continuant de construire des habitations en zone inondables (figure 9b). Héritant de plus de 200 années d'urbanisation et de stratégies fluctuantes, le territoire de Condrieu ne semble pas orienté vers la réduction de sa vulnérabilité. Loin d'ignorer la présence du Rhône, la stratégie locale traduit une acceptation de fait du risque inondation pour des crues trentennales ou cinquantennales. On constate en effet qu'un nombre non négligeable d'habitations sont touchées lors dès la crue trentennale (figure 6).

5.2. Stratégies d'adaptation à Chalon-sur-Saône

- 48 Pour Chalon-sur-Saône, et notamment pour le quartier des Prés Saint-Jean, on observe le franchissement d'un seuil en termes d'impact entre la crue vicennale et la crue cinquantennale [Cerema, 2015] : pour une crue vicennale, l'impact se limite principalement à des espaces agricoles et naturels, à partir d'une crue cinquantennale l'ensemble du quartier se retrouverait quasiment intégralement inondé (figure 7a). L'acceptabilité « implicite »⁶ du risque d'inondation semble avoir été conditionnée par les limites de la crue vicennale [Cerema, 2015] car les infrastructures hydrauliques de protection n'assurent plus de défense efficace au-delà de cette limite. Au-delà d'une telle crue, des infrastructures de « base » comme des écoles, des crèches, des maisons de

retraites, une bibliothèque, la police ou des hôpitaux seraient touchés (figure 10). La priorité a été donnée à l'accès au logement et aux infrastructures sociales de base, dans un contexte de forte croissance démographique à Chalon-sur-Saône après la Seconde Guerre mondiale (figure 3).

Figure 10. Infrastructures collectives présentes dans le quartier des Prés Saint-Jean à Chalon-sur-Saône qui seront inondées par la crue cinquantennale



Auteur : Cerema (2015).

- 49 De nombreux rez-de-chaussée d'immeubles d'habitation pourraient être touchés par les inondations, ce qui pose le problème de la sauvegarde des biens et des personnes. Par ailleurs, des entreprises, dont certaines classées SEVESO, devraient être inondées dès la crue cinquantennale et pendant plusieurs semaines. La pollution engendrée liée au site de stockage et de distribution de peroxydes organiques et de produits peroxydés⁷, ainsi qu'à la présence d'un site AREVA, ne devrait pas être évidente à traiter et engendrerait des coûts (soit de traitement de dépollution, soit de conséquences sanitaires si la pollution n'est pas traitée efficacement). La mise au chômage technique pendant plusieurs semaines posera probablement des problèmes économiques : une inondation centennale impacterait entre 6 400 et 10 500 sur la seule commune de Chalon-sur-Saône⁸. Le fait que des infrastructures collectives (crèches, police...) soient situées dans la zone poserait également problème dans le cas de crues de plusieurs semaines (figure 10).
- 50 Certains quartiers inondables se sont fortement urbanisés depuis l'inondation de 1840, comme le montre la comparaison entre les cartes d'Etat-Major de la première moitié du XIXe siècle et les images satellites récentes. L'exode rural a conduit à une croissance démographique sur le territoire de la commune de Chalon au XIXe siècle (figure 3), malgré le risque d'inondation. L'industrialisation et le baby-boom après la seconde guerre mondiale (les Trente Glorieuses) ont influencé l'essor démographique local (figure 3). La

crue qu'a connue la ville de Chalon en 1955 n'a en rien influencé le développement de l'habitat en zone inondable. L'adaptation de la commune de Chalon aux contraintes auxquelles elle était soumise ne s'est pas réalisée sur la base du critère spécifique du risque inondation. Chalon-sur-Saône s'est adapté aux évolutions sociales importantes des années 45-75 durant laquelle le nombre d'habitants a énormément augmenté en créant des logements à loyer modéré dans des immeubles, notamment dans le quartier des Prés Saint-Jean. Des habitations existaient déjà dans ce secteur, comme observable sur les cartes de 1950 de l'Institut Géographique National, néanmoins, il était beaucoup moins urbanisé qu'aujourd'hui. Puis, la population locale de Chalon au début des années 80 a décru. Depuis 1980, la commune a perdu dans sa globalité plus de 20 % de sa population (de 58 000 à 44 000 ; figure 3) qui a préféré s'installer dans les communes voisines, moins urbanisées, où la possibilité d'accéder à une maison individuelle avec plus d'espace a été le principal moteur de mobilité. Les stratégies individuelles de logement ont pu conduire ces habitants à opter pour un habitat péri-urbain, comme le suggère la croissance démographique des communes voisines. La réduction du nombre d'habitants sur Chalon-sur-Saône, y compris en zone inondable, pourrait laisser penser à la réduction de la vulnérabilité. Néanmoins, cette interprétation est difficile à soutenir car les communes voisines, qui ont vu leur population augmenter, se situent aussi en partie en zone inondable. Ainsi, nous ne pouvons pas affirmer que la vulnérabilité ait réellement décru si on considère un territoire un peu plus large. Pour la commune de Chalon-sur-Saône, cette baisse de la population pourrait être l'occasion d'une réorganisation urbaine tenant davantage compte de l'aléa inondation dans un contexte démographique plus propice. Il n'y a pas à proprement parler de stratégie collective clairement définie de réduction de la vulnérabilité actuellement sur le territoire de Chalon-sur-Saône. Le sujet a néanmoins commencé à être évoqué lors de la réalisation du diagnostic de vulnérabilité vis-à-vis des inondations du territoire. L'évolution de ce territoire sur les dernières décennies semble plus dictée par les stratégies individuelles de logement que par une stratégie collective de réorganisation urbaine. La stratégie collective de Chalon a été de s'adapter prioritairement aux fortes contraintes démographiques et sociales qui ont affecté le territoire. Dans une moindre mesure, Chalon s'est protégée des crues les plus fréquentes (décennales et vicennales). La continuité des services est globalement assurée tant que le débit est inférieur à celui de la crue vicennale (figure 8). Au-delà de ces débits, on constate une inondation de très grande ampleur, notamment lors des crues cinquantennales (figure 8).

Conclusion

- 51 Au cours du temps, les sociétés s'adaptent à plusieurs types de crises. Les stratégies d'adaptation dépendent de la connaissance que l'on a du milieu naturel, de la hiérarchisation des priorités et de la perception des différents risques. Les sociétés ne mettent pas forcément la vulnérabilité face aux inondations comme une priorité. Ainsi, les crises sociales et économiques qui touchent directement les populations sont considérées comme des priorités par rapport à des crises environnementales qui ne toucheront de façon aigüe les populations que dans un futur « indéterminé » (et même si elles ont déjà été touchées dans le passé). Cependant la gestion des crises sociales et économiques, notamment la demande de logement des classes populaires (Chalon) ou la transformation de terres agricoles en terrain constructibles à des prix intéressants

(Condrieu), peut aboutir à l'aggravation des inondations et, plus généralement, des crises environnementales futures.

- 52 Comme le démontrent les exemples de Condrieu et de Chalon-sur-Saône, les mutations et les crises sociales sont souvent le moment où se prépare la vulnérabilité à venir. La mutation sociale qui s'opère depuis 40 ans à Chalon est l'occasion d'une réorganisation urbaine qui pourrait permettre de réduire la vulnérabilité face aux inondations. Les crises naturelles ou sociales sont à la fois le moment le plus propice pour réorganiser les sociétés pour faire face aux inondations, mais également le moment le plus critique où se font les choix, souvent malheureux, favorisant l'augmentation de la vulnérabilité.
- 53 L'aggravation des crises environnementales futures, et notamment des crises liées aux inondations, est probable pour deux raisons :
- le régime fluvial n'est pas stable et est amené à évoluer en relation avec des changements climatiques ;
 - des boucles de rétroaction existent entre occupation des berges des fleuves et le risque d'inondation.
- 54 La réduction de la vulnérabilité vis-à-vis des inondations n'est pas l'évolution la plus probable à court terme parce que la connaissance du territoire (mémoire du risque) a plutôt tendance à diminuer à cause de la mobilité géographique des habitants, de l'urbanisation croissante et des crises socio-économiques à répétition qui affectent nos sociétés. Par ailleurs, certains intérêts catégoriels peuvent voir le jour et empêcher la réduction de la vulnérabilité. Ainsi, afin d'obtenir l'accès à la maison individuelle tant désirée, certains pourraient vouloir privatiser toujours plus les territoires à risque qui présentent souvent des avantages (site naturel agréable, prix relativement faible du terrain, etc.), et exiger la socialisation des coûts croissants des dommages. Les communes peuvent faire les mêmes calculs puisque la construction de nouveaux logements peut redynamiser leur territoire (économiquement, démographiquement) et que les coûts des inondations sont en partie transférés à d'autres échelles (particulier, département, région, national).
- 55 Pour réduire les coûts collectifs de cette relative indifférence à la vulnérabilité vis-à-vis des inondations, il faut bien réfléchir aux priorités. Il est nécessaire, dans cette phase de construction des stratégies d'adaptation, de faire des allers-retours entre l'échelle locale et des échelles plus « globales », mais aussi de ne pas oublier, lors de la résolution des crises socio-économiques, la prise en compte des risques naturels et des aspects environnementaux.
- 56 Les stratégies fluctuantes pour se protéger des inondations, comme à Condrieu, où la priorité donnée à la résolution de problèmes socio-économiques, comme dans le Grand-Chalon, rendent difficile une réduction de la vulnérabilité. Longtemps, il avait décidé de maintenir les habitations à l'écart des rives des fleuves pour éviter d'être inondé. Puis l'endiguement a constitué une nouvelle forme de coexistence avec les fleuves. L'accélération du développement des digues dans la vallée du Rhône [Villien, 1937] datent d'environ 1850, même si des digues avaient déjà été construites avant. Ce n'est pas une stratégie isolée puisque l'endiguement a connu un essor à la même époque dans d'autres territoires. Les premiers polders de la baie du Mont Saint-Michel ont été construits à partir de 1850 [Bonnot-Courtois, 2012] afin de conquérir des terres cultivables sur la mer.
- 57 On a continué de construire dans la zone inondable de Condrieu lors des 15 dernières années. Il semble que sur ce territoire les stratégies individuelles de logement aient été

accompagnées depuis plusieurs dizaines d'années par la volonté collective de vivre et de se développer avec la présence bénéfique du fleuve Rhône, au dépend de la prévention contre le risque d'inondation et d'une réduction de la vulnérabilité. Alors que les dernières mutations urbaines ont augmenté la vulnérabilité de Condrieu, elles pourraient être l'occasion pour Chalon-sur-Saône de la réduire ou de ne pas l'accroître. Une stratégie d'urbanisation à plus long terme, tenant compte des différents scénarii de crue est sans doute nécessaire pour que les collectivités prennent conscience des faiblesses de leurs choix d'aménagements. En l'absence de diagnostic de vulnérabilité régulièrement mis à jour, les territoires ont tendance à se développer selon des logiques très fluctuantes au cours du temps, dont l'héritage pèse et pèsera lourdement sur les collectivités.

BIBLIOGRAPHIE

ANDRÉ C. (2013), *Analyse des dommages liés aux submersions marines et évaluation des coûts induits aux habitations à partir des données d'assurances : perspectives apportées par les tempêtes Johanna (2008) et Xynthia (2010)*. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, 301 p.

ANDRÉ C., MONFORT D., BOUZIT M., VINCHON C. (2013), Contribution of insurance data to cost assessment of coastal flood damage to residential buildings: insights gained from Johanna (2008) and Xynthia (2010) storm events, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, v.13, pp. 2002-2012.

ASTÉ J-P. (2006), « Une méthodologie pour l'évaluation économique des risques et l'efficacité des parades : EVARISK », in F. Léone, F. Vinet (dir.), *La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces*, Montpellier, Géorisques, pp. 107-116.

BARROCA B., BAUDUCEAU N., BERAUD H., HUBERT G., JADOT J., MIGNON V. (2012). MéCaDePI : *Méthode d'Évaluation et de Caractérisation des Déchets Post Inondation*, Rapport final, 134 p.

BOÉ J., TERRAY L., MARTIN E., HABETS F. (2009), Projected changes in components of the hydrological cycle in French river basins during the 21st century, *Water Resources Research*, v.45, W08426.

BONNOT-COURTOIS C. (2012), *Dynamique sédimentaire intertidale en baie du Mont-Saint-Michel entre évolution naturelle et aménagements*, XIIe journées Nationales Génie Côtier- Génie Civil 12-14 Juin 2012, Editions Paralia CFL, DOI :10.5150/jngcgc.2012.021-B.

BRAVARD J.-P., CLEMENS A. (2008), *Le Rhône en 100 questions*, Lyon, GRAIE, 295 p.

CEREMA (2015). *Expérimentation de la démarche ReVITeR sur le territoire du Grand Chalon*, Rapport d'étude, 82 p.

DÉGARDIN F. (2002), Urbanisation et inondations : de l'opposition à la réconciliation, *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, n° 1, 91-103.

DELAHAYE E. (2004) La dialectique des villes et du Rhône à l'aval de Lyon : des villes malgré le fleuve ? Urbanisation et contrainte fluviale, *Géocarrefour*, vol. 79/1.

DIREN Rhône-Alpes (2009), *Un siècle de crue du Rhône. Regard d'un collectionneur*, Lyon, 57 p.

GARGANI J., JOUANNIC, G. (2015). Les liens entre la société, la nature et la technique durant les derniers 200 ans : analyse dans deux vallées françaises. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne]*, Volume 15 Numéro 3, DOI : 10.4000/vertigo.16810.

GIEC (2013), *Bilan 2013 des changements climatiques. Contribution du groupe de travail 1 au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, Genève, Suisse, 1552 p.

JUDEK C. (2013), *L'évaluation Economique du Risque Inondation : Un Outil pour le Diagnostic Territorial de Vulnérabilité*, Mémoire de Master 2, Université Paris-Sorbonne, 73 p.

LAPORTE V. (2009). *Croissance du nombre de logements en zones inondables*, Commissariat Général au Plan, Le point sur MEDDAT/CGDD/SoeS, n° 6, 4 p.

LEONE F., VINET F. (2006), « La vulnérabilité, un concept fondamental au cœur des méthodes d'évaluation des risques naturels », in F. Léone, F. Vinet (dir.), *La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces*, Montpellier, Géorisques, pp. 9-25.

MERZ B., KREIBICH H., SCHWARZE R., and THIEKEN A. (2010), Assessment of economic flood damage, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10, pp. 1697-1724, doi :10.5194/nhess-10-1697-2010.

MEDAD (2008), *Observation des enjeux : estimation des populations et des logements en zone inondable*, Collection « Risques naturels majeurs », 32 p.

MEDDE (2012), *Principaux enseignements de la première évaluation des risques d'inondation sur le territoire français*, 68 p.

MEDTL (2011a), *Évaluation préliminaire des risques d'inondation sur le bassin Seine-Normandie*, 544 p

MEDTL (2011b), *Évaluation préliminaire des risques d'inondation sur le bassin Rhône-Méditerranée*, 711 p.

METL (1997), *Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR)*, Paris, La documentation française, 76 p.

OCDE (2014), *Gestion des risques d'inondation : la Seine en Ile-de-France*, Étude de l'OCDE, Paris, 214 p.

PARDE M. (1925), Le régime du Rhône, *Revue de Géographie Alpine*, 13 (3), pp. 459-547.

PICHARDG., ROUCAUTE, E. (2014), Sept siècles d'histoire hydroclimatique du Rhône d'Orange à la mer (1300-200) : climat, crues, inondation, *Revue Méditerranée*, Numéro hors-série, 192 p.

REGHEZZA, M. (2006), *Réflexions autour de la vulnérabilité métropolitaine : la métropole parisienne face au risque de crue centennale*, Thèse de doctorat, Université Paris X Nanterres, 382 p.

VEYRET Y., LAGANIER R. (2013), *Atlas des risques en France*, Paris, Editions Autrement, 96 p.

VILLIEN H. (1937), L'endiguement du Rhône et de la Saône. Les quais de Lyon et leur efficacité contre les inondations, *Les études rhodaniennes*, 13, pp. 5-22.

VINET F., LUMBROSO D., DEFOSSEZ S., BOISSIER L. (2011), *A comparative analysis of the loss of life during two recent floods in France: the sea surge caused by the storm Xynthia and the flash flood in Var*, Natural Hazards. DOI : 10.1007/s11069-011-9975-5

NOTES

1. <http://historhone.cerege.fr>

2. BRGM – prim.net ; inondationsnappe.fr – Plan de Prévention des Risques Inondation, DREAL Rhône-Alpes
 3. <http://historhone.cerege.fr>
 4. www.geoportail.fr
 5. http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/dir-inondations/cartes/vienne/TRI_VIENNE_CE_INDICATEUR.pdf
 6. Un travail expérimental [Cerema, 2015] réalisé par le Cerema pour le compte de la DREAL Rhône a permis de mettre en évidence un palier important entre la crue vicennale (1182 personnes en zone inondable) et la crue cinquantennale (11 591 personnes en zone inondable) sur Chalon, au-delà duquel, et sans attendre la crue historique de référence, des secteurs fortement urbanisés sont inondés.
 7. www.saone-et-loire.gouv.fr/IMG/pdf/PPRT_Chalon_-_Reglement_approuve-2.pdf
 8. http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/dir-inondations/cartes/chalons/TRI_CHALONS_CE_INDICATEUR.pdf
-

RÉSUMÉS

La réduction de la vulnérabilité vis-à-vis des inondations est souvent présentée comme un objectif. Toutefois, le nombre d'habitations construites en zones inondables ne cesse d'augmenter, montrant l'inefficacité des stratégies globales/nationales de réduction des risques et la tendance à souvent négliger les évolutions des environnements naturels. Confrontées à de multiples difficultés, nos sociétés tentent de résoudre dans l'urgence les problèmes avec pour priorité légitime, les crises sociales. Or, comme le montrent les exemples de Condrieu et de Chalon-sur-Saône, les mutations et les crises sociales sont souvent le moment où se prépare la vulnérabilité à venir. L'évolution urbaine des territoires soumis au risque inondation que nous avons étudié a été fortement conditionnée par la réponse à des mutations socio-économiques comme : (1) l'exode rural, (2) la nécessité de loger les classes populaires, (3) la volonté de redynamiser les territoires lors des crises socio-économiques (crises pétrolières et de l'industrie chimique, crise agricole, etc.). La relation de causalité entre crise sociale et crise « naturelle » provient ici de la gestion séparée des risques sociaux et environnementaux, comme si ceux-ci étaient indépendants. C'est pourquoi, les stratégies d'adaptation vis-à-vis des risques environnementaux, et du risque inondation en particulier, doivent être réfléchies conjointement à la résolution des crises sociales sous peine de répéter indéfiniment le cycle qui conduit des crises sociales vers les crises environnementales.

The reduction of flood vulnerability is often presented as an objective. However, the increase of buildings into flooded area highlights the ineffectiveness of global strategies of risk management and the trend often to neglect the changes in natural environments. Our societies are confronted with multiple challenges and tried to solve their problems in emergency with the social crises as legitimate priority. But, as demonstrated by the examples of Condrieu and Chalon-sur-Saône, mutations and social crises are often the time when the vulnerabilities are becoming apparent. The urban development of areas subject to flood risk was strongly conditioned by the response to socio-economic changes such as: (1) the rural depopulation, (2) the need to house the working classes, (3) the will to revitalize territories during socioeconomic crises (petroleum and chemical industry crises, agricultural crisis...). The causal relations between social crisis and « natural »

crisis here comes from the separate management of social and environmental risks. Therefore, the strategies of adaptation in relation to environmental risks should be thought with the resolution of social crises, because of the risk of indefinitely repeating the cycle leading from social crises to environmental crises.

INDEX

Mots-clés : inondation, vulnérabilité, environnement, société, crise, adaptation, Condrieu, Chalon sur Saône, vallée du Rhône, vallée de la Saône

AUTEURS

GWENAËL JOUANNIC

Cerema
Département Ville et Territoire
9 Rue René Viviani
44200 Nantes, France
gwenael.jouannic@cerema.fr

JULIEN GARGANI

Université Paris-Sud
Laboratoire GEOPS
rue du belvédère
bâtiment 509
91405 Orsay, France
julien.gargani@u-psud.fr

TIFFANY LEGENDRE

Direction Départementale des Territoires et de la Mer de la Seine-Maritime
26 Boulevard de Strasbourg
76084 Le Havre
France
tiffany.legendre@seine-maritime.gouv.fr

PHILIPPE GASTAUD

Cerema
Laboratoire de Nancy
71 rue de la Grande Haie
54510 Tomblaine
France
philippe.gastaud@cerema.fr

ZÉHIR KOLLI

Ministère de l'Environnement et de la Mer
Tour Sequoia
1 place Carpeaux

La Défense
92055 La Défense France
zehir.kolli@developpement-durable.gouv.fr

DENIS CROZIER

Cerema
Département Ville et Territoire
9 Rue René Viviani
44200 Nantes
Francedenis.crozier@cerema.fr

FABRICE ARKI

Direction Départementale des Territoires de Meurthe-et-Moselle
Place des Ducs de Bar
54000 Nancy
France
fabrice.arki@meurthe-et-moselle.gouv.fr