HAL
open science

Approche multidisciplinaire pour la caractérisation d'inondations remarquables : Enseignements tirés de neuf évènements en France (1910-2010)

Martin Boudou

▶ **To cite this version:**

Martin Boudou. Approche multidisciplinaire pour la caractérisation d'inondations remarquables : Enseignements tirés de neuf évènements en France (1910-2010) : Tome 1 : Manuscrit. Environnement et Société. Université Paul-Valéry Montpellier III, 2015. Français. NNT : . tel-01253728

HAL Id: tel-01253728

https://theses.hal.science/tel-01253728

Submitted on 11 Jan 2016

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.

THÈSE
Pour obtenir le grade de Docteur

Délivrée par l'université Paul Valéry – Montpellier III

Préparée au sein de l'école doctorale ED 60 – Territoires, Temps, Société et Développement

Et des unités de recherche Irstea HHLY et UMR GRED

Spécialité : Géographie et Aménagement de l'Espace

Présentée par Martin BOUDOU

Approche multidisciplinaire pour la caractérisation d'inondations remarquables

Enseignements tirés de neuf évènements en France (1910-2010)

Tome 1 : Manuscrit

Soutenance à Irstea Lyon-Villeurbanne le 30 novembre 2015, devant le jury composé de

Gilles ARNAUD-FASSETA, Professeur – Université Paris-Diderot 7 — *Rapporteur*

Maria del CARMEN LLASAT BOTIJA, Professeur – Université de Barcelone — *Rapporteur*

Nancy MESCHINET DE RICHEMOND, Professeur – Université Montpellier III — *Examinateur*

Johnny DOUVINET, Maître de conférences – UMR Espace Avignon — *Examinateur*

Freddy VINET, Professeur – Université Montpellier III — *Directeur de thèse*

Michel LANG, Ingénieur, Habilité à diriger des recherches – IRSTEA Lyon-Villeurbanne — *Co-directeur de thèse*

Denis CŒUR, Docteur en Histoire – Acthys-Diffusion (Grenoble) — *Encadrant de thèse*

Université Paul Valéry – Montpellier III
École Doctorale 60 – Territoires, Temps, Sociétés et Développement

U.M.R. 0007 – Gouvernance, Risque, Environnement, Développement (GRED)
IRSTEA Lyon-Villeurbanne, Hydrologie-Hydraulique (HHLY)

Thèse pour l'obtention du titre de doctorat en Géographie et Aménagement de l'Espace de l'Université Paul-Valéry – Montpellier III

Approche multidisciplinaire pour la caractérisation d'inondations remarquables : Enseignements tirés de neuf évènements en France (1910-2010)

Tome 1 : Manuscrit

Soutenue publiquement le 30 novembre 2015 à Villeurbanne par

Martin BOUDOU

Membres du Jury

Gilles ARNAUD-FASSETA – Professeur – Université Paris-Diderot 7 (*Rapporteur*)

Maria del CARMEN LLASAT BOTIJA – Professeur – Université de Barcelone (*Rapporteur*)

Nancy MESCHINET DE RICHEMOND – Professeur – Université Montpellier III, UMR GRED (*Examinateur*)

Johny DOUVINET – Maître de conférences – UMR Espace Avignon (*Examinateur*)

Freddy VINET – Professeur – Université Montpellier III, UMR GRED (*Directeur de thèse*)

Michel LANG – Ingénieur, Habilité à diriger des recherches – IRSTEA Lyon-Villeurbanne (*Co-directeur de thèse*)

Denis CŒUR – Historien – Acthys-Diffusion, Grenoble (*Encadrant de thèse*)

Source photographie Page de Couverture : Une rue de Besançon durant l’inondation de janvier 1910, AD 25.

Remerciements

L'aboutissement de cette thèse doit être associé à un grand nombre de personnes pour lesquelles j'exprime ma profonde reconnaissance. Je tiens en premier lieu à remercier mes encadrants : Michel pour ton soutien sans failles, ta patience et ton enthousiasme au quotidien (j'espère que les ascensions de sommets vont être nombreuses, en Nouvelle-Zélande ou ailleurs !) Freddy pour tes conseils avisés et tes nombreux encouragements (plein de bonheur avec la nouvelle venue !), Denis pour les nombreux échanges téléphoniques toujours passionnés qui m'ont fait me creuser les méninges mais également progresser considérablement sur mon sujet. Merci à vous trois, cela a été un réel plaisir de travailler avec vous et j'espère sincèrement que cette collaboration ne s'arrêtera pas là. Je tiens par ailleurs à remercier les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer cette thèse et de ne pas avoir pris peur à la lecture du manuscrit : Nancy Meschinet de Richemond, Maria del Carmen Llassat Bojita, Johny Douvinet, Gilles Arnaud-Fasseta. Je remercie également chaleureusement les membres de mon comité de thèse. Jean-Michel Soubeyroux pour l'intérêt qu'il a porté à mon sujet mais également pour ses précieux conseils. Bruno Ledoux pour son expertise et son regard avisé sur le sujet. Guy Blanchet pour les échanges que nous avons pu avoir au cours de ces trois ans de thèse et pour son enthousiasme inépuisable. Jean-Philippe Pene pour sa participation et son support durant ce projet. J'exprime par ailleurs ma gratitude aux multiples acteurs de la gestion du risque avec qui j'ai pu échanger durant ces trois années et plus particulièrement : la dynamique et sympathique équipe de Besançon, Julie Vereecke, Yannick Cadet, Céline Dziadkowiak et Ewen Lyvinec. François Gazelle, Bertrand Dessailly et Philippe Valette, que j'ai eu le plaisir de côtoyer à Toulouse et qui m'ont vivement encouragé à continuer dans cette voie. Sylvie Jourdain, Annick Auffray et Pierre Lassègues de Météo-France à Toulouse, pour les données échangées et pour leur intérêt à notre projet. Jean Dunglas et Thierry Pointet pour leur expertise scientifique des évènements respectifs de 1959 et 2001. Mr et Mme Anil pour leur témoignage au sujet de la tempête Xynthia et pour leur disponibilité et intérêt. David Bourguignon et Annabelle Moatty ainsi que tous les membres de l'UMR Gred de Montpellier qui, malgré l'éloignement géographique, ont rendu ce projet possible. Je tiens également à remercier Estelle Fistarol, Bruno Janet, Hélène Matthieu-Subas, Frédéric Gache pour leurs conseils et leur analyse scientifique mais aussi et sûrement bien d'autres personnes que j'oublie de lister ici.

Ces trois années ont été ponctuées de nombreuses rencontres qui ont contribué à faire de la thèse une belle expérience. C'est dans cette optique que je tiens à remercier ce cher Racoon, pour son support intellectuel et amical, sans qui ces trois années de thèse auraient été bien mornes : le méchu-picchu connaîtra bien d'autres aventures de haute voltige, c'est une certitude ! En espérant que celles-ci se finissent sans (ou avec ?) béquilles ! Chacalita, Chac', Poussin, Marie-André « à peu près », fan de Vélov' et de tant d'autres choses… je tiens

« grosso-modo » à te dire merci pour tout : la bonne humeur, l'amour de la mauvaise musique et les cris en tout genre ! (les couloirs s'en souviennent…). Lucy : Coboubou en or, j'espère que tu vas chevaucher moult poneys en Oklahoma. Ben, mister Renard, alias Canichou (selon Latapie) : une mauvaise foi (tu rigoles ou quoi ?!) et une groove attitude au top ainsi qu'une maîtrise totale de l'art du kundelich ! Clairette et David : des parents bobo-bios très cools et parfois bien arrangés. Miss Malav', un très bon cru avec qui j'espère profiter pleinement de la jungle Viet-Nâmienne. Laura, Bella et on verra bien bien plus tard pour le Ciao, autour d'un verre de Limoncello et d'une partie de Tchuk Ball sur les genoux. Marko, Tio, Ziveli Brate : merci pour ce nouvel an serbe et les trios berthom-frite'alors-boston ! Ivan : copain fumeur, philosophe à ces heures et sans aucun doute un hippie ultra cool. François : un bon trip en Nouvelle-Zélande en perspective ! Violaine, copine de café et bien meilleure que moi à 7 Wonders. Quentin et Flo : voisins, amis de tatane et d'apéro. Valou : Bonjour !! PhB alias daddycool : plein de bonheur avec les deux ritals qui t'attendent à la maison ! Laurie, un peu peste mais retoucheuse photo et cinéphile hors-pair. Delphine : continue de jongler entre taxidermie et mauvais gout ! Annabelle : We did it ! Jean-Phi alias the Auvergnate Bible ! Raf et Constance : pour « mon plaisir » on se prévoit une petite citronnade quand les beaux jours reviennent ! Latapie et sa petite famille à l'accent chantant. Xavier et Roro (1 et 2), infatigables compagnons de l'Envers des Pentes. Marina pour tes hochements de tête durant la soutenance et les bons moments passés à travailler à tes côtés ! Lucie : pleins de points-P en perspectives. Chloé LG : accroc à l'écologie et aux mojitos: je compte sur toi et Thomas pour le prochain Halloween ! Ou alors pour me trouver un rôle dans un navet quelconque. Choé LB : cuisinière aventurière. Albert : the real cabri Catalan. Greg, alias the CamelMan. Antoine : grille de lecture demeure un nom très sexy, sache-le Mountain Man ! Germain, alias Chouffman. Gégé et Marion du Château de la Roche. Le gang des Marin's, Caro, Comète et bien sûr Polkra, notre maître à tous ! Christine B., correctrice hors-pair *à l'instar* de quelques-uns ! Puis, dans l'anarchie la plus totale : Azziz et Elo, Hélène, Lionel, Isabelle, Lily, Sylvain, Sheng, Victor, Adrien, Sébastien, Guillaume, Fabien, Momo, Sabine, Thomas et Thomas, Céline, Maria-Helena, André, Clotaire, Benjamin, Loïc, Matthieu, Alexis, Antoine, Adeline, Marion, Benoît, Emeline, Musaab, Jacquot, Séb Perrier, et tous ceux que j'oublie et qui ont sans nul doute contribué à ces trois belles années et à l'aboutissement de ce travail.

Dans un autre temps, selon une formulation très boudouesque, je tiens à dire un grand merci à Docteur Joubert ainsi qu'à Sophie Combes, sans qui je n'aurai sûrement pas osé tenter l'aventure thèse. Enfin, un immense merci à ma famille, tant normande qu'occitane, pour leur soutien depuis 27 ans, leur patience à corriger les fautes d'orthographe et à me supporter, le pot magistral et bien sûr la fête qui s'en est suivie (qui je l'espère sera suivie par beaucoup d'autres). Merci !

Sommaire

Remerciements **7**

Sommaire **9**

Introduction générale **11**

Chapitre I. Enjeux et objectifs autour de l'étude des évènements majeurs d'inondation **21**

Introduction du chapitre I *23*

1. Le spectre d'une inondation majeure : un objet au cœur de la gestion du risque *25*

2. De l'exceptionnel à la catastrophe: la place du remarquable *36*

3. D'une vision segmentée à holistique des évènements d'inondation *48*

4. Rappel des enjeux et objectifs d'une étude d'évènements majeurs d'inondation *58*

Synthèse du Chapitre I *61*

Chapitre II. Une grille de lecture pour la sélection d'évènements remarquables **63**

Introduction du chapitre II *65*

1. Enjeux autour de l'établissement d'une grille de lecture *67*

2. Méthodologie employée pour la création de la grille de lecture *73*

3. Résultats de l'application et sélection de neuf évènements remarquables *94*

4. Retour sur les intérêts d'une grille de lecture pour la sélection d'évènements remarquables *119*

Synthèse du chapitre II *121*

Chapitre III. Une illustration de la monographie : l'évènement de mars 1930 **123**

Introduction du chapitre III *125*

1. L'évènement de mars 1930 : un cas d'étude pour l'analyse de la remarquabilité *127*

2. L'extension spatiale de l'évènement *130*

3. Caractérisation de l'aléa hydrométéorologique à l'origine des inondations *133*

4. Gravité de l'évènement de mars 1930 dans le sud-ouest de la France *148*

5. Les enseignements apportés par la monographie de mars 1930 ..... *176*

Synthèse du Chapitre III *181*

Chapitre IV. Le « processus de production » de l'aléa lors d'un évènement remarquable d'inondation 183

Introduction du chapitre IV *185*

1. Une approche systémique pour l'exploration du processus de production de l'aléa *187*

2. Caractérisation de l'aléa hydrométéorologique *197*

3. Identification des facteurs de l'aléa impliqués dans le processus de production de l'aléa *233*

4. Apports d'une approche systémique pour la caractérisation du processus de production de l'aléa *258*

Synthèse du Chapitre IV *263*

Chapitre V. La mortalité liée aux évènements remarquables d'inondations 265

Introduction du chapitre V *267*

1. Objectifs et enjeux d'une étude de la mortalité *269*

2. L'analyse de la mortalité lors d'évènements remarquables *280*

3. Facteurs explicatifs de la mortalité lors d'évènements remarquables *304*

4. Enseignements apportés par l'analyse de la mortalité *333*

Synthèse du Chapitre V *341*

Chapitre VI. La gestion de l'évènement remarquable par la société 343

Introduction du chapitre VI *345*

1. Les répercussions post-évènement : marqueurs ou facteurs de remarquabilité ? *347*

2. Le poids des impacts médiatiques et des mesures d'urgences *351*

3. Une recherche des causes et des responsabilités à l'origine de la remarquabilité ? *365*

4. Des évènements remarquables à l'origine de mesures politiques *381*

5. Le rôle de la gestion dans l'évènement remarquable d'inondation *394*

Synthèse du Chapitre VI *397*

Conclusion générale 399

Bibliographie 409

Liste des sigles et acronymes 443

Table des matières 447

Table des Figures 456

Liste des Tableaux 460

Table des Photos 462

Introduction générale

Source Photographie Introduction Générale : Le Pont Battant durant l'inondation de janvier 1910 à Besançon, Archives Municipales Besançon.

Le retour d'une inondation de la Seine en région parisienne identique à celle de janvier 1910 est l'objet de nombreuses réflexions quant à la gestion de ses impacts. Celle-ci est en effet susceptible d'inonder une grande partie de la capitale et de paralyser pendant près de trois semaines les principaux centres de décisions politiques et économiques du pays (Chiroiu et al., 2015). De surcroît, le coût économique d'une telle inondation est estimé entre 10 et 30 milliards d'euros ce qui pourrait mettre à mal le système actuel d'assurance CatNat (OCDE, 2014). Ces différentes conséquences, tant économiques que sociales et politiques, montrent bien l'enjeu que représente le retour d'une inondation de grande ampleur. En termes d'intensité, l'inondation de janvier 1910 est caractérisée par une période de retour centennale, ce qui bien que rare ne peut être considéré comme totalement irreproductible. Que se passerait-il si une inondation d'une intensité supérieure survenait aujourd'hui ?

Le retour d'inondations passées, illustré ici symboliquement avec le risque d'une forte crue à Paris, suscite ainsi de nombreuses inquiétudes. Cela d'autant plus que la seconde moitié du XXe siècle a été marquée par un contexte de « production du risque » (Vinet, 2010), s'illustrant notamment par un accroissement des enjeux exposés et une augmentation du coût moyen des inondations (SwissRe, 2015). Cette préoccupation permet de s'interroger sur l'apport des informations relatives aux fortes inondations survenues dans le passé. L'intérêt de ces informations a en effet été démontré par de nombreux auteurs (Antoine et al., 2009). En hydrologie, l'analyse de crues historiques contribue par exemple à améliorer l'estimation de l'aléa (Ouarda *et al.*, 1998, Naulet, 2002, Payrastre, 2005). Ces données permettent également de cibler les impacts potentiels des inondations passées, possible à travers la reconstitution cartographique de l'aléa (Combe, 2007, Noizet et al., 2011) ou par l'exploitation de sources archivistiques relatives aux indemnisations (Jacob, 1997, Meschinet de Richemond, 1997). De même, les travaux menés en hydrologie historique ont permis de mieux cerner les facteurs d'aléa et de vulnérabilité agissant lors d'évènements passés (Pfister et Brázdil, 1999, Glaser et Stangl, 2003, Llasat *et al.*, 2005, Brazdil *et al.*, 2006). Ces démarches scientifiques participent à une amélioration de la connaissance du risque. Elles trouvent aujourd'hui un regain d'intérêt dans les initiatives de gestion du risque. C'est le cas en particulier avec la **Directive Inondation 2007/60/CE** qui préconise dans son article 4 *« la description des inondations survenues dans le passé et ayant eu des impacts négatifs significatifs sur la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique, pour lesquelles il existe toujours une réelle probabilité que se produisent des événements similaires à l'avenir* […] ». A la lecture de cet article, une série de considérations émergent.

- La Directive affirme la place de l'information sur les inondations passées dans la gestion du risque. **Dans quelle mesure cette connaissance peut-elle concrètement être une source d'enseignements pour la prévention du risque ?**

▪ En outre, selon cet article, la description doit reposer sur de deux aspects : les « *inondations survenues dans le passé* », renvoyant au phénomène physique, de l'autre à ses « *impacts* », ses conséquences dommageables. A travers ce point, la Directive appelle ainsi à acquérir une vision « globale » de l'évènement d'inondation. En demandant de s'intéresser à la fois au registre de l'aléa appréhendé par les physiciens et statisticiens et à ses conséquences socio-économiques, généralement appréhendées par des disciplines de sciences humaines et sociales, elle incite indirectement à la multidisciplinarité. Ce concept, décrit par Tress et al. (2001) comme la réunion de plusieurs disciplines motivées par un but commun, pose toutefois question. **Quels sont les enjeux d'une approche multidisciplinaire visant à décrire de façon globale les inondations ayant eu lieu dans le passé ? Ce type d'approche permet-il de comprendre l'origine de l'aléa ou des dommages ? Participe-t-elle à améliorer la connaissance des inondations ?**

▪ En distinguant des impacts « *négatifs significatifs* », la Directive sous-entend enfin que certaines inondations se distinguent des autres en raison de la sévérité de leurs conséquences. **Cependant, qu'entend-on par « impacts négatifs significatifs » ?** En effet, si de nombreuses définitions existent pour qualifier le caractère dommageable d'une inondation (majeure, catastrophique…), aucune d'entre-elles n'utilise ce terme. De surcroît**,** s'intéressant ici à des époques différentes définies par des contextes socio-économiques spécifiques (Brazdil et al., 2006), on est en droit de s'interroger sur les critères permettant de qualifier ces « *impacts significatifs* » au fil du temps. **Existe-t-il des indicateurs adaptés à une étude rétrospective permettant d'identifier les évènements dommageables les plus « *significatifs* » ?**

Ces différentes interrogations sont le point d'ancrage de cette thèse. Afin de mettre en lumière la méthodologie employée pour répondre à ces questions, un recul doit tout d'abord être effectué sur les modalités d'application de la Directive en France.

► L'application de la Directive Inondation et la sélection d'évènements

Déployée suite aux inondations exceptionnelles d'août 2002 en Europe Centrale (Ulbrich et al., 2003), l'application de la Directive Inondation s'articule autour de trois principaux axes renouvelés tous les six ans (Figure 0.1).

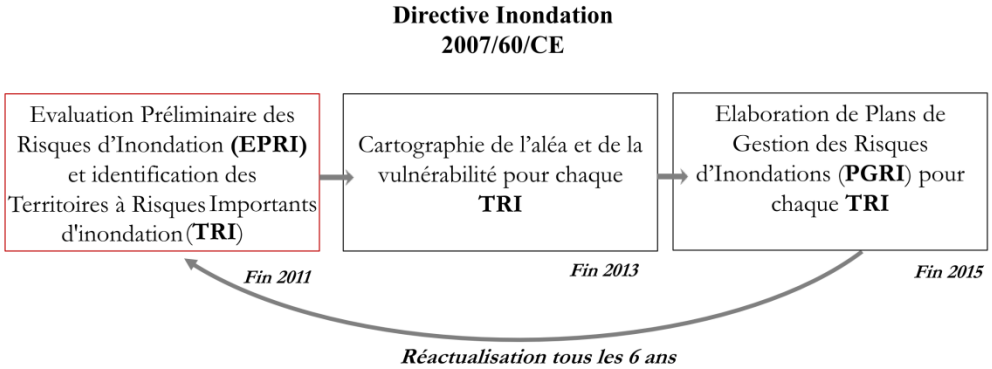


Figure 0.1 Les principales étapes de la Directive Inondation

L'identification et la description des principales inondations survenues dans le passé se déroulent dans le cadre de l'Evaluation Préliminaire des Risques Inondations (EPRI). Pour mener à bien cette étape, le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) a chargé Irstea (Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture) en collaboration avec le bureau d'étude Acthys-Diffusion et le Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG, Université de Grenoble), d'identifier les évènements pour l'EPRI en vue de leur renseignement au sein de la Base de Données Historiques sur les Inondation (BDHI). Une collecte d'informations en 2010-2011 a recensé environ 2000 inondations. Parmi ces évènements 176 évènements sur la période 1770-2010 ont été retenus (5 à 10 par Unité de Présentation, découpage géographique utilisé pour la Directive Inondation et représenté dans la Figure 0.2). La sélection de ces inondations s'est toutefois révélée délicate à mettre en œuvre. Les services en charge de cette étape ont en effet été confrontés à plusieurs difficultés.

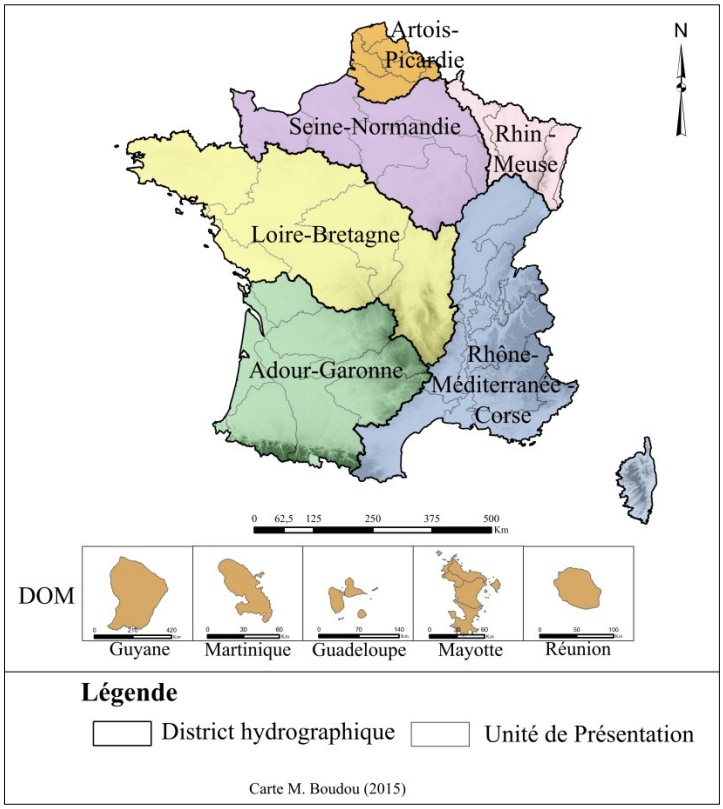


Figure 0.2 Découpage territorial utilisé pour la Directive Inondation

En premier lieu il n'existe pas d'échelles de classification adaptées pour caractériser le degré de sévérité des impacts d'une inondation. En effet, si la terminologie employée pour désigner l'ampleur d'une inondation est particulièrement riche (évènement majeur, évènement exceptionnel, évènement extrême, catastrophe…), celle-ci reste limitée dans le cadre d'une démarche rétrospective telle que sollicitée ici. De même, les échelles de classification utilisées sont souvent centrées sur la quantification de l'endommagement ou la qualification de la rareté de l'aléa (Leone et al., 2010) et plus rarement sur la réponse de la société, variable clé de la « catastrophe » (Dauphiné et Provitolo, 2013).

D'un autre côté, l'identification des évènements significatifs de l'EPRI a montré que la vision actuelle des inondations restait partielle. Cela résulte tout d'abord du caractère épars de la documentation relative à ces phénomènes, souvent dispersée entre les organismes de gestionnaires. Les inondations sont, de plus, souvent étudiées sous un angle d'attaque particulier, relatif soit à l'un de ses aspects (tel que l'hydrométéorologie) ou à travers une discipline (histoire, géographie, hydrologie, sociologie…). Ces études sont par ailleurs souvent produites juste après l'inondation et ne prennent pas en compte les effets à long terme.

En raison de ces deux aspects et d'un calendrier serré, la sélection des évènements de l'EPRI s'est reposée sur une phase de concertation avec les Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL et DEAL pour l'outre-mer). Pour cette raison, l'échantillon ne peut être considéré comme exhaustif et doit être vu comme relevant de décisions politiques (le choix de certains évènements a en effet pu être motivé par des enjeux locaux). En dépit des limites inhérentes à cette sélection, ce panel d'évènements constitue une opportunité pour répondre aux problématiques posées par la Directive Inondation. Il regroupe en effet une famille d'évènements de même nature et offre des pistes pour distinguer ce qui caractérise ces inondations censées être les plus « significatives ».

► **De quelle manière caractériser la remarquabilité d'une inondation ?**

Le terme d'inondation ***remarquable*** a été utilisé pour désigner les évènements choisis lors de leur intégration dans la base BDHI qui met à disposition l'ensemble des sources documentaires relatives aux inondations. Ce terme en apparence « anodin », fait notamment référence à la façon dont la société « *remarque* » un évènement. Bien qu'un évènement *remarquable* ne puisse être perçu comme un synonyme de catastrophe, il permet néanmoins de l'approcher en considérant la réponse de la société face à l'inondation. Ce postulat permet de dresser les principales problématiques de notre thèse.
Comment distinguer et caractériser le caractère remarquable d'une inondation ? Pour quelles raisons la société *remarque*-t-elle une inondation plutôt qu'une autre ? Cette caractérisation permet-elle de restituer une vision « globale » de l'évènement ?

Nous avons choisi d'explorer cette question en sollicitant une approche multidisciplinaire (mise en avant par la Directive) et par une étude approfondie de certains évènements considérés comme les plus remarquables du XXe siècle.
De cette manière, la caractérisation de la *remarquabilité*, via une approche multidisciplinaire centrée sur plusieurs cas d'étude, permet-elle de tirer les enseignements des inondations remarquables passées ?

Pour définir le concept de *remarquabilité*, nous émettons l'hypothèse que l'évènement « *remarquable* » est le résultat d'une construction scientifique, sociale et culturelle, et qu'il est possible d'appréhender les principaux éléments qui le composent en identifiant des indicateurs « objectifs » de remarquabilité. Ces indicateurs sont ensuite pondérés et testés dans une grille d'évaluation des inondations de l'EPRI, autorisant la sélection de neuf

évènements *remarquables* compris entre 1910 et 2010. Une fois cette étape réalisée, une démarche monographique est sollicitée afin d'étudier en détail et de caractériser les cas d'étude. La monographie peut se définir succinctement comme l'étude exhaustive d'un territoire ou d'un fait particulier visant à établir une synthèse à portée plus générale (Sautter, 1961, Antoine, 2010). Elle s'appuie sur l'accumulation de connaissance et représente pour cette raison une riche source d'informations : les monographies d'évènements de Pardé (1927, 1930, 1953…) demeurent à ce titre encore largement utilisées par les gestionnaires sur l'aspect hydrométéorologique. En dépit de l'apport de ces documents et de récentes initiatives (Vinet, 2003, Pichard et Roucaute, 2015), ce type d'étude reste rare. La monographie est sollicitée dans cette thèse pour souligner la remarquabilité de neuf évènements et à cette occasion l'apport de l'étude des inondations passées. En fonction des résultats de notre analyse, la méthodologie employée pour la rédaction de ces documents pourrait être généralisée dans le cadre de retours d'expérience « long terme » menés par des gestionnaires et servir à distinguer les évènements devant être intégrés à de futures applications de l'EPRI.

► Structure de la thèse

La thèse s'articule autour de six chapitres qui abordent les différentes problématiques édictées précédemment.

Le Chapitre I revient sur les enjeux et objectifs de l'étude d'évènements *majeurs* d'inondation. L'évènement *majeur*, en tant que phénomène rare et dommageable pour la société, se situe au centre de la gestion du risque. La connaissance des inondations majeures passées revêt à ce titre un intérêt particulier qui s'est trouvé conforté par la Directive Inondation. L'application de cette dernière a cependant souligné deux principales limites à savoir : la vision segmentée des inondations d'une part et l'absence d'échelle de classification adaptée pour hiérarchiser les évènements passés d'autre part. Pour répondre à ces enjeux, la clarification de « *remarquable* » révèle que ce terme possède de nombreux avantages en considérant notamment la gestion de la société. Dans un même ordre d'idée, l'établissement d'études monographiques multidisciplinaires est questionné de façon à acquérir une vision holistique de l'évènement d'inondation.

Le Chapitre II s'attèle à progresser dans la caractérisation de la remarquabilité. Le corpus d'évènements fournis par l'EPRI 2011 offre un matériau privilégié permettant de proposer une grille de lecture pour hiérarchiser les inondations « remarquables ». Des questionnements centrés autour du caractère remarquable d'une inondation ont permis de dégager un certain nombre d'indicateurs ayant trait aux différents aspects de l'évènement (de l'aléa perturbateur jusqu'aux répercussions socio-économiques ou politiques de l'inondation). Ces critères de remarquabilité sont par la suite pondérés et testés sur les 176 évènements de l'EPRI de façon à vérifier leur pertinence dans le cadre d'une étude rétrospective. Les résultats d'application de la grille mettent en avant le caractère relativement robuste de la grille de lecture et permettent de distinguer les évènements les plus *remarquables*. La

visualisation de ce classement nous a conduits à sélectionner neuf inondations sur la période 1910 et 2010, qui serviront de points d'ancrage pour la suite de notre analyse.

Le Chapitre III illustre un exemple de monographie type. L'étude monographique, sélectionnée auparavant comme un outil de travail, mérite d'être testée sur un évènement *remarquable* sélectionné. C'est ici le cas avec l'illustration de la monographie établie au sujet de l'inondation de mars 1930. Cet évènement, relativement ancien et qui figurait dans le haut du classement des évènements *remarquables* apparaît comme un exemple pertinent pour juger de l'apport et de la légitimité de l'étude monographique. Cette synthèse est réalisée sur les différents axes dégagés lors de l'établissement de la grille et s'inscrit donc comme une approche multidisciplinaire. La description faite de l'évènement de mars 1930 offre des pistes pour explorer sa *remarquabilité*. En effet, certains aspects de l'inondation reviennent fréquemment au fil de l'analyse et font émerger une série de questions dites *transversales*, c'est-à-dire portant sur un aspect particulier de l'inondation mais sollicitant plusieurs registres, relatifs tant aux sciences physiques qu'humaines et sociales. Ces questions au nombre de trois sont traitées dans les chapitres suivants.

Le Chapitre IV aborde le processus de production de l'aléa lors d'un évènement remarquable d'inondation. Cette notion de « processus de production », propre à une analyse systémique, fait référence aux différentes variables qui influencent le comportement d'un système. En se servant du cadre offert par l'approche systémique, l'objectif est ici d'identifier les principaux paramètres qui entrent en jeu dans le processus d'aléa en vue de comprendre le passage d'une inondation classique à une inondation dite *remarquable*. Pour ce faire, un premier volet de l'analyse consiste à s'interroger sur les principaux paramètres qui caractérisent l'aléa hydrométéorologique d'une inondation. Ce travail d'enquête, mené de façon distincte entre aléa météorologique et hydrologique, a permis de distinguer des indicateurs de l'intensité. Ces variables sont ensuite croisées dans une cartographie et permettent d'identifier l'influence d'autres facteurs (dits additionnels) dans le processus de production de l'aléa d'une inondation *remarquable*.

Le Chapitre V concerne un autre questionnement soulevé lors de la monographie de mars 1930, à savoir la mortalité imputable à des évènements *remarquables* d'inondation. Au même titre que l'aléa, le nombre de victimes d'une inondation est souvent utilisé comme un indicateur de la catastrophe et s'est révélé un indicateur judicieux pour l'établissement d'une grille de lecture. En dépit de l'enjeu que représente cette question, la mortalité est rarement étudiée de façon approfondie dans les retours d'expérience post-évènement, révélant la vision souvent fortuite et incompressible d'un décès pour les gestionnaires. Des études récentes ont cependant pointé du doigt l'intérêt de cette information et poussent à nous interroger sur son apport pour la caractérisation d'évènements *remarquables*. Afin de prouver l'intérêt d'une étude de la mortalité, un premier volet consiste à recenser les principales variables permettant de caractériser les victimes d'une inondation telles que la localisation ou l'heure du décès, le profil de la victime ou encore les circonstances de la mort. Une analyse multicritères est par la suite sollicitée afin d'éclairer les facteurs de mortalité rencontrée lors d'évènements

remarquables d'inondation : lien avec l'aléa, la vulnérabilité du bâti, ou encore avec la gestion de crise.

Le Chapitre VI s'intéresse finalement à la gestion de l'évènement remarquable par la société. La grille de lecture utilisée pour classifier les évènements remarquables repose en partie sur une série de critères relatifs aux répercussions socio-politiques ou médiatiques de l'inondation. Ces conséquences de l'inondation, appartenant au registre social, sont rarement utilisées par les échelles de classification. Cela peut s'expliquer en raison de leur caractère difficilement quantifiable qui s'ancre bien souvent sur une dimension perceptive. L'examen de ces répercussions dans les monographies permet à cet égard de juger de leur pertinence pour définir le caractère remarquable d'une inondation. Plusieurs modalités de gestion ont pu être distinguées. Il s'agit par exemple de l'appropriation médiatique de l'évènement ou encore de prises de décisions politiques menées en réaction directe à l'inondation. En retraçant ces différents aspects, un recul critique sur la contribution des répercussions post-évènement à la remarquabilité est possible. Certaines répercussions peuvent dans cette optique être vues comme des *marqueurs* de remarquabilité tandis que d'autres participent également à la construction du caractère remarquable de l'inondation.

Chapitre I. Enjeux et objectifs autour de l'étude des évènements majeurs d'inondation

Photographie chapitre I : Plaine de Roussent lors des inondations de l'hiver 2001 - Source : Diren NPC

Introduction du chapitre I

Parmi les évènements d'inondations ayant touché la France, certains semblent se distinguer nettement par leurs caractéristiques tant en termes d'aléa que de dommages. Ils peuvent alors être considérés comme « majeurs » au regard d'autres inondations, faisant écho à la notion de « *risque majeur* » définie par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (Prim.net, 2009) à savoir le risque provenant d'un phénomène caractérisé par une faible fréquence d'apparition et pouvant générer de nombreux dommages (économiques ou humains). Face à l'endommagement potentiel de tels évènements, la Directive Inondation a conforté l'intérêt de leur prise en compte au sein de la gestion du risque. Ce regain d'intérêt pose cependant de nombreuses questions, à la fois de recherche :

- Pourquoi se focaliser sur l'étude d'évènements majeurs, par définition rares ?
- L'étude de ces évènements revêt-elle un intérêt particulier pour la gestion du risque ?

… et d'ordre opérationnel notamment pour la sélection d'évènements perçus comme « significatifs » via l'Evaluation Préliminaire des Risques Inondations (ou EPRI) ou *remarquables* selon la terminologie utilisée dans la BDHI :

- Quelles disciplines, quels critères et quels aspects des inondations faut-il mobiliser pour appréhender les événements majeurs dans toutes leurs dimensions ?
- Quelle grille de lecture permettrait de hiérarchiser les évènements d'inondation en fonction de leurs impacts ?

Pour répondre à ces questions, nous allons tout d'abord revenir sur les principaux enjeux suscités par l'occurrence d'une inondation majeure. Une analyse critique des échelles de classification existantes peut s'avérer nécessaire à ce stade. Le caractère « majeur » d'une inondation est en effet subjectif et plusieurs définitions sont possibles, d'autant plus si l'on s'attache à retranscrire l'inondation comme une « catastrophe ». L'emploi du terme *remarquable* lors du renseignement des évènements dans la base BDHI peut être questionné pour l'établissement d'une classification d'évènements : permet-il d'améliorer la distinction entre évènements ? Aide-t-il à identifier ceux qui sont les plus « significatifs » au sens de la Directive ? Le recours à la concertation politique pour la sélection des inondations de l'EPRI a par ailleurs fait ressortir la connaissance partielle que l'on a des inondations. De quelle manière les inondations passées ont-elles été appréhendées dans les politiques publiques ou dans les études scientifiques ? Le recours à une étude monographique participe-t-il à une vision holistique des inondations passées ? Quelle est la pertinence de la monographie pour le diagnostic des évènements *remarquables* ?

1. Le spectre d'une inondation majeure : un objet au cœur de la gestion du risque

Le retour d'une inondation majeure suscite de nombreuses inquiétudes sur lesquelles il semble intéressant de se focaliser. Mais quel intérêt nous pousse à étudier des évènements majeurs survenant rarement, plutôt que des inondations moins intenses mais susceptibles de peser sur le montant de dommages en raison de leur fréquence d'apparition ? Pour répondre à cette question, un premier recul est nécessaire sur les enjeux suscités par le retour de tels évènements et la place que revêt ce risque dans la politique de gestion actuelle.

1.1. Le retour d'une inondation majeure passée, une source d'inquiétudes

1.1.1. Des territoires à enjeux épargnés par des inondations majeures

En introduction nous avons mentionné la crue de janvier 1910, dernier évènement majeur en date à Paris (crue centennale). A l'exception de la crue de janvier 1955 dont la période de retour est estimée à environ 50 ans (EPTB Seine Grands Lacs, 2014), la région parisienne a été épargnée depuis par de fortes crues (Chéry, 2000). Ce constat relatif à l'absence d'inondation majeure peut être établi sur d'autres territoires à enjeux. C'est le cas par exemple de :

- la Loire moyenne, sans évènement majeur depuis les inondations de 1846, 1856, 1866 (et dans une moindre mesure celle de 1907),
- la ville de Lyon sur le Rhône qui n'a pas subi de crue plus que centennale depuis celles de 1840 et 1856 (Combe, 2007)
- la ville de Toulouse sur la Garonne qui n'a pas connue d'inondation conséquente depuis juin 1875 (Salomon, 1997).

L'absence d'évènement est parfois associée à une période de repos hydrologique durant la seconde moitié du XXe siècle, correspondant selon les auteurs aux périodes 1958-1988 (Vinet, 2010) ou 1940-1970 (Sauquet et Haond, 2003). Elle ne peut toutefois pas être interprétée comme le résultat d'une tendance à la diminution dans la fréquence de tels évènements. En effet, comme l'ont montré Llasat *et al.* (2002) à propos des inondations en Catalogne, l'aléa hydrologique alterne des périodes d'accalmie et de forte activité. Certaines régions de France ont d'ailleurs relevé des crues conséquentes ces dernières années. C'est le cas dans le département du Var touché par des crues de période de retour pluri-centennales en juin 2010 (Martin, 2010). En dépit de ces évènements récents force est cependant de constater que les vallées des grands fleuves français qui concentrent de nombreux enjeux ont été relativement épargnées par des crues majeures depuis le début du XXe siècle.

1.1.2. Un contexte favorable à la survenance d'un évènement majeur ?

L'absence d'évènement majeur, attestée sur les principaux cours d'eau français, suscite de nombreuses préoccupations pour les gestionnaires du risque inondation car laissant craindre pour les conséquences dommageables d'une inondation de forte intensité du fait d'une augmentation (avérée ou potentielle) de la vulnérabilité des territoires au risque d'inondation.

► **Un système de « production du risque »**

Une définition classiquement acceptée dans la communauté internationale désigne le risque comme le croisement d'un aléa avec des enjeux exposés plus ou moins vulnérables. Selon Vinet (2007), la relative accalmie hydrologique observée depuis la seconde moitié du XXe siècle s'est opérée en parallèle d'un système de « production du risque ». Ceci implique que les éléments composant le risque tels que définis auparavant ont connu une évolution faisant courir un risque plus grand aujourd'hui. Deux principaux aspects peuvent être évoqués pour expliquer ce fait. Il s'agit en premier lieu de l'augmentation des enjeux en zone inondable (Pottier, 1998, Hubert, 2001), perceptible notamment à travers l'augmentation du nombre de bâtiments exposés suite à l'étalement urbain (Valy, 2011). En second lieu, une perte de la conscience du risque inondation liée à l'oubli des inondations dommageables passées peut être notée. Ce déclin est explicable à travers trois paramètres (Defossez, 2009, Rode, 2009, Brun et Gache, 2013) :

- l'absence d'inondation significative sur les principaux territoires à enjeux,
- la généralisation des mesures structurelles de protection, contribuant à masquer les inondations mineures aux populations riveraines de cours d'eau,
- la plus forte mobilité des populations, expliquant une diminution de la culture locale du risque.

Ces éléments participent à accroître la crainte du retour d'une inondation majeure, rare en intensité, sur des territoires épargnés depuis de nombreuses années. Cette inquiétude a été récemment mise en lumière à l'occasion de la tempête Xynthia en février 2010. L'urbanisation intensive des littoraux depuis les années 1970 et la multiplication d'habitats en rez-de-chaussée, l'oubli du risque de submersion marine encouragé par la rétention d'informations, la vétusté des ouvrages de protection, sont autant de paramètres qui ont contribué à augmenter le bilan humain et économique de l'inondation (Vinet *et al.*, 2012a).

► **Des incertitudes liées aux changements climatiques**

Des inondations récentes telles que les submersions marines de la tempête Xynthia en février 2010 ou les inondations de l'automne 2014 dans le Languedoc ont soulevé des interrogations sur une plus grande fréquence d'évènements majeurs en réponse au changement climatique. Ces épisodes ont souvent été interprétés comme résultant de ce changement (Przyluski, 2012, Paquier, 2015). S'il existe à l'heure actuelle des tendances à l'augmentation des débits de crue à l'échelle de quelques régions françaises, aucune tendance générale perceptible ne se dégage en métropole (Giuntoli *et al.*, 2012). Pour les submersions marines, ce sujet est toutefois plus délicat. Bien que l'évaluation des variations dans la fréquence des tempêtes ou des cyclones soit, comme pour les inondations, difficile à certifier, la hausse du niveau marin est un effet du changement climatique peu contesté dans l'ensemble des simulations effectuées par le GIEC. Cette augmentation du niveau de la mer encourage l'érosion et rend les territoires côtiers plus vulnérables à des phénomènes de submersion marine (Mulot *et al.*, 2011). D'après une étude du CETMEF *et al.* (2012) la survenance d'une forte submersion marine pourrait engendrer de nombreux dommages, notamment dans le Languedoc-Roussillon qui a connu une forte augmentation des enjeux sur le secteur littoral.

Le contexte du changement climatique renforce les inquiétudes quant au retour d'une forte inondation passée. Pour le risque de submersion marine, le rôle néfaste de l'élévation du niveau marin est indéniable et traduit ainsi un contexte favorable à de nouveaux évènements majeurs.

1.1.3. Le potentiel de destruction d'une inondation majeure

Le contexte particulier d'augmentation de production du risque et les interrogations sur les effets du changement climatique interpellent sur les conséquences d'une inondation majeure susceptible d'engendrer de lourds dégâts économiques et la perte de nombreuses vies humaines.

► **De lourdes conséquences économiques**

De nombreuses études menées par des économistes et spécialistes du risque inondation s'attachent à évaluer le coût potentiel d'une inondation majeure. Le montant des dommages de l'inondation de janvier 1910 en région parisienne a été estimé à environ 1,5 à 2 milliards d'euros à l'époque. L'étude de l'OCDE (2014) chiffre aujourd'hui jusqu'à 30 milliards d'euros l'impact d'une crue centennale similaire. Ces coûts exorbitants, sans commune mesure avec ceux constatés à l'époque de l'inondation de 1910, font craindre les conséquences que pourrait avoir une crue d'une intensité au moins aussi forte (centennale voire supérieure). La hausse du coût moyen de ces évènements s'explique d'une part par une augmentation des enjeux en zones inondables (évoquée auparavant) et d'autre part par une plus forte valeur des biens exposés (Bourguignon, 2014). Les coûts plus importants induits par le retour d'une inondation majeure de nos jours soulignent l'enjeu de notre étude dédiée à l'analyse de ces évènements.

► Des évènements potentiellement meurtriers

Le retour d'une inondation majeure questionne également sur le nombre de victimes. Si l'on exclut la rupture du barrage de Malpasset en 1959 (relevant d'un type d'inondation particulier), la France n'a pas connu d'évènements à l'origine de plus de 100 victimes depuis les inondations du Tarn et de la Garonne en mars 1930. Cette baisse apparente de la mortalité dans les pays riches (Pielke, 2000) peut être imputée aux progrès indéniables réalisés en matière de gestion et prévention du risque inondation. Elle peut cependant être mise en perspective avec l'absence d'inondations majeures sur les principaux fleuves français, théâtres de nombreux drames dans le passé. La question se pose alors quant au retour d'inondations particulièrement meurtrières telles que celles de mars 1930 sur le Tarn (230 victimes) ou de juin 1875 sur la Garonne à l'origine de près de 500 victimes (Faucher, 1930b) dont 209 pour la seule ville de Toulouse (Valette et Carozza, 2013). L'occurrence de ces inondations passées, dans un contexte d'augmentation des enjeux exposés et de diminution de la conscience du risque, parfois évoquée en tant que facteur de mortalité (Hubert et De Vanssay, 2005), est ainsi une source d'inquiétude. Elle permet également de s'interroger sur l'efficacité des politiques de prévention ou de modernisation des secours menées depuis les années 1950. Pour une inondation du type de septembre 1875 sur le Vernazobre (175 décès), Antoine *et al.* (2001) précisent au sujet du rôle des secours modernes :

« *Par ailleurs s'ils avaient existé en 1875, qu'auraient pu faire hélicoptère et bateau dans la nuit du 12 au 13 septembre à Saint-Chinian si tant est qu'ils aient pu être mobilisés et rendus sur place en moins d'une heure ?* »

Confrontée à cette même problématique, une étude de Di Mauro et Lumbroso (2008) s'est penchée sur l'estimation du nombre de décès lors du retour d'une inondation passée. A partir d'un modèle hydrologique couplé à une modélisation de la mortalité les auteurs ont estimé que le nombre de victimes imputable à la submersion marine de décembre 1953 à Canvey Island en Angleterre (58) serait largement supérieur dans les conditions actuelles d'urbanisation (environ 200 morts). Ce résultat (bien que soumis à des incertitudes en raison du poids de facteurs de vulnérabilité individuels difficilement modélisables) affiche une mortalité potentiellement accrue si une inondation historique se reproduisait de manière identique aujourd'hui.

► Des coûts moindres au regard d'autres évènements naturels

En dépit de l'enjeu qu'il représente, le coût potentiel d'une inondation majeure mérite toutefois d'être quelque peu nuancé et mis au regard d'autres risques naturels. S'agissant du coût économique, une étude de la CCR a montré qu'un séisme d'une magnitude de 6,3 à proximité de Nice coûterait entre 11 à 14 milliards d'euros de dommages (Allaire, 2015), rivalisant ainsi avec le coût d'une inondation majeure touchant un grand fleuve français, à l'exception de celle de la Seine à Paris. Dans un même ordre d'idée, une sécheresse en tout point identique à celle qui a sévi en 1921 pourrait engendrer des conséquences économiques de grande ampleur et poserait d'importantes problématiques pour l'alimentation en eau de

l'agglomération Parisienne. Concernant la mortalité, les impacts d'une inondation peuvent également être relativisés face à d'autres phénomènes naturels. Les sécheresses et canicules possèdent par exemple également un fort potentiel meurtrier. La canicule de l'été 2003 a par exemple été la cause d'environ 15 000 décès (Evin et d'Aubert, 2004). Contrairement aux inondations, les effets du changement climatique sur la fréquence de ces épisodes sont par ailleurs attestés par le dernier rapport du GIEC (Soubeyroux *et al.*, 2015) qui met en perspective les impacts d'une inondation majeure en comparaison à d'autres risques naturels.

1.1.4. Une inondation majeure à l'origine de conséquences socio-politiques

Une inondation similaire à celle de janvier 1910 mettrait au chômage près de 400 000 individus et pourrait par ailleurs entraîner une baisse du PIB de la France de 0,1 à 3% (OCDE, 2014, Grislain-Letrémy et Villeneuve, 2015). Outre les dommages de nature économique, les effets d'une telle inondation font écho à des conséquences qui s'inscrivent également sur la sphère sociale et politique. Les limites financières du Fonds CatNat en place depuis 1982, déjà éprouvées lors de la sécheresse de 2003 (Cour des Comptes, 2008), pourraient ainsi être durement atteintes lors de la survenance d'une inondation majeure et forcer à la refonte du système actuel. De même, la paralysie de nombreuses usines et la mise au chômage technique de nombreux ouvriers pourraient contribuer à avoir des conséquences désastreuses sur les conditions de vie d'une partie de la population. Une inondation majeure pourrait ainsi être à l'origine de nombreux effets ne se limitant pas au simple endommagement d'enjeux exposés.

Les différents aspects évoqués dans cette partie ont montré les divers enjeux soulevés par la perspective du retour d'une inondation majeure passée. Bien que ce risque ne doive pas être surestimé au regard d'autres phénomènes naturels il constitue néanmoins un objet central de préoccupations. Les nombreuses conséquences économiques, humaines ou socio-politiques de ces évènements invitent à s'interroger sur la reproductibilité de l'aléa et sur ses conséquences sur la société. Le contexte de production du risque et la perspective d'un changement climatique, pouvant contribuer à alourdir le bilan des inondations passées, renforcent le caractère potentiellement destructeur de ces phénomènes.

1.2. L'inondation majeure au service de la gestion du risque

1.2.1. Une prévention centrée sur l'aléa fort à exceptionnel

De nombreux aspects de la gestion du risque témoignent de l'importance attachée au risque d'une inondation majeure. La prise en compte de ce risque est perceptible dans le choix de la crue de référence lors de l'établissement des Plans de Prévention du Risque Inondation ou PPRI, servant notamment à délimiter les secteurs soumis à la règlementation. D'après une circulaire datée de 1994, la crue de référence est définie comme « *la plus forte crue connue ou, si cette crue était plus faible qu'une crue de fréquence centennale, cette dernière* » (extrait de la circulaire du 24/01/1994 relative à la prévention des inondations et à la gestion des zones inondables). Cet aspect central de la politique de prévention est réaffirmé 10 ans plus tard par une circulaire en date du 21 janvier 2004, faisant suite aux inondations de novembre 1999, septembre 2002 et décembre 2003. Avec le choix d'une crue historique ou centennale comme évènement de référence, la prévention du risque s'oriente ainsi vers un seuil de fréquence d'aléa « acceptable » au-delà duquel le risque est considéré comme trop rare pour pouvoir être raisonnablement intégré à la gestion des territoires. Ce niveau d'aléa varie néanmoins selon l'enjeu exposé au risque. Les centrales nucléaires et barrages hydro-électriques sont ainsi protégées face à des inondations bien plus fortes, dont la période de retour varie de 1000 à 10 000 ans (ASN, 2013 ; Le Delliou *et al.*, 2013). Dans une optique similaire à celle des PPRI d'autres volets de la politique de prévention tels que la prévision ou l'alerte aux populations exposées se fondent également sur un aléa de référence. La vigilance météorologique s'ancre ainsi sur un niveau d'aléa jugé « exceptionnel » et « destructeur » par le prévisionniste pour déclencher le seuil de vigilance « rouge ».

Le choix de l'aléa de référence dans les PPRI avec la plus forte crue connue ou la crue centennale modélisée traduit le poids que revêt l'occurrence d'un risque exceptionnel dans la politique de gestion menée par l'Etat. Cette politique peut être critiquée et jugée trop tournée vers le risque « extraordinaire ». Elle rappelle néanmoins la place et l'enjeu du risque d'une inondation majeure dans la gestion actuelle du risque inondation, affirmée depuis 2007 par la mise en place de la Directive Inondation.

1.2.2. Un regain général d'intérêt pour la connaissance des évènements passés

Un certain regain d'intérêt pour les inondations passées peut être relevé depuis quelques années. Cela se traduit par plusieurs aspects, tant scientifiques que politiques.

► Des dates anniversaires catalyseurs d'initiatives

La préoccupation autour des évènements majeurs passés s'est traduite par l'organisation de commémorations à l'occasion de leur date « anniversaire ». En 2010, le centenaire de l'inondation de janvier 1910 à Paris a par exemple fait l'objet de nombreuses initiatives. Les craintes d'une inondation similaire, dont la période de retour est fréquemment sujette à de mauvaises interprétations, ont été à l'origine d'une vaste campagne d'information. Des colloques ont par exemple été organisés par l'association Seine en Partage et par la Société Hydrotechnique de France (ou SHF). Des expositions, des plaquettes informatives ont également été réalisées par les services gestionnaires des territoires affectés par ces inondations (Figure I.1).

Figure I.1 Plaquettes réalisées pour le centenaire de la crue de 1910 (a) à Besançon par la DREAL Franche-Comté ; (b) sur le bassin de la Seine, Plaquette "1910 et demain"

Dans une démarche similaire, la commémoration des 150 ans de la crue de l'Isère de novembre 1859 a fait l'objet d'un colloque organisé par le PGRN, l'INP Grenoble et la DDE 38. De nombreuses études ont été menées à cette occasion, notamment sur l'analyse des causes hydrométéorologiques du phénomène (PARN, 2009).

► La création de nouvelles bases de données

Le regain d'intérêt pour les évènements majeurs passés s'est par ailleurs traduit par une multiplication de nouvelles bases de données sur internet. Nous pouvons citer la base Pluies-Extrêmes ou SIPEX[1] développée par Météo-France, avec le soutien du MEDDE. Ouverte depuis le 14 février 2011, cette plate-forme donne accès à plus de 2700 cartes des épisodes

[1] URL : http://pluiesextremes.meteo.fr/

pluvieux intenses depuis 1958 (considérés comme tels en fonction d'un seuil de précipitation sur un pas de temps, variable selon le département concerné). Elargi aux DOM durant l'été 2015, le site Pluies-Extrêmes constitue ainsi un outil privilégié pour apprécier la distribution spatiale et l'ampleur des cumuls précipités lors des plus forts aléas pluvieux enregistrés durant la seconde moitié du XXe siècle. Une rubrique, fondée entre autres sur la sélection des évènements significatifs de l'EPRI, est consacrée aux évènements « marquants » du territoire, pour lesquels existe une description des dommages et de leurs principales caractéristiques.

Outre l'initiative portée par Météo-France, d'autres ressources électroniques de ce type peuvent être distinguées. Le site de la Caisse Centrale de Réassurance (CCR) a par exemple ouvert en 2010 le site E-Risk [2] qui propose une visualisation des principaux évènements CatNat depuis 1990. L'Université de Caen a par ailleurs initié la base HISTCLIME [3] qui offre une visualisation de la chronologie des épisodes naturels ayant touché la France depuis le XIe siècle. Il convient enfin de citer le site internet « Mémoire des Catastrophes[4] » fondé par l'Institut pour l'Histoire et la Mémoire des Catastrophes (IHMEC). Cette base de données propose le recueil et la visualisation des récits de témoins de catastrophes naturelles, sanitaires ou technologiques, et s'inscrit comme une démarche innovante contribuant à la préservation d'une mémoire collective des phénomènes dommageables passés (inondations inclues).

1.2.3. Un poids affirmé par l'Union Européenne : la Directive Inondation

La Directive Inondation 2007/60/CE vient offrir un nouveau cadre pour la prise en compte des inondations majeures dans la gestion du risque. Cette règlementation comporte deux principaux aspects avec d'une part un changement de niveau dans l'aléa de référence et d'autre part l'affirmation de l'apport des informations relatives aux inondations passées.

► Un changement dans l'aléa de référence pour l'établissement des cartes d'aléas

Dans l'axe 2 de la Directive Inondation, à savoir la cartographie de l'aléa et du risque (vulnérabilité et exposition) dans les Territoires à Risques Importants d'inondation (TRI), la Directive Européenne désigne trois scénarios d'aléas (Chap. III, article 6, alinéa 3 de la Directive) :

- Une crue de forte probabilité, soit un aléa de faible intensité,
- Une crue de probabilité moyenne avec une période de retour équivalente à 100 ans,
- Une crue « extrême » désignant un aléa rare (et donc significativement supérieur à 100 ans).

[2] URL : https://erisk.ccr.fr/faces/erisk-accueil.jsp
[3] URL : http://www.unicaen.fr/histclime/
[4] URL : http://memoiresdescatastrophes.org/

Avec ces trois terminologies utilisées pour l'établissement de la cartographie, la Directive Inondation met ainsi l'accent sur le fait qu'une inondation centennale équivaut à un risque moyen. Cette affirmation intervient comme une certaine remise en question de la prise en compte de l'aléa centennal en tant qu'aléa de référence comme c'est le cas dans le PPRI en France mais également dans la grande majorité des pays concernés par la Directive (de Moel *et al.*, 2009). En contrepartie, la Directive recommande aux autorités de prendre en compte les évènements correspondant à un scénario *extrême* dans le cadre de l'EPRI.

La décision politique sur le choix des scénarios découle directement des inondations d'août 2002. Ces évènements, à l'origine de la Directive, ont en effet rappelé aux autorités que des inondations d'une intensité supérieure à la fréquence centennale pouvaient causer un endommagement sans précédent. Le choix d'un scénario extrême peut également être vu comme une réponse aux incertitudes du changement climatique sur la fréquence des épisodes exceptionnels. Dans le cas français, ce choix de la Directive permet d'envisager d'autres scénarios que le seul risque de crue centennale qui cristallisait jusqu'à présent de nombreuses politiques de prévention du risque (Vinet, 2010). En effet, celle-ci demeure la seule période de retour calculée pour la cartographie d'aléas contrairement à d'autres pays concernés par la Directive (de Moel *et al.*, 2009). Une fréquence centennale demeure cependant une valeur d'ordre statistique non-extrême, qui a de fortes chances d'être dépassée à l'échelle de la vie humaine ou sur un large territoire. A travers cet axe, la Directive incite ainsi les gestionnaires français à se tourner vers un aléa plus rare et offre une opportunité pour envisager la survenance d'inondations pluri-centennales déjà rencontrées par le passé.

► Une reconnaissance de l'apport de l'information des inondations passées : l'établissement de la base BDHI

La Directive Inondation recommande de décrire « *les inondations survenues dans le passé et ayant eu des impacts négatifs significatifs sur la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique, pour lesquelles il existe toujours une réelle probabilité que se produisent des événements similaires à l'avenir* » (Chap. II, art. 4 alinéa b). Ce point, inscrit dans l'article R.566-1 du Code de l'Environnement, reconnaît l'intérêt de l'étude des inondations anciennes pour la gestion du risque (Lang et Coeur, 2014). Il porte à la fois sur la description de l'aléa mais insiste surtout sur la description des enjeux, regroupés en quatre groupes :

- la santé humaine ;
- les biens et activités économiques ;
- l'environnement ;
- le patrimoine culturel.

La Directive reconnaît ainsi qu'une inondation passée doit être jugée comme « *significative* » en raison de ses conséquences dommageables et s'inscrit un cadre multidisciplinaire. Les inondations passées étaient en effet jusque-là surtout analysées au travers de leurs caractéristiques physiques via l'aspect hydrométéorologique.

La recommandation émise par la Directive s'est traduite par une sélection d'évènements *significatifs* réalisée par les services déconcentrés de l'Etat. Pour mettre en valeur ces informations, des documents de synthèse ont notamment été rédigés sur chaque district hydrographique. Disponibles en libre-accès sur les sites des DREAL, ils permettent de visualiser les principales caractéristiques des inondations retenues comme significatives. Par ailleurs, l'application française de la Directive s'est également traduite par le déploiement d'une base de données : la Base de Données Historiques sur les Inondations, ou la BDHI[5]. Développée par le Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG/Steamer) et ouverte au public depuis 2015, le système de la BDHI s'articule en trois phases principales, représentées par la Figure I.2 :

- La saisie des sources documentaires par un technicien des services publics, accompagnée de la description de leurs principales informations sur les inondations recensées.
- L'expertise des données renseignées et la production de synthèses sur chaque inondation par un expert (hydrologue, historien…).
- La consultation de la base tant par les gestionnaires territoriaux que par les citoyens. Cette consultation peut s'effectuer par une recherche spécifique en entrant la date de l'évènement (ou une période temporelle), un secteur géographique et en précisant éventuellement des critères supplémentaires (caractéristiques hydrométéorologiques, impacts de l'inondation).

En parallèle de ces trois grandes étapes, des échanges d'informations sont effectués avec le site partenaire du MEDDE « *GéoRisques*[6] », ouvert en juillet 2014.

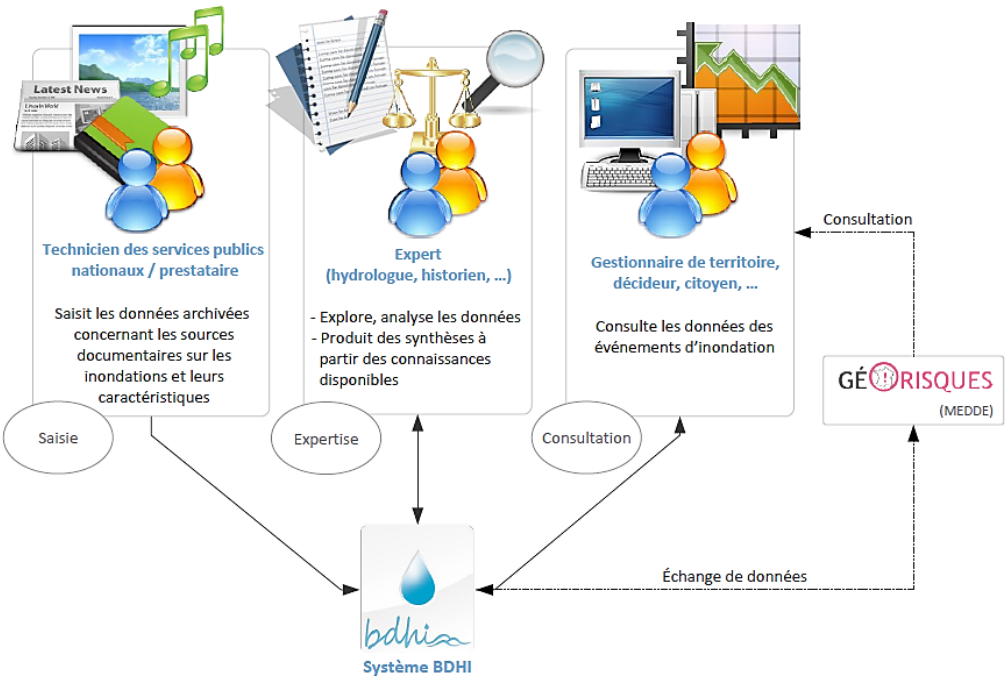


Figure I.2 Le principe de fonctionnement de la BDHI
(Source : Cœur *et al.*, 2013)

[5] URL : http://bdhi.fr/
[6] URL : http://www.georisques.gouv.fr/

La BDHI est une initiative inédite de base de données regroupant les principaux phénomènes de submersions dommageables connus en France. Elle offre un cadre privilégié pour la capitalisation et la valorisation des sources documentaires relatives aux évènements passés désormais disponibles à la fois pour les gestionnaires et pour le grand public. Ces informations peuvent notamment aider les gestionnaires à établir de nouveaux diagnostics du risque.

► **Une première étape de l'EPRI à l'origine de nombreux questionnements**

La sélection des évènements ayant eu des « *impacts négatifs significatifs* » et méritant d'être intégrés à l'EPRI a soulevé plusieurs problèmes en lien avec la connaissance des inondations passées (Lang et Coeur, 2014). En premier lieu, il est apparu qu'il n'existe pas de véritable grille de lecture commune aux différents évènements d'inondations permettant de hiérarchiser les inondations. Les critères utilisés lors de la première phase de l'EPRI pour sélectionner les inondations « significatives » sont restés très subjectifs. En second lieu, les autorités en charge du choix des évènements ont constaté que la vision des évènements passés est à l'heure actuelle encore segmentée. Peu de synthèses existent en effet sur les inondations passées ce qui nuit à la compréhension à la fois de l'aléa et de ses conséquences dommageables sur la société. Ce deuxième constat dégage une autre problématique inhérente à notre sujet de thèse à savoir comment restituer un évènement d'inondation sur chacun de ses aspects en vue de comprendre son caractère « significatif ».

Face à ces deux questions, Irstea Lyon et l'UMR GRED de Montpellier ont décidé, avec la participation financière du MEDDE, d'initier ce projet de thèse. Le premier enjeu est de proposer une hiérarchisation des évènements passés en vue de restituer leurs principales caractéristiques. Puis, le second enjeu est, en contribuant au diagnostic des évènements *remarquables,* mettre en évidence l'apport de l'information relative aux inondations passées pour les gestionnaires dans le cadre d'une approche multidisciplinaire.

2. De l'exceptionnel à la catastrophe: la place du remarquable

Le terme de *remarquable* a été choisi comme cadre conceptuel pour répondre aux problématiques posées par la Directive Inondation. Avant de légitimer l'utilisation de ce mot pour la caractérisation des évènements d'inondation, un premier recul est nécessaire sur les qualificatifs utilisés pour désigner aujourd'hui un évènement majeur d'inondation. L'avantage de recourir au concept de remarquable pourra par la suite être interrogé.

2.1. De multiples définitions qualifiant l'évènement majeur d'inondation

De nombreux adjectifs sont fréquemment utilisés pour qualifier les évènements d'inondations en fonction de leurs impacts ou de leurs caractéristiques. Dans ses articles, l'hydrologue Maurice Pardé a recours à un grand panel de superlatifs pour parler des crues. Ce dernier considère par exemple comme « formidable » la hauteur d'eau atteinte par la crue du Tarn en 1766 ou comme « fantastique » la crue d'octobre 1940 dans les Pyrénées-Orientales. Ce discours de l'exceptionnel, également lié au style littéraire de l'auteur, montre la diversité des termes utilisés pour qualifier les inondations et leurs caractéristiques. Cette variété de définitions, toujours en vigueur, contribue à semer la confusion sur les variables qui permettent de qualifier une inondation en fonction de ces caractéristiques. Une étape de définition doit par conséquent être engagée de façon à positionner notre approche et légitimer le recours au terme « remarquable ».

2.1.1. Des évènements majeurs, extrêmes, exceptionnels

Parmi les principaux termes utilisés pour désigner une inondation nous choisissons de nous attarder sur ceux de « *majeur, extrême, et exceptionnel* » qui sont couramment employés par les scientifiques, les gestionnaires et les médias.

► **Des évènements majeurs**

La notion d'évènement « majeur » a été utilisée en première partie de thèse afin de mettre en lumière les enjeux gravitant autour du retour d'inondations rares en termes de fréquence et fortement dommageables. Ce terme, lié à la notion de « risque majeur », recouvre cependant d'autres réalités. Dans sa définition lexicale, *majeur* désigne un évènement de grande importance, de capital, et inclut aussi une notion d'opposition en qualifiant un évènement de « plus important » par rapport à un autre ou sur un certain aspect. Ce sens de « majeur » peut s'illustrer dans la définition employée par Haroun Tazieff pour désigner un risque majeur :

« *La définition que je donne du risque majeur, c'est la menace sur l'homme et son environnement direct, sur ses installations, la menace dont la gravité est telle que la société se trouve absolument dépassée par l'immensité du désastre* » (Prim.net, 2009).
Selon l'auteur, un évènement majeur correspond donc à un évènement dont les impacts dépassent la capacité de gestion de la société. Il peut en ce sens être apparenté à la notion de crise (Lagadec, 1991) qui sera explicitée un peu plus tard dans l'analyse.

► Des évènements *extrêmes*

Les évènements d'origine naturelle sont par ailleurs fréquemment qualifiés d'évènements *extrêmes*. Météo-France (Pluies-Extrêmes) s'appuie par exemple sur ce terme pour désigner les évènements renseignés dans sa base de données. En statistique, un évènement *extrême* désigne un phénomène rare en termes de fréquence. Il s'agit d'une définition couramment employée en hydrologie ou en météorologie pour désigner un épisode d'origine climatique (Bourrelier et Dunglas, 2009). Ainsi le caractère *extrême* d'une inondation est défini en fonction de ses paramètres physiques, eux-mêmes associés à une fréquence statistique permettant de juger de leur caractère *habituel* ou à l'inverse *inhabituel*. Ce lien entre *extrême* et fréquence de l'aléa est d'ailleurs affirmé dans la Directive Inondation qui qualifie de « *crue extrême* » un phénomène dont la période de retour dépasse significativement 100 ans. La notion d'*extrême* peut être reliée à la théorie des *valeurs extrêmes* utilisée pour définir des valeurs seuils au-delà desquelles les autres valeurs enregistrées sont considérées comme hors de la distribution statistique régulière. Elle est en ce sens indissociable des incertitudes gravitant autour de l'estimation de la fréquence d'un évènement. Par exemple, la quantification de la période de retour d'une crue est dépendante de la longueur et de la fiabilité des mesures disponibles sur un territoire et de l'évolution de la densité du réseau de mesure. L'évènement *extrême* revêt une importance capitale pour les hydrologues ou météorologues mais peut également être sollicité par des économistes pour définir la probabilité de voir survenir un évènement rare avec un fort taux d'endommagement. Cette définition qui se rapproche de celle de « majeur » est notamment utilisée pour identifier la rentabilité de mesures de protection en fonction de la fréquence d'apparition d'un évènement (Clerc et Gollier, 2008).

► Des évènements *exceptionnels*

Un évènement *exceptionnel* désigne un évènement qui sort de l'ordinaire, qui constitue une « exception », une anomalie, selon sa définition lexicale[7]. Dans le glossaire du site SIPEX, Météo-France donne une définition d'évènement exceptionnel de précipitations qui correspond « *à une valeur numérique très supérieure à celle du maximum secondaire de l'échantillon* ». L'évènement exceptionnel qualifie selon ces termes la manifestation d'un évènement caractérisé par des *valeurs extrêmes* qui se détachent nettement de celles rencontrées normalement, renvoyant également à une anomalie, ici d'ordre statistique. Il se distingue en ce sens du phénomène « *extrême* » distingué comme tel uniquement en raison de sa fréquence d'apparition. Une inondation peut ainsi être considérée comme *exceptionnelle* en fonction de

[7] Source: définition du Larousse en ligne (http://www.larousse.fr).

ses paramètres physiques d'aléas et d'endommagement ou lorsque la combinaison de ces variables contribue à rendre l'évènement exceptionnel.

2.1.2. La place de la catastrophe

Outre les définitions précitées, une mise en lumière du concept de « catastrophe » est ici nécessaire. Une « catastrophe » se définit par plusieurs aspects qui méritent d'être explicités et reliés à notre sujet de thèse. Tout d'abord, la catastrophe traduit la manifestation d'un risque. Comme l'évènement, elle s'inscrit dans le domaine du réel contrairement au risque qui demeure attaché à une notion probabiliste (Leone *et al.*, 2010, Dauphiné et Provitolo, 2013). Elle est un phénomène singulier, atypique, distingué par des échelles spatio-temporelles bien spécifiques en décalage avec celles du risque (Figure I.I.3). Contrairement au risque qui fait l'objet d'une anticipation de la part de la société et s'insère dans une dynamique temporelle continue, la catastrophe est, quant à elle, par nature imprévisible et intervient de manière brusque et soudaine (Clavandier, 2009). Elle s'articule de plus sur un espace concret plus réduit que celle du risque, correspondant à celui délimité par l'aléa et ses conséquences dommageables bien que ses effets puissent par ailleurs s'inscrire sur une dimension plus vaste (Dauphiné et Provitolo, 2013).

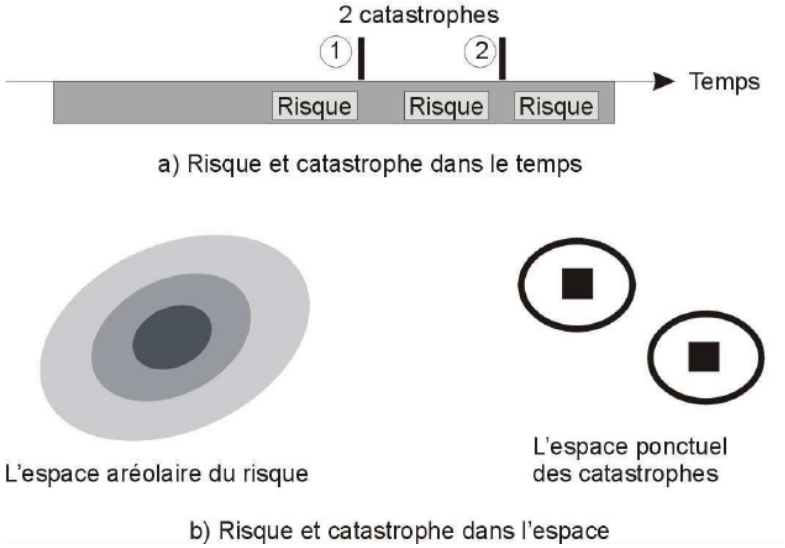


Figure I.I.3 Espaces et temps des risques et catastrophes
(Source : Provitolo et Dauphiné, 2013 ; modifié par Defossez, 2009)

Comme le précise Defossez (2009), la catastrophe ne peut toutefois se résumer à la simple matérialisation du risque mais doit être considérée comme une forme de cette manifestation. Elle implique une certaine ampleur et est pour cette raison souvent définie en fonction de la rareté de l'aléa et du degré d'endommagement. Cette définition de la catastrophe peut toutefois être perçue comme relativement ambiguë. L'évaluation de la rareté d'un aléa est par exemple fortement dépendante de variable étudiée et de l'échelle sur laquelle on se situe (Leone *et al.*, 2010). Par ailleurs, la fréquence d'apparition de l'aléa n'est pas toujours en lien avec l'ampleur de ses répercussions dommageables (Veyret et Meschinet de Richemond, 2003).

En fonction de la fréquence d'apparition et du degré d'endommagement, des franchissements de seuils peuvent intervenir et donner lieu à la catastrophe. C'est le cas lorsque les conséquences de l'évènement dépassent la capacité de gestion de la société. La définition de « *disaster* » faite par les Nations-Unies, fréquemment utilisée à l'heure actuelle, s'inscrit dans cette logique (Kelman et Gaillard, 2010). Elle désigne une catastrophe comme : « *A serious disruption of the functioning of a community or a society, causing widespread human, material, economic or environmental losses which exceed the ability of the affected community or society to cope using its own resource* » (Pelling *et al.*, 2004). La catastrophe marque par conséquent une rupture, une discontinuité temporelle pour la société et devient synonyme de crise (Lagadec, 1991, Godard *et al.*, 2002). Le franchissement de seuil expliquant la catastrophe s'inscrit également dans la perception des populations : elle doit être identifiée en tant que telle par la société lors de sa survenance (Peltier, 2005). La catastrophe repose ainsi sur une part de subjectivité liée aux modalités de représentation d'un évènement catastrophique et du type de réponse de la société (Quenault, 2014).

La catastrophe couvre finalement un vaste champ de définitions et se révèle comme un objet complexe. Elle repose par exemple en partie sur le caractère extrême de son aléa mais également sur la perception de la société ce qui la rend difficilement qualifiable aujourd'hui. Cette ambivalence nous pousse à prendre du recul avec la notion de la catastrophe qui peut difficilement être utilisée pour répondre aux défis posés par la Directive Inondation et permettre l'identification des évènements méritant d'être intégrés à l'EPRI. Dans cette logique il est ici possible de s'interroger sur les modalités d'évaluation des inondations aujourd'hui : existe-t-il des critères pertinents permettant de distinguer les évènements d'inondation « majeurs » ?

2.1.3. Les échelles de classifications des évènements d'inondation

Une analyse doit être effectuée sur les échelles de classification des évènements de façon à introduire l'intérêt de solliciter le terme d'évènement d'inondation « remarquable ».

► Des classifications fondées sur un critère

De nombreuses études ont été menées pour hiérarchiser les évènements d'inondations. Les classifications obtenues s'appuient sur certaines caractéristiques de l'inondation. Bien que l'objectif ne soit pas ici d'en dresser la liste exhaustive, trois indicateurs peuvent être analysés et leur utilité étudiée dans le cadre de la sélection de l'EPRI.

- *Le degré d'endommagement*

Parmi les échelles de classifications existantes nous pouvons citer celle utilisée par le MEDDE. Pour différencier les évènements (naturels ou technologiques) correspondants à un incident, un accident et une catastrophe (Barthelemy *et al.*, 1999), celle-ci s'appuie sur le nombre de victimes et sur le montant économique des dommages. Selon cette grille d'analyse composée de cinq classes une inondation est définie comme « catastrophique » lorsqu'elle est à l'origine de plus de 100 décès ou a généré plus de 300 millions d'euros de dommages. La « catastrophe majeure », niveau le plus élevé de la classification, est définie lorsque les seuils de 1000 victimes ou 3 milliards d'euros de dommage sont franchis. Si l'on applique cette définition aux inondations recensées dans la base Prim.net regroupant les événements naturels dommageables survenus en France de 1900 à 2012[8], cela signifierait qu'aucune catastrophe majeure liée à une inondation n'a eu lieu en France au XXe siècle. Cette grille de lecture paraît donc trop sélective au regard des nombreuses inondations dommageables ayant touché le pays sur cette période. Est-il ainsi correct de classer la tempête Xynthia, à l'origine de 47 décès et d'un coût de 2,5 milliards d'euros de dégâts (FFSA-GEMA, 2011), comme une catastrophe non majeure ?

- *La fréquence de l'aléa*

Un autre moyen utilisé pour distinguer les évènements « majeurs » réside dans la quantification de la fréquence de l'aléa. Le dispositif CatNat s'appuie par exemple sur une période de retour de l'épisode pluviométrique de 10 ans pour déclarer un arrêté de Catastrophe Naturelle (ou CatNat) et sert donc de référence pour distinguer les évènements ordinaires des évènements « catastrophiques » méritant à ce titre un régime d'indemnisation particulier. La base internationale *Dartmouth Flood Observatory*[9] produite par l'université du Colorado s'appuie également sur la rareté de l'aléa pour hiérarchiser les inondations de 1985 à nos jours. Trois classes d'inondations sont distinguées dans cette base et permettent de qualifier le degré de « sévérité » des inondations (1 - 1,5 - 2). Les évènements « extrêmes » sont identifiés dès lors que la période de retour dépasse significativement 100 ans (donc un aléa « extrême » au sens de la Directive Inondation). L'exploration des résultats montre certaines incohérences avec des évènements rencontrés en France sur la période d'analyse. Par exemple, l'épisode du Gard en septembre 2002 est classé avec un indice de 1 malgré des périodes de retour nettement supérieures à la fréquence centennale (Fouchier *et al.*, 2004). Ce classement peut résulter du faible degré d'information sur cet évènement qui ne revêt par ailleurs que peu d'importance compte tenu du caractère international de la base. Il peut aussi être relié aux limites de l'utilisation de la fréquence de l'aléa comme indicateur de gravité d'une inondation. L'estimation de la rareté d'un phénomène montre de nombreuses limites et ne rend finalement que peu compte de la réalité de l'endommagement (Douvinet et Vinet, 2012b).

[8] Source : disponible en libre-accès sur Prim.net (URL : http://catalogue.prim.net/94_tableau-des-evenements-naturels-dommageables-survenus-en-france-de-1900-a-2010.html)

[9] URL : https://www.dartmouth.edu/~floods/

- *La disponibilité d'informations*

Une autre méthode utilisée pour classifier les inondations a été illustrée par Bourguignon (2014). Dans sa thèse, portant sur l'analyse des dommages imputables aux inondations sur la période 1982-2012, ce dernier a établi une classification entre trois groupes d'évènements distingués en fonction de leur degré d'information. Sont ainsi qualifiés de « majeurs »,

« les évènements les plus documentés ayant fait l'objet d'enquêtes par les services de l'Etat et/ou par la profession de l'assurance. »

Cette échelle de classification, de nature qualitative, a permis à l'auteur de distinguer parmi des inondations de natures différentes celles qui sont a priori les plus dommageables et illustre à cette occasion une autre méthode de hiérarchisation des évènements d'inondation. Celle-ci ne permet cependant pas d'appréhender directement les impacts et les caractéristiques de l'inondation et reste limitée dans le cadre d'une étude rétrospective associée à une information de nature et de quantité variable.

Les différentes méthodes employées pour classifier les évènements d'inondation se fondent donc souvent sur un paramètre bien spécifique : rareté de l'aléa, degré d'endommagement, degré d'information. Ces échelles de classifications montrent cependant bien des limites pour caractériser les inondations au sens de l'EPRI. En effet, les seuils choisis, trop bas ou trop élevés, ne permettent pas toujours d'apprécier le degré de gravité véritable d'une inondation, laquelle ne peut pas se résumer à un seul paramètre. Ces méthodologies demeurent par ailleurs fortement contraintes par une période d'étude relativement courte et récente et leur application s'avère difficile dans le cadre d'une analyse rétrospective telle que celle demandée dans l'EPRI. La classification des inondations anciennes en fonction de l'endommagement se trouve quant à elle contrainte par la disponibilité et par les incertitudes associées à cette information.

► Des classifications multicritères

Certains travaux scientifiques se sont penchés sur la classification d'évènements d'inondations passés sur la base d'une approche multidisciplinaire et rétrospective qui se rapproche de la finalité de notre étude. Parmi ces études, nous pouvons notamment citer celles menées en hydrologie historique sur les inondations de Catalogne (Barriendos et Martin-Vide, 1998, Barriendos et Coeur, 2004, Llasat *et al.*, 2005, Barriendos et Rodrigo, 2006). Selon les auteurs de ces articles, les inondations peuvent être hiérarchisées en trois classes permettant de distinguer des inondations « ordinaires », « extraordinaires » et « catastrophiques » :

- **Les inondations « ordinaires »** ou **« petites inondations »** correspondent à une inondation qui n'implique pas ou peu la submersion du lit majeur, n'engendrant pas de dégâts à la population mais pouvant entraîner des dommages mineurs aux installations hydrauliques (moulins, canaux d'irrigation…).

- **Les inondations « extraordinaires »** se caractérisent par une inondation modérée du lit majeur, causant des dommages d'importance mineure telle que l'inondation de cultures, d'habitations ou d'ouvrages de protection. Les activités humaines ne sont ici interrompues que temporairement.
- **Les inondations « catastrophiques »** se définissent au contraire par une submersion importante de la surface du lit majeur avec une forte intensité. De sérieux dommages aux cultures, aux infrastructures bâties (destructions de maisons par exemple), aux ouvrages d'art et de protection sont recensés.

Via ces indicateurs de la « sévérité » de l'inondation, les auteurs ont classé les évènements les plus intenses pour pouvoir les comparer et acquérir à terme une vision de l'évolution séculaire de la fréquence d'évènements « catastrophiques » sur le territoire (Cœur, 2008). Les critères sélectionnés ont été distingués en fonction de la disponibilité des données et mis au regard d'une exploitation critique des sources documentaires utilisées, problématique essentielle pour garantir l'homogénéité des résultats. Ces indicateurs sont relatifs à la fois à l'intensité de l'aléa via l'appréciation qualitative des caractéristiques physiques de l'inondation et à la sévérité des dommages par l'évaluation de l'endommagement.

Cette démarche multicritère contribue à classer des évènements passés en évaluant leur degré de sévérité et constitue une source d'inspiration pour notre étude. Elle reste toutefois limitée pour répondre aux enjeux posés par la Directive Inondation.

- La méthode demeure en premier lieu attachée à un contexte spatio-temporel spécifique. Les travaux utilisant cette classification se fondent sur des situations locales à un point donné du bassin versant et ne sont donc pas forcément représentatives de la réalité de l'évènement sur le reste du territoire affecté. Cette méthode de hiérarchisation concerne par ailleurs principalement la période pré-instrumentale complexifiant l'établissement de parallèles avec des inondations récentes postérieures à 1950.
- La classification est par ailleurs principalement établie pour les inondations correspondant à des débordements de cours d'eau. Les phénomènes de submersion marine ou de ruissellement, potentiellement susceptibles de générer de nombreux dommages, ne sont ainsi pas considérés dans cette analyse.
- Un dernier point permettant d'attester du caractère limité de ces classifications dans le cadre de la Directive réside dans les types d'impacts pris en compte. L'échelle proposée se fonde principalement sur les impacts au bâti mais ne tient pas compte des impacts sur la santé humaine, élément pourtant considéré comme un point important dans le texte règlementaire. Le niveau de réponse de la société demeure ici aussi absent ce qui ne permet pas de définir ces évènements en tant que « catastrophe ».

► Des classifications limitées questionnant l'élaboration d'une nouvelle méthodologie

Plusieurs constats peuvent être tirés de la synthèse des différentes classifications utilisées pour caractériser les évènements d'inondations.

Ils soulignent une fois de plus la multitude des termes utilisés pour qualifier les évènements « majeurs » (catastrophe majeure, catastrophique, extrême…) et rappellent l'absence de définition commune acceptée tant par les scientifiques que par les politiques. Malgré des initiatives poussées, force est par ailleurs de constater que les échelles de classifications élaborées jusqu'ici demeurent limitées pour hiérarchiser les évènements. Les méthodes illustrées se concentrent souvent sur un paramètre de l'inondation, une spatio-temporalité spécifique ou un type d'aléa particulier et ne permettent pas de considérer les évènements sur un même niveau. Ceci renvoie notamment à la complexité de l'inondation définie notamment comme un aléa multiforme. La réponse de la société, variable explicative de la catastrophe selon Décamps (2007), n'est par ailleurs jamais prise en compte dans ces classifications.

L'article 4 du chapitre II de la Directive (section 1.2.3) préconise de choisir des évènements rares à l'origine d'« *impacts négatifs significatifs* » et pour lesquels un retour probable est une source d'inquiétudes. A l'occasion de la mise en œuvre de la Directive une enquête historique a été pour recenser les principales inondations du territoire (≈2000), puis un choix a dû être opéré pour ne retenir que certains évènements devant être intégrés en priorité à l'EPRI de 2011. En raison de l'absence de classifications adaptées et d'un délai imparti beaucoup trop restreint cette sélection s'est aussi en partie appuyée sur une phase de concertation politique (Lang et Coeur, 2014). L'utilisation du terme « *remarquable* » pour désigner les 176 évènements sélectionnés dans l'EPRI 2011 dans la BDHI offre cependant des perspectives pour répondre aux enjeux d'une classification d'évènements telle que celle sollicitée à l'époque et peut être interrogé. Le recours au terme « remarquable » permet-il de progresser dans la caractérisation des évènements d'inondation méritant d'être intégrés à l'EPRI ?

2.2. L'utilisation du terme de « remarquable » pour hiérarchiser les évènements d'inondation

Le terme de « *remarquable* » a été utilisé pour définir les évènements de l'EPRI lors de leur incorporation à la BDHI. Il peut faire l'objet d'une réflexion pour répondre à l'interrogation mentionnée précédemment. Avant tout, ce terme doit cependant être explicité. Comment définir une inondation remarquable ? Cette définition renvoie-t-elle à la catastrophe ?

2.2.1. Clarification du terme de remarquable : un outil pour la classification des inondations ?

La définition du mot « *remarquable* » appliqué à un évènement d'inondation renvoie à deux aspects :

- d'une part cet évènement est « ***remarqué*** », c'est-à-dire qu'il a fait l'objet d'une préoccupation particulière par la société, ce degré de préoccupation étant évaluable selon la forme de la réponse que cette dernière y a apportée.
- d'autre part l'évènement « ***se remarque*** », se distingue des autres, ce qui implique que les caractéristiques de l'inondation se différencient de celles d'autres inondations finalement plus « classiques ».

Ce double aspect de l'évènement remarquable soulève trois interrogations principales :

1. Le caractère *remarquable* d'une inondation dépend de la réponse de la société et s'articule en ce sens comme le fruit d'une construction socio-politique et culturelle (Allard, 2001). Il est en ce sens étroitement lié aux modalités de représentation de l'évènement (Baggio et Rouquette, 2006) et fait appel à un effet de dépassement de seuil tant dans la gestion que la perception de l'inondation par la société. Quels indicateurs témoignent de ce franchissement de seuil et permettent de distinguer un évènement comme *remarquable* ?

2. La notion de « *remarquable* » fait par ailleurs référence aux caractéristiques exceptionnelles de l'évènement qui se distinguent de celles d'autres inondations. Cette définition renvoie d'un côté aux paramètres de l'aléa perturbateur et de l'autre à ses conséquences dommageables et ses répercussions. Dans cette optique, quelles sont les caractéristiques d'une inondation remarquable ? L'aléa à l'origine d'une inondation remarquable est-il sensiblement différent de celui d'une inondation classique ? Quelles conséquences génèrent l'évènement remarquable sur la société, tant en termes de dommages que de répercussions sociales ou politiques ?

3. La définition interroge enfin les échelles de temps et d'espaces pertinentes pour définir le caractère remarquable d'une inondation. Selon cette définition, le terme « *remarquable* » souligne que l'évènement « *se remarque* » à l'époque de sa survenance mais également à la date de l'analyse, soit aujourd'hui. Cet aspect traduit un « *processus de mise en mémoire* » et implique que les conséquences de l'évènement ont poussé la société a réagir en prenant une série de mesures qui contribue à perpétuer la mémoire de l'évènement dans le long terme (November *et al.*, 2011). Quels critères permettent d'illustrer ce processus de mise en mémoire ? Pour quelles raisons un évènement se remarque-t-il encore aujourd'hui ?

Ces différents questionnements soulevés par le terme de *remarquable* soulignent quelques-uns des enjeux de notre sujet de thèse. Nous partons ici du postulat que la réponse de la société est identifiable à travers les répercussions socio-politiques ou médiatiques imputables à l'évènement. Nous retenons suite à cette hypothèse une définition synthétique de l'évènement remarquable d'inondation.

Un évènement remarquable désigne une inondation possédant des caractéristiques exceptionnelles (aléa, dommages, répercussions) qui a conduit la société à prendre des dispositions particulières pour le gérer. Ces mesures contribuent encore aujourd'hui à perpétuer la mémoire de l'inondation et témoignent de son ampleur.

Selon cette définition l'évènement remarquable fait appel à plusieurs composantes de la catastrophe telles que l'exceptionnalité de l'aléa et des dommages. L'évènement remarquable et la catastrophe, bien qu'ayant de nombreux traits communs, ne peuvent pas être considérés comme synonymes. L'évènement remarquable, phénomène bien que rare et dommageable, se distingue de la catastrophe par la réponse de la société qui a jugé nécessaire de déployer une série de répercussions contribuant à inscrire l'évènement dans un processus de « mise en mémoire » collective. En gardant à l'esprit la différence qui régit ces deux concepts, le « *remarquable* » se révèle moins ambigu que la catastrophe et constitue une perspective intéressante à explorer de façon à répondre aux enjeux posés par la Directive Inondation. **La caractérisation des évènements remarquables d'inondation permet-elle de diagnostiquer les évènements aux « *impacts négatifs significatifs* » au sens de la Directive ?**

2.2.2. Une grille d'évaluation pour hiérarchiser les évènements remarquables

Les échelles de classification existantes, fondées sur les dommages et la rareté de l'aléa, sont à l'heure actuelle insuffisantes pour hiérarchiser les inondations passées selon leur sévérité. En évaluant la réponse de la société, l'utilisation du terme de remarquable possède l'avantage de pouvoir se replacer dans le contexte de l'époque de survenance de l'inondation. Il propose ainsi d'acquérir une vision plus objective du caractère « significatif » des impacts de l'évènement pour la société impactée. Pour définir le caractère remarquable d'une inondation, il convient toutefois de sélectionner en premier lieu des indicateurs pertinents en vue de caractériser les évènements remarquables.

Cette étape s'appuie en premier lieu sur l'établissement d'une grille de lecture fondée sur la sélection des 176 évènements d'inondation de l'EPRI 2011. Ce corpus d'évènements, tous plus ou moins *remarquables*, offre en effet un matériau pour identifier les paramètres permettant de définir des critères composant l'évènement remarquable. L'application de la grille de lecture aux évènements de l'EPRI doit à terme aboutir à une première hiérarchisation des évènements d'inondation et ainsi permettre de distinguer les principaux évènements remarquables. A travers une deuxième phase de sélection, certains de ces évènements choisis comme cas d'étude seront par la suite analysés dans le détail afin de progresser dans la caractérisation de la remarquabilité et valoriser l'apport de cette démarche. Pour établir ce diagnostic d'évènements remarquables via l'établissement d'une grille de lecture, un certain nombre de précautions d'usage doivent être préalablement considérées.

► Une méthodologie adaptée à la complexité de l'évènement remarquable d'inondation

Un premier enjeu est tout d'abord de déployer une méthodologie adaptée à la complexité de l'objet d'étude. L'évènement d'inondation renvoie à une multitude d'échelles, tant spatiales que temporelles. Cette singularité induite par ce jeu d'échelles complexifie grandement son appréhension par les gestionnaires du risque (Bourguignon, 2014). C'est d'autant plus vrai pour un évènement remarquable qui revêt également une dimension de long terme. Quels sont les paramètres permettant de s'affranchir des différentes échelles de l'évènement d'inondation et de proposer une définition couvrant la réalité de l'évènement remarquable ? L'évènement *remarquable* est par ailleurs défini par de nombreux facteurs, au croisement des sciences de la nature (avec l'aléa) et des sciences sociales et économiques. Réaliser ce diagnostic requiert donc de déployer une méthodologie multidisciplinaire adaptée aux différents registres en jeu lors de l'évènement remarquable. Existe-t-il en ce sens des indicateurs multidisciplinaires pertinents pour caractériser l'évènement *remarquable* ? Ces indicateurs, de différentes natures, sont-ils utilisables et pertinents au sein d'une même analyse ?

► Une démarche rétrospective et comparative pour classifier les évènements

Un autre enjeu gravitant autour du diagnostic des évènements remarquables d'inondation est d'établir une démarche rétrospective et comparative. Celle-ci ne doit pas favoriser un certain type d'inondation ou une période en particulier. Des indicateurs « objectifs » et adaptés de *remarquabilité* doivent pour ce faire être dégagés. L'établissement d'une approche rétrospective pose par ailleurs la question du caractère reproductible d'un évènement d'inondation. S'agissant des inondations de 1856 dans le bassin de la Loire, Camp'huis (2007) précise que cette question est un enjeu crucial qui permet notamment d'évaluer les possibles conséquences causées par le retour d'une inondation majeure passée. Ce point est d'ailleurs mis en avant par la Directive qui recommande la description des inondations « *pour lesquelles il existe toujours une réelle probabilité que se produisent des événements similaires à l'avenir* ». Cette injonction impose de choisir une période d'étude pertinente de façon à ne pas considérer des évènements dont on sait par avance qu'ils ne peuvent pas se reproduire aujourd'hui. Pour ce faire, deux conditions doivent être respectées à savoir :

- des conditions hydroclimatologiques homogènes, impliquant que la survenance de ce type d'inondation n'est pas exclue ;
- un corpus d'informations relativement équilibré en termes de qualité, de quantité et de nature des données afin de ne pas biaiser l'analyse en favorisant certaines inondations.

► Le choix d'une période d'étude limitée (1900 à nos jours)

Au regard des différents aspects évoqués ci-dessus, nous avons décidé de limiter notre étude à une période allant de 1900 à nos jours, période qui servira notamment de base lors de la sélection de cas d'étude dans le chapitre II. Le choix de cet intervalle de temps peut paraître discutable dans la mesure où de nombreux évènements fortement dommageables sont survenus dans la seconde moitié du XIXe siècle (tels que les crues de la Loire en 1846, 1856 et 1866, ou la crue de la Garonne en juin 1875). Bien que ces inondations soit intervenues durant la période instrumentale (au même titre que notre période d'étude), elles demeurent cependant associées à la fin de la période du « Petit Age Glaciaire » (ou PAG) et témoignent à ce titre de la singularité hydrométéorologique de celui-ci selon Antoine (2010). Les comparer à des évènements du XXe siècle est dès lors délicat. Les politiques de gestion du risque se sont par ailleurs largement développées durant le XXe siècle. Cette période offre donc un cadre suffisant pour évaluer l'apport des différentes mesures de gestion du risque entre évènements « anciens » et « récents » à l'échelle de plusieurs décennies (quelles implications en termes de vulnérabilité et d'exposition des enjeux ?).

3. D'une vision segmentée à holistique des évènements d'inondation

Les autorités en charge de la récolte des évènements de l'EPRI ont été confrontées à plusieurs difficultés qui ont rendu difficile l'identification d'évènements d'inondation. Cette complexité dans la sélection tient notamment à la vision incomplète des inondations que proposent à l'heure actuelle les études relatives à ces phénomènes. On peut à ce stade s'interroger sur les modalités d'appréhension des inondations dans la gestion du risque et dans le milieu scientifique. Par la suite, l'apport de la monographie est envisagé comme outil d'amélioration de la connaissance des inondations passées.

3.1. Une vision encore segmentée dans la gestion du risque et dans les études scientifiques

3.1.1. La place des inondations passées dans les politiques publiques de gestion du risque

La référence aux inondations du passé n'est pas nouvelle dans la gestion du risque inondation. Antoine *et al.* (2009) précisent que ces dernières sont évoquées dès l'Ancien Régime lors de l'élaboration de plans locaux de gestion par les ingénieurs de l'Etat. Depuis lors, l'intérêt d'une prise en compte des inondations passées pour la gestion du risque s'est vu affirmé dans une série de mesures politiques. C'est le cas avec la loi de mai 1858 portant sur les « vallées submersibles », puis en 1935 (application en 1937) avec le déploiement des Plans de Surfaces Submersibles ou PSS. Pour établir le champ d'inondation et identifier les éventuels obstacles à l'écoulement, la marque des plus hautes eaux connues est reconstituée à l'aide des laisses de crue ou le cas échéant de témoignages (Garry, 1994). Bien que les textes de loi ne fassent pas explicitement référence aux études sur les inondations passées ils se basent pourtant, à l'évidence, sur l'utilisation des informations qu'elles contiennent.

Il faut attendre les années 1980 avec les lois de 1982 et 1987 pour voir transparaître de nouveau l'intérêt de l'étude des inondations passées pour la gestion du risque. Selon Coeur *et al.* (1998) celles-ci « *marquent en France la reconnaissance officielle de l'information historique dans l'élaboration des outils de prévention* ». Tout d'abord, la loi du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles vise à remplacer les PSS décrétés en 1935 par des Plans d'Exposition aux Risques ou PER. Lors de son application en 1984, la méthodologie établie pour le nouveau dispositif intègre une Cartographie Informative des Crues Historiques ou CICH (Garry, 1994). Cette initiative sera maintenue dans le décret d'application de la loi de 1995, dite « Loi Barnier » (Antoine *et al.*, 2009). La loi de juillet 1987 introduit dans une même optique la nécessité de déployer, au niveau départemental, des atlas synthétiques sur les risques naturels encourus. Ce type de plan peut être vu comme l'ancêtre des Atlas de Zones Inondables ou AZI. Les AZI sont instaurés par les circulaires du 24

janvier 1994 et 22 mars 1995 et réactualisés par la circulaire en date du 4 novembre 2003. Ce type de document vise à identifier les différentes zones inondables et à les porter à la connaissance des citoyens en alliant à la fois une démarche hydrogéomorphologique et historique. Comme le précise Ledoux (2006), l'AZI est à la fois « *un outil de connaissance et de réglementation* », faisant référence à la circulaire du 14 octobre 2003 qui a affirmé la place centrale de ces documents dans la règlementation des risques. Depuis lors, les PPRI s'appuient en particulier sur ces plans pour fixer l'aléa de référence.

Dans la section 1.2.1, les PPRI et le choix de la plus forte crue connue pour fonder l'aléa de référence ont été évoqués. La loi Barnier de 1995, vient ajouter un caractère plus règlementaire à la connaissance des crues passées, pouvant désormais servir à l'établissement des différents zonages. Dans les notes de présentation de ces documents, il est par ailleurs fait mention des principales inondations dommageables connues sur le bassin ce qui permet de justifier du choix de l'aléa de référence pour le zonage règlementaire. Cette partie comprend souvent une description de l'aléa hydrométéorologique et montre un aperçu des conséquences imputables aux différentes inondations. Selon Granet-Abisset (1999) cette étape fait cependant appel à des champs de compétences qui ne sont pas forcément du ressort des bureaux d'études en charge de la rédaction du PPRI. Pour cette raison, la richesse des descriptions varie fréquemment selon les secteurs (Dupont, 2010).

Dans la loi du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels des dommages (dite loi Bachelot), la valorisation de l'information de crues passées repose sur les repères de crues. La préservation et la pose de nouvelles marques suite à un évènement majeur est désormais inscrite dans le cahier des charges des maires concernés (article L. 563-3 du code de l'environnement) et se distingue comme une mesure participant à la mémoire des crues passées (Gazelle et Maronna, 2009). Cette loi de 2003 peut être jugée comme la dernière mesure significative avant la mise en place de la Directive Inondation et la reconnaissance de l'apport de l'information relative aux inondations historiques.

3.1.2. Une approche encore très aléa-centrée ?

Après cette brève synthèse de l'intégration des inondations passées dans la gestion du risque en France, plusieurs constats peuvent être émis. L'intérêt de ces informations est attesté depuis les prémices de la politique de gestion du risque inondation et s'est affirmé progressivement avec les décisions prises postérieurement à 1982, a été ravivé récemment avec la Directive Inondation (section 1.2.3). La prise en considération des phénomènes passés revêt ainsi une influence certaine dans la gestion actuelle des risques mais s'inscrit toutefois dans une démarche très *aléa-centrée*, demeurant par conséquent principalement aux mains des sciences de la nature et de l'ingénieur. Les conséquences d'une inondation dommageable, ainsi que ses répercussions restent peu retranscrites et portées à la connaissance des citoyens. Bien que cette tendance semble s'inverser, notamment via les actions de mitigation entreprises (telles que des initiatives de culture du risque portées par certains PAPI), les modalités de prise en compte des inondations historiques dans les politiques publiques soulignent l'absence d'approche multidisciplinaire de ces évènements.

3.1.3. Des études rétrospectives portant sur les évènements d'inondations

Une fois mise en évidence la prise en compte des évènements passés dans la politique de gestion du risque, une interrogation est également possible au niveau scientifique : de quelle manière les études rétrospectives portant sur les inondations majeures s'articulent-t-elles ? Offrent-elles une vision plus « globale » des évènements d'inondation ?

► **Des études centrées sur un évènement**

De nombreuses études ont trait aux évènements majeurs passés. Elles sont généralement menées quelques années après la survenance de l'inondation, moteur de nombreuses publications scientifiques et portent sur la description des phénomènes et l'explication de ses causes et de ses conséquences.

Les rapports d'études de l'Etat menés dans le cadre d'une démarche de retour d'expérience peuvent tout d'abord être mentionnés. Bien que profondément politisées, ces travaux constituent une riche source d'information. Pour les évènements anciens, nous pouvons citer les rapports des Commissions des Inondations de janvier 1910 (Picard, 1910) et de décembre 1947 (Roubault *et al.*, 1949) qui comportent de riches descriptions des inondations et de leurs conséquences et proposent des recommandations pour réduire l'impact de futurs phénomènes similaires. Pour les évènements récents, cette démarche s'est fortement institutionnalisée depuis le retour d'expérience de Lefrou *et al.* (2000) mené suite aux inondations de l'Aude en novembre 1999 et est donc plus fréquente aujourd'hui (Ledoux, 2006). Elle est généralement impulsée dans les semaines qui suivent la submersion et vise à mettre en évidence les éventuelles défaillances pouvant expliquer les lourdes conséquences de l'évènement.

D'un point de vue scientifique, de nombreux travaux sont également initiés après une inondation, en particulier sur le volet hydrométéorologique. Une inondation marquée par des caractéristiques physiques en apparence exceptionnelles constitue en effet un matériau précieux pour les météorologues ou hydrologues. Les articles produits par Maurice Pardé, fondateur de la potamologie, s'inscrivent dans cette optique. L'hydrologue a en effet produit une riche bibliographie, menées suite à la survenance d'inondations exceptionnelles. Ces documents, assimilables à des monographies, constituent une source d'information essentielle pour la connaissance des phénomènes passés et ont été pour cette raison largement sollicités au cours de la thèse. Plus récemment, de nombreuses analyses hydrométéorologiques ont également été engagées à la suite d'une inondation : les inondations du Gard en septembre 2002 ont par exemple impulsé de nombreuses études ayant trait à leurs caractéristiques hydrologiques ou météorologiques (Gaume et Bouvier, 2004, Delrieu *et al.*, 2005, Bonnifait *et al.*, 2009). Ces analyses centrées sur l'aléa sont parfois complétées par des travaux portant sur un autre aspect de l'évènement tel que les répercussions socio-économiques, examinées à l'occasion des évènements de septembre 1992 à Vaison-la-Romaine (Comby, 1993) et de novembre 1999 sur l'Aude (Comby, 2000). De manière plus rare, des études rédigées dans

une démarche transversale sur différents aspects de l'évènement ont aussi été réalisées après les inondations de novembre 1999 (Vinet, 2000).

Depuis quelques années, le déploiement de nouveaux outils de modélisation et leur application aux événements passés (tels que les réanalyses atmosphériques) ont contribué à l'amélioration des connaissances. Ces analyses, généralement menées par des historiens associés à des hydrologues ou hydrauliciens, visent à reconstituer les dynamiques d'inondations particulièrement exceptionnelles et dommageables pour la société. Pour ce faire, les auteurs sollicitent les sources « proxys », marqueurs d'une inondation passée (laisses de crues, sources textuelles…), et s'aident des modèles de réanalyses climatologiques. L'inondation de mai-juin 1856 a dans cette optique été l'objet de nombreuses d'études visant à reconstituer l'exceptionnalité de l'aléa hydrologique (Cœur, 2004, Coeur et Djerboua, 2007b, Coeur *et al.*, 2007). De même, l'inondation de Santa Tescla qui a fortement affecté la Catalogne en septembre 1874, a fait l'objet d'une reconstitution hydrologique, hydraulique et météorologique (Balasch *et al.*, 2010a, 2010b, Ruiz-Bellet *et al.*, 2015). Récemment, l'inondation de juillet 1342 en Allemagne (inondation de Magdalena) a été étudiée par Herget *et al.* (2015), permettant notamment de mettre en évidence que celle-ci fut d'une intensité nettement supérieure à celle des évènements de 2002, 2005 et 2013 sur l'Oder, le Danube et l'Elbe.

► Des études fondées sur une chronique d'évènements : hydrologie historique et géohistoire des inondations

Nous avons pu voir la diversité des études centrées sur un évènement inondation en particulier. Dans un même ordre d'idée, des études rétrospectives ont été réalisées à partir de chroniques d'inondation. Nous pouvons citer à ce titre les travaux d'hydrologie historique. Selon Pichard et Roucaute (2015) l'hydrologie historique est, comme son nom l'indique au croisement de l'hydrologie et de l'histoire, et sa finalité s'oriente sur :

« d'une part, la reconstitution dans le temps et l'espace de séries de crues fluviales, avec en particulier le repérage d'évènements extrêmes (inondations, débâcles glaciaires, sécheresses et étiages sévères) et ce, principalement pour la période antérieure à la mise en place de réseaux d'observations hydrologiques nationaux, sans oublier, d'autre part, la connaissance de la vulnérabilité des sociétés et économies anciennes face à ces évènements hydrologiques extrêmes. L'hydrologie historique constitue par la même un outil essentiel pour la connaissance du risque inondation ».

A travers cette définition générale, l'hydrologie historique couvre ainsi un large champ d'études et vient affirmer l'apport de l'histoire pour l'étude de phénomènes physiques et améliorer la connaissance des processus en jeu (notamment ceux ayant traits aux registres sociaux). Elle s'inscrit dans la même lignée que l'histoire du climat et l'histoire de l'environnement et des travaux de Le Roy Ladurie (1959), Alexandre (1987), Garnier (2007, 2010). Ces études sont généralement focalisées sur la période pré-instrumentale antérieure au XXe siècle et s'appuient sur des sources diverses pour reconstituer des chroniques d'évènements d'inondation. Parmi les sources énumérées dans la revue de Brázdil (2006), les sources textuelles (telles que les journaux, les productions de scientifiques ou de

gestionnaires…) sont particulièrement sollicitées. Certains ouvrages, comme les annuaires de chroniques d'évènements, constituent des sources d'informations primaires fréquemment utilisées. En France, les répertoires d'évènements dressés par Champion (réédité par le Cemagref en 2000) et Alexandre (1987) constituent à ce titre des sources privilégiées pour retracer les différentes inondations survenues dans le passé.

En reconstituant des chroniques d'inondation sur un territoire plus ou moins vaste les travaux d'hydrologie historique s'attachent souvent à identifier les variations du cycle hydrologique ou à évaluer la fréquence d'apparition des inondations dites « catastrophiques » (Brazdil *et al.*, 2006). Comme principaux exemples de travaux relatifs à cette question, nous pouvons citer ceux de Brázdil pour la République Tchèque (Brázdil, 1998), Pfister pour la Suisse (Pfister, 1980, Pfister *et al.*, 1999), Llassat et Bariendos pour l'Espagne (Barriendos *et al.*, 2003, Llasat *et al.*, 2005), Glaser pour l'Allemagne (Glaser et Stangl, 2003) ou Lang *et al.* (2002) pour le bassin de l'Ardèche. Ces travaux contribuent à parfaire la connaissance du risque inondation sur plusieurs aspects (Brazdil *et al.*, 2006), tels que :

- la meilleure évaluation de fréquence de l'aléa hydrologique,
- l'approfondissement des causes météorologiques lors d'inondations exceptionnelles,
- l'analyse diachronique des facteurs d'exposition et de vulnérabilité des populations.

Ils peuvent également être utilisés pour envisager des scénarios d'évolution des facteurs de risque.

Dans une optique similaire à l'hydrologie historique, des travaux davantage tournés vers les sciences humaines et sociales ont été menés. De façon à comprendre les modalités de gestion du risque. Cœur (2008) a par exemple mis en relation la chronique des évènements ayant touché la plaine de Grenoble avec celle de l'évolution des politiques publiques. En géographie ce courant s'illustre avec des travaux mettant en lumière l'apport de l'information des inondations passés pour parfaire la connaissance du risque inondation sur le territoire (Antoine, 1992, Meschinet de Richemond, 1997, Combe, 2007, Antoine, 2009). Ces analyses assimilables à une démarche géohistorique[10] se multiplient depuis le début des années 1990 et témoignent du regain d'intérêt de l'étude des inondations passées. Elles s'intéressent non seulement à l'évolution diachronique de l'aléa mais également à celle du risque inondation en général. Contrairement aux études citées précédemment, elles se focalisent aussi sur les aspects socio-économiques et sont à ce titre en lien étroit avec le territoire d'étude.

Une place particulière est accordée à l'évènement « exceptionnel », « extrême », ou « catastrophique » (selon le choix du terme utilisé) dans l'ensemble des travaux cités ci-dessus. Les inondations majeures sont en effet considérées comme riches d'enseignements et sont également davantage relatées dans les sources documentaires. Rares sont cependant les études qui s'intéressent à la compréhension du caractère « catastrophique » de ces évènements. Effectivement, l'inondation majeure sert davantage de matériau et de support pour porter les conclusions de l'analyse. Elle est plus rarement considérée comme un sujet d'étude à part

[10] Selon Jacob-Rousseau (2010), la géohistoire se définit par « une valorisation géoréférencée d'informations datées » et est une « démarche de plus en plus fréquente dans l'aménagement, l'hydraulique, la paléohydrologie ou la climatologie historique ».

entière et utilisée dans le cadre d'une démarche comparative visant à mettre en commun les informations relatives à ces évènements pour en comprendre l'origine de leur gravité.

3.1.4. Des études rétrospectives offrant une vision partielle de l'évènement d'inondation

L'énumération des différentes études ayant trait aux évènements d'inondations passés met en évidence plusieurs aspects. Tout d'abord, nous avons pu distinguer deux « temporalités » :

- des études centrées sur un seul évènement, menées après l'occurrence d'un évènement dommageable,
- des démarches rétrospectives s'appuyant sur un corpus d'évènement.

Ces analyses scientifiques sont nombreuses et révèlent l'intérêt croissant pour l'étude des inondations passées. Celles-ci sont cependant surtout monothématiques et monodisciplinaires, centrées sur un aspect spécifique de l'évènement qui est fréquemment celui de l'aléa. Les études relatives aux aspects économiques ou sociaux sont plus rares et peu souvent mises en relation avec les aspects physiques de l'inondation. Ce point illustre le fossé qui subsiste encore entre les sciences de la nature et de l'ingénieur et les sciences sociales dans l'étude des inondations. Lorsque des études multidisciplinaires sont menées, celles-ci allient généralement l'histoire avec une autre discipline, telle que l'hydrologie ou la géographie. Peu d'études monographiques et véritablement multidisciplinaires existent en ce sens sur l'évènement d'inondation, limitant sa compréhension dans sa globalité en intégrant les caractéristiques physiques de l'aléa au même niveau que les conséquences socio-économiques de l'inondation. Les analyses rétrospectives existantes sont par ailleurs souvent attachées à une spatio-temporalité spécifique. En plus des analyses attachées à un seul évènement, des études rétrospectives sont centrées sur une période particulière telle que la période pré-instrumentale pour les travaux en hydrologie historique. De même, elles sont souvent liées à un territoire particulier (comme les Pyrénées pour les travaux du laboratoire Géode de Toulouse) ou sur un type d'inondation spécifique tel que les inondations torrentielles.

Ces différents éléments confirment l'absence de vision « globale » des évènements historiques (majeurs ou banals) et la connaissance segmentée de ces phénomènes, dispersée entre les disciplines ou organismes gestionnaires. Les études post-évènement et les analyses centrées sur un groupe d'évènements décrivent rarement l'inondation de façon holistique. L'expérience d'une inondation sert davantage de matériau pour appuyer le poids de la démonstration plutôt qu'une source d'enseignements en soit. Cet aspect permet de s'interroger sur l'utilité d'une démarche multidisciplinaire et holistique à travers l'étude monographique. La rédaction de monographies sur des évènements remarquables d'inondation, s'attachant à décrire chacun des aspects de l'évènement, permet-elle d'acquérir une vision holistique de l'évènement ? Constitue-t-elle une méthode adaptée pour capitaliser l'enseignement apporté par une inondation passée ?

3.2. Le recours à la monographie pour caractériser les évènements remarquables d'inondations

La caractérisation des évènements remarquables d'inondation s'est reposée sur des études dites monographiques. De façon à démontrer l'intérêt de ces études, il convient en premier lieu de revenir brièvement sur l'historique de la monographie pour l'étude des inondations avant d'identifier les implications et limites inhérentes à ce type de démarche.

3.2.1. La place de la monographie en géographie et pour l'étude des inondations

Selon la description faite par Sautter (1961), en géographie la monographie renvoie à trois aspects à savoir :

- « *Un terrain de travail circonscrit et localisé,*
- *un espace limité ou des hommes en nombre restreint (suivant que prévaut l'optique géographique ou ethnologique)*,
- […] *une étude exhaustive, ou qui vise au moins à épuiser certaines des perspectives propres à la discipline à la discipline du chercheur* ».

En regard à cette définition, la monographie se veut une étude exhaustive d'un territoire particulier (sur une échelle locale). Ce type d'étude revêt une forte influence dans la géographie classique héritière de Paul-Vidal de la Blache à travers l'écriture de monographies dites « régionales ». Ce dernier préconise une étude des mécanismes locaux, territoriaux, dont les enseignements doivent à terme contribuer à une approche plus « générale » de la géographie (Vidal de la Blache, 1896). L'étude monographique s'appuie sur l'accumulation de faits en vue de comprendre la géographie d'un milieu, d'une région, et la capitalisation de ces informations par le déploiement d'une synthèse plus générale axée sur une échelle plus vaste. Selon Antoine (2010), les thèses monographiques de l'époque Vidalienne peuvent cependant être abordées sous un regard critique. Elles ont davantage constitué une étude des « composantes des milieux naturels » et ont rarement considéré leurs interactions avec la sphère sociale ou politique.

Sur les catastrophes naturelles et plus précisément les inondations, des travaux assimilables à des monographies peuvent être identifiés. Les articles de Pardé sont notamment vus comme correspondant à ce type de démarche. Toujours selon Antoine (2010), « *nous sommes bien là au cœur de la géographie vidalienne visant à accumuler les connaissances objectives en vue d'une généralisation et de l'établissement ultérieur de lois*. » Ces études portent principalement sur le volet hydrométéorologique des inondations et délaissent ainsi quelque peu le volet socio-économique intrinsèque à l'évènement. En dépit de cette vision partielle de l'évènement, ces documents ont permis de capitaliser de nombreuses informations ayant trait aux phénomènes et contribuent aujourd'hui de manière indéniable à leur connaissance.

Avec la disparition de Pardé et le développement de l'hydrologie qui s'empare désormais des problématiques physiques liées aux catastrophes naturelles le genre monographique subit un certain déclin et n'est plus sollicité pour l'étude des inondations. Actuellement ce type d'étude reste peu fréquent malgré de récentes initiatives. Parmi celles-ci il convient de mentionner l'ouvrage de Vinet (2003) sur les inondations de l'Aude en novembre 1999. Ce document, qui retrace la chronologie de l'évènement depuis les précipitations de l'épisode pluviométrique déclencheur jusqu'à la période de reconstruction, est riche en enseignements et peut être assimilé à une démarche monographique. Dans un même ordre d'idée, le travail de Pichard et Roucaute (2015) montre un intérêt retrouvé autour de la monographie dans leur ouvrage intitulé « *Sept siècles d'histoire hydroclimatique du Rhône d'Orange à la mer (1300-2000*) ». Les deux historiens de l'environnement présentent dans leur étude une série d'évènements « extrêmes » appréhendés sous l'angle de « monographies types », apportant une description précise des principales catastrophes naturelles rencontrées le long du Rhône en matière d'aléa et de dommages. Bien que l'aspect social et politique demeure ici aussi en retrait, cet ouvrage reflète l'apport du genre monographique pour l'analyse d'évènements majeurs passés.

Ces différents éléments questionnent l'intérêt de solliciter le recours à une étude monographique pour notre thèse. Une étude monographique sur des évènements d'inondation permet-elle de caractériser leur remarquabilité ? Permet-elle de s'affranchir de la vision partielle et segmentée des inondations présente dans les sources documentaires ?

3.2.2. Une méthodologie adaptée à la caractérisation des évènements remarquables ?

La monographie telle qu'elle a été sollicitée dans la géographie classique a suscité de nombreuses critiques. Pour ses détracteurs, elle est souvent perçue comme un genre littéraire descriptif pouvant être jugée d'arbitraire. Bertrand et Bertrand (2002) postulent cependant que la monographie possède de nombreux avantages pour mener à bien une recherche en géographie. Ces intérêts doivent ici être étudiés de façon à légitimer le recours à la monographie dans le cadre de notre étude visant à caractériser et comprendre l'évènement remarquable d'inondation.

► La monographie pour acquérir une vision holistique de l'évènement remarquable ?

Les inondations passées sont souvent appréhendées sous un angle monothématique ou monodisciplinaire. Cette segmentation des connaissances autorise rarement une vision *globale* de l'évènement d'inondation et questionne l'intérêt de la monographie pour acquérir une vision holistique de l'évènement remarquable. Bien souvent, celui-ci est étudié sous son aspect hydrométéorologique et plus rarement sur celui des dommages et de ses conséquences tant sociales que politiques. Toutefois, penser l'inondation en tant qu'*évènement* renvoie par définition appel à un phénomène impactant la société et donc au registre social (Bensa et Fassin, 2002). Cet évènement s'articule donc sur une spatio-temporalité plus large que celle

du passage de l'aléa perturbateur et questionne notamment les conséquences à plus long terme de l'inondation, relatives à sa perception et à sa gestion. Ces éléments révèlent deux enjeux de la monographie :

- Le recours à la multidisciplinarité pour considérer à la fois l'aléa et les aspects socio-économiques de l'inondation,
- La prise en compte des différentes échelles spatio-temporelles.

Selon Bertrand et Bertrand (2002), la monographie se fonde à la fois sur une double dimension « *globale* » et « *spatiale* » et cadre pour cette raison avec une approche systémique telle que celle utilisée pour l'étude des « écosystèmes ». Ce lien tissé entre monographie et approche systémique possède de nombreux avantages et montre l'apport de ce type d'étude pour notre étude. L'analyse des écosystèmes vise à comprendre la finalité d'un processus en apparence naturel en considérant l'interaction de la société avec le milieu naturel. L'approche systémique s'inscrit pour cette raison dans un cadre multidisciplinaire et multidimensionnel qui prend en compte les interactions spatiales et temporelles des différents facteurs du système. Aborder la monographie en tant que cadre méthodologique pour une approche systémique permet ainsi de répondre aux deux enjeux mentionnés auparavant.

► Des monographies d'évènements pour comprendre la remarquabilité ?

Toujours pour Bertrand et Bertrand (2002) le chercheur doit avoir préalablement identifié un but à la monographie avant de solliciter cet outil de travail, qu'il soit opérationnel ou scientifique. Dans le cadre de notre étude, ce « principe d'ordre » réside dans la compréhension du caractère remarquable d'une inondation, lequel nous l'avons vu, repose sur une construction sociale, étroitement liée avec la gestion de la société. **Nous définissons alors l'objet monographique comme l'étude d'un sous-système (l'évènement) dont la portée vise à comprendre la finalité du système plus général (l'évènement remarquable d'inondation).** En cherchant à comprendre la remarquabilité d'un évènement via l'étude d'évènements singuliers l'objectif de la monographie n'est donc pas uniquement de comprendre ce qui fait l'évènement remarquable sur une dimension locale mais davantage de définir la remarquabilité des inondations en général. La monographie, en s'attachant à un but précis, ne peut toutefois pas être considérée comme totalement exhaustive et objective contrairement à sa définition première employée lors des monographies régionales, ce qui ne lui enlève pas pour autant son intérêt. Il est en ce sens important de ne pas s'affranchir des spécificités de l'inondation mais au contraire de porter cette singularité vers un cadre plus général. L'objectif n'est donc plus uniquement l'accumulation des connaissances mais également l'examen de la remarquabilité via une démarche comparative.

Pour répondre à cet objectif, notre étude se propose d'établir des monographies sur des évènements considérés comme certains des plus remarquables du XXe siècle en France (distingués grâce à l'élaboration d'une grille de lecture, Chapitre II.). Cette étape doit permettre d'aboutir à des questions dites « *transversales* » communes à l'ensemble des inondations étudiées. Le terme de « *transversal* » fait référence à la notion de diagnostic « *transversal* » utilisé par Veyret et Reghezza (2005) pour désigner une analyse du triptyque aléa-vulnérabilité-exposition du risque, en mobilisant différents registres disciplinaires. Ces

questionnements dégagés par les monographies sont donc motivés par une recherche de multidisciplinarité et visent à approfondir la compréhension du système de l'évènement remarquable. Contrairement aux monographies de la géographie classique qui se fondent sur l'étude d'un territoire, notre démarche s'intéresse ici à l'évènement et donc à un fait, dont l'étude est généralement aux mains de l'Historien (Bertrand, 2009). Le lien avec le territoire, mis en lumière par de nombreux auteurs au sujet du risque, pourra toutefois être questionné au fil de l'analyse transversale (November, 2002, Meschinet de Richemond et Reghezza, 2010).

► Une démarche généralisable et assimilable à un retour d'expérience de long terme ?

Les retours d'expérience produits par l'Etat ou les études scientifiques ayant trait à un évènement singulier sont souvent menés « à chaud » quelques jours ou quelques semaines après l'inondation (Vinet, 2010). Pour cette raison, la période de post-crise prenant en compte les effets de la reconstruction et les conséquences à moyen-long terme de l'inondation n'est pas considérée. En dépit de la recommandation émise par Limodin *et al.* (2002), qui préconisait l'établissement d'un retour d'expérience deux ans après l'inondation, aucune étude de ce type n'existe à l'heure actuelle (exception faite du rapport de la Cour des Comptes mené en 2012 soit 2 ans après la tempête Xynthia et les inondations du Var). Des études réalisées quelques années après l'inondation seraient cependant une opportunité pour voir quels enseignements la société en a tiré et par la même occasion de percevoir quelles répercussions d'ordres politiques ou sociales en sont issues. Pour un évènement remarquable, cette prise en compte du temps long requiert une attention particulière : le caractère remarquable d'une inondation a été défini comme reposant en partie sur un processus de « *mise en mémoire* » et s'appuie donc sur les impacts à long terme de l'évènement. La monographie pourrait ainsi servir d'opportunité pour couvrir l'ensemble des échelles temporelles de l'évènement. Une étude plus tardive permettrait par ailleurs d'évaluer avec plus de recul les causes de l'évènement d'inondation. Pour l'étude d'évènements anciens, antérieurs aux années 1950, une démarche de ce type serait l'occasion de mobiliser de nouveaux outils développés par les scientifiques tels que les réanalyses atmosphériques. L'un des enjeux est de proposer *in fine* une méthode généralisable permettant aux gestionnaires de distinguer à long-terme l'éventuel caractère remarquable des évènements en vue de les intégrer à la BDHI et dans la prochaine phase de l'EPRI pour identifier de nouveaux Territoires à Risques Importants d'inondation (TRI).

4. Rappel des enjeux et objectifs d'une étude d'évènements majeurs d'inondation

Cette première partie a permis de faire le point sur un certain nombre d'enjeux et objectifs d'une étude d'évènements majeurs d'inondations. Afin d'en illustrer les principaux enseignements, une brève synthèse s'impose.

4.1. Un enjeu central mais une vision partielle

Le retour possible d'une inondation majeure passée sur un grand fleuve français est source de nombreuses préoccupations pour les gestionnaires au vu des conséquences qu'elle peut engendrer. En raison de ces enjeux, les politiques de gestion du risque sont centrées sur le risque majeur, perceptible notamment à travers la cartographie règlementaire et le choix de l'aléa de référence. Les récents évènements d'inondations qui ont touché l'Europe ont également mis en lumière l'exposition et la vulnérabilité de ces territoires face à des crues exceptionnelles en termes de fréquence déjà rencontrées dans le passé. Confrontées à ces constats la Directive Inondation a demandé un renforcement de la prise en compte de ces risques en dessinant un nouveau cadre pour la valorisation de la connaissance des inondations historiques majeures notamment par la sélection d'évènements ayant eu des « i*mpacts négatifs significatifs* ».

Malgré un intérêt certain pour la prise en compte des inondations passées, perceptible à travers la multiplication d'études en hydrologie historique ou par des initiatives d'organismes gestionnaires, la sélection des évènements pour l'EPRI de 2011 s'est révélée complexe. Elle a notamment mis en évidence que nous ne possédions à l'heure actuelle qu'une vision partielle des inondations passées. Cet aspect s'explique en premier lieu par la segmentation des connaissances. Une inondation est en effet souvent appréciée sous l'angle d'une discipline ou à travers un seul de ses aspects. C'est en particulier le cas dans les politiques publiques où les phénomènes historiques sont généralement pris en compte par une approche déterministe focalisée sur l'aléa. De même, lorsque des études rétrospectives existent sur des évènements anciens, celles-ci s'attachent rarement à restituer l'ensemble des caractéristiques d'une inondation et délaissent fréquemment les conséquences socio-économiques imputables à l'évènement. L'ensemble de ces aspects témoigne finalement de la vision incomplète que nous possédons à l'heure actuelle sur ces évènements. Ce manque d'approche holistique paraît préjudiciable pour identifier les évènements qui méritent d'être étudiés par la Directive Inondation. La prise en compte de la réponse de la société suite à une inondation est notamment rarement prise en considération ce qui complexifie l'identification d'évènements susceptibles d'être des catastrophes.

4.2. De multiples définitions complexifiant la sélection des évènements

L'analyse a par ailleurs montré que de nombreux termes servent à qualifier un évènement majeur d'inondation. Ces termes couvrent plusieurs réalités et sèment la confusion sur les paramètres à retenir pour déterminer la sévérité d'une inondation en fonction de ses paramètres, ce qui semble avoir prêté à confusion lors de la sélection des évènements de l'EPRI 2011. La notion de « catastrophe », plus consensuelle, souffre également de certaines ambiguïtés. Celle-ci peut être définie en fonction de la rareté de son aléa et de l'ampleur de ses dommages. Cette dernière s'inscrit également comme une rupture au sein de la société, visible à travers un dépassement de sa capacité de gestion. La catastrophe s'insère finalement également comme une construction sociale en lien avec la perception de la société. En raison de ce caractère multiple et de cette ambivalence entre aspects quantitatifs et qualitatifs, il est difficile d'évaluer véritablement la catastrophe. Les échelles de classification utilisées actuellement se fondent par ailleurs souvent sur l'endommagement pour définir une catastrophe. Les hiérarchisations qui en découlent ne couvrent cependant pas entièrement la réalité de la catastrophe (la réponse de la société considérée est notamment rarement considérée). Pour pallier ces différentes limites de la définition de catastrophe, l'emploi du terme de « *remarquable* » offre de nombreux avantages et est ici sollicité pour répondre aux principales problématiques posées par la Directive Inondation.

4.3. Le recours au terme « remarquable » et à la monographie comme fondement méthodologique

Le terme de « *remarquable* » revêt un caractère heuristique et s'inscrit comme une opportunité pour classifier les évènements d'inondations en fonction de leurs caractéristiques. Un évènement remarquable possède plusieurs traits communs à la catastrophe. Il « *se remarque* », impliquant que l'aléa, ses dégâts intenses ou atypiques se distinguent des autres inondations. L'évènement remarquable se fonde aussi étroitement sur la réponse de la société et est perçu comme résultant d'un « processus de mise en mémoire », désignant le fait que la société a jugé nécessaire de tirer l'expérience de l'évènement et a mis en place une série de dispositions particulières qui contribuent à perpétuer la mémoire collective de l'inondation (et de son ampleur). Avec ce « processus de mise en mémoire », l'évènement remarquable se distingue toutefois de la catastrophe et fait par ailleurs écho aux modalités de représentations d'une inondation permettant de statuer que la société a « *remarqué* » l'inondation. En identifiant les répercussions socio-politiques ou médiatiques qui autorisent à définir sa « mise en mémoire » collective, nous postulons ici qu'il est possible de caractériser l'évènement remarquable d'inondation. Cette définition du caractère remarquable marque le point d'ancrage de la méthodologie employée dans cette thèse et est représentée par la Figure I.4 qui met en lien les principales problématiques dressées en Introduction générale avec les méthodes utilisées pour tenter d'y répondre.

A partir de la définition d'un évènement remarquable, une première étape consiste à établir une grille de lecture au moyen de critères objectifs de remarquabilité. Cette grille d'évaluation doit permettre la sélection de cas d'étude parmi les évènements les plus remarquables de la période préalablement jugée pertinente (XXe siècle).

Une fois la remarquabilité définie et simplifiée au sein d'une grille de lecture, l'enjeu est de mener par la suite une étude monographique. Au sein de ce chapitre, nous avons pu voir que la monographie, chère à la géographie classique Vidalienne, possède de nombreux avantages pour caractériser un évènement d'inondation remarquable. Elle s'insère dans une logique systémique, multidimensionnelle et multidisciplinaire et est questionnée dans cette thèse pour la caractérisation des évènements remarquables. Après avoir identifié des évènements remarquables comme cas d'étude, l'objectif est de produire des synthèses monographiques sur chacun d'entre eux. La légitimité de la démarche utilisée devra par la suite être critiquée de façon à évaluer son potentiel dans le cadre de retours d'expérience long-terme visant à identifier de futurs évènements remarquables.

Les études monographiques engagées sur les évènements d'inondations sélectionnés doivent avant tout être considérées comme un matériau pour notre étude. Elles sont dans cette optique perçues comme l'étude de sous-systèmes dont l'enjeu est d'aboutir à une meilleure compréhension de la finalité du système global à savoir la compréhension du caractère remarquable d'une inondation. Pour notre étude cette étape passe par l'examen de questionnements dits transversaux (émergeants suite aux monographies) qui doivent à terme permettre de répondre aux problématiques distinguées en début de thèse.

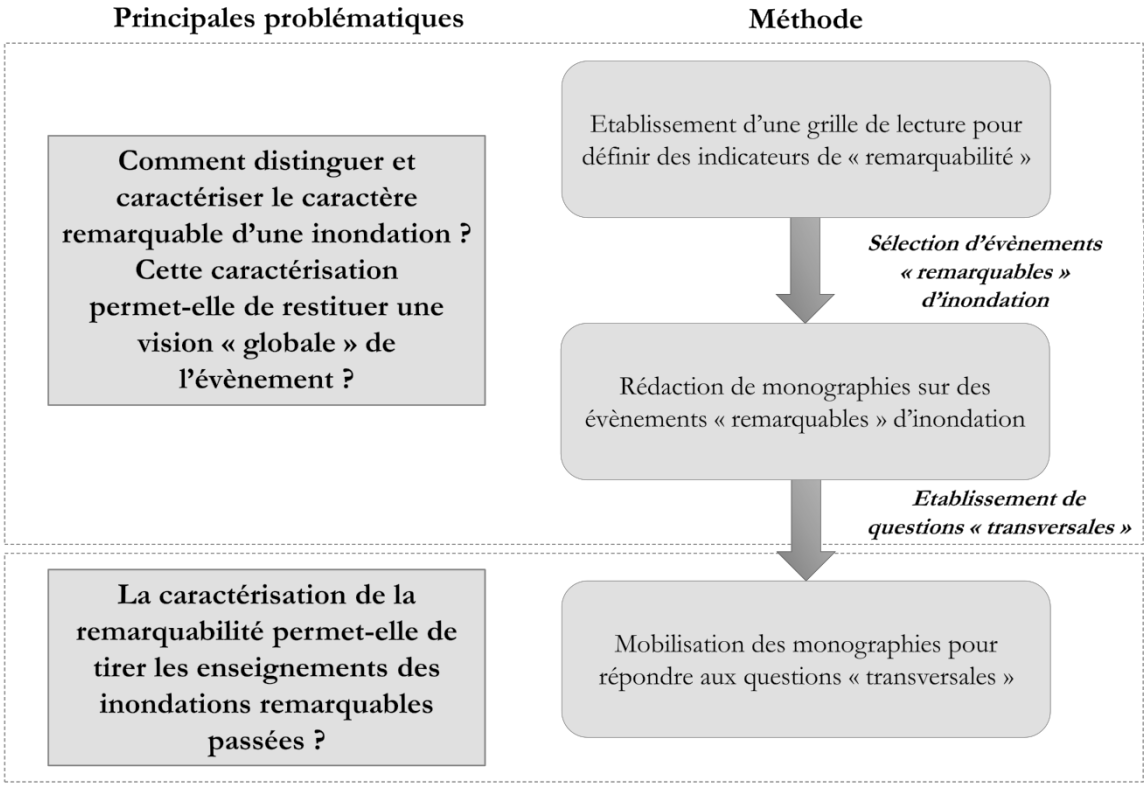


Figure I.4 Méthodologie utilisée pour la thèse

Synthèse du Chapitre I

Nous sommes revenus sur les principaux enjeux et objectifs gravitant autour de l'étude des évènements majeurs d'inondation.

Une première partie a permis d'illustrer les défis que susciterait le retour d'une inondation majeure passée pour les autorités en charge de la gestion du risque. En effet, ces dernières sont confrontées à un contexte favorable à la survenance de tels phénomènes, en lien notamment avec l'urbanisation croissante et l'affaiblissement de la mémoire des évènements passés. En raison de ces enjeux, l'évènement majeur se situe au cœur de la gestion du risque et la connaissance des évènements passés revêt à ce titre un intérêt particulier. Celui-ci, démontré dans de nombreuses études, connaît un essor depuis quelques années, conforté par l'application de la Directive Inondation en 2007 et l'EPRI.

Dans une seconde partie, un retour sur les termes employés pour désigner les évènements majeurs est effectué. En dépit de leur pluralité, les notions et échelles de classifications existantes se fondent souvent sur une quantification de l'endommagement qui demeure difficile à mettre en œuvre dans le cadre d'une étude rétrospective marquée par des données incertaines et hétérogènes. Par ailleurs, la réponse de la société est rarement appréhendée ce qui est préjudiciable pour qualifier le caractère significatif d'une inondation passée telle que demandé par la Directive. De façon à dépasser ces limites, l'emploi du terme de « remarquable » est ici questionné. Ce terme désigne un évènement qui « se remarque » des autres inondations et qui « est remarqué » par la société, et permet ainsi de considérer à la fois les caractéristiques de l'inondation (aléa et dommages) et la réponse de la société (répercussions) comme critères de classification.

Dans la dernière partie de ce chapitre, la vision partielle des inondations (permettant d'expliquer en partie le recours à la concertation lors de l'EPRI) a été mise en avant. Cela est notamment lié à l'approche souvent monothématique ou monodisciplinaire des inondations : peu d'études portent en effet sur l'ensemble des volets d'une inondation. Pour pallier cette vision partielle, la monographie est distinguée comme outil méthodologique pour caractériser les évènements remarquables d'inondation.

Chapitre II. Une grille de lecture pour la sélection d'évènements remarquables

Photographie Chapitre II : Une rue de Fréjus dévastée par la vague causée par la rupture du barrage de Malpasset – Source : AFP, URL : http://france3-regions.francetvinfo.fr/

Introduction du chapitre II

Les inondations passées font l'objet de la part de la puissance publique, des gestionnaires d'ouvrages, des assurances, des météorologues-hydrologues-hydrauliciens… d'un travail de retour d'expérience utile à leur propre domaine d'activité. Dans le cadre de la gestion du risque d'inondation par exemple, ces travaux ont permis la création d'atlas de zones inondables ou de déterminer les évènements de référence dans les plans de prévention des risques inondations. Des actions de mémoire du risque sont également parfois initiées sur un événement ancien d'inondation. Ceci étant, les différentes informations sur les inondations passées sont rarement disponibles à une échelle nationale et sont le plus souvent abordées sous l'angle d'une seule discipline. Elles font rarement l'objet d'études transversales et transdisciplinaires.

La Directive Inondation dessine dans ce contexte un nouveau cadre pour l'étude et la valorisation des inondations passées. La mise en application de la Directive s'est en effet articulée autour de l'identification d'évènements majeurs, désignés comme *remarquables* dans la BDHI et devant faire l'objet d'une attention particulière de la part des gestionnaires. Lors de la phase de sélection, deux constats principaux ont été mis en lumière :

- les informations sur les inondations passées sont souvent disséminées dans de multiples sources documentaires,
- aucune grille de lecture adaptée n'existe pour déterminer quels évènements méritent d'être appréciés.

Ce double constat permet de s'interroger sur les modalités permettant de juger du caractère remarquable d'une inondation en vue de proposer une méthodologie permettant de sélectionner les principaux évènements méritant d'être intégrés à l'EPRI. Pourquoi considérer un évènement d'inondation, par définition marquant pour la société, comme étant remarquable? Selon quels critères est-il possible de distinguer les inondations passées qui doivent être prises en compte par les politiques publiques de gestion du risque ?

Pour répondre à ces questions, ce chapitre propose d'établir une grille de lecture afin de distinguer les facteurs explicatifs de la remarquabilité d'une inondation. Pour ce faire, il est tout d'abord important de revenir sur le contexte de réalisation de l'EPRI de 2011. La phase de sélection qui a permis d'identifier 176 évènements s'est en effet déroulée dans un temps limité et s'est reposée sur un choix politique pouvant introduire des biais dans le jeu de données initial. Malgré ces limites, la base de données regroupe une famille d'évènements relativement homogène et représentative du risque d'inondation en France, constituant un cadre de travail pour l'étude de la remarquabilité. En s'appuyant sur les sources documentaires exploitées et documentées lors de la collecte de l'EPRI, nous proposons d'établir une classification permettant de distinguer les évènements les plus remarquables. Cette étape s'articule autour de l'identification d'indicateurs pertinents et repose notamment sur une démarche multidisciplinaire avec l'utilisation de critères relevant tant des sciences de la nature et de l'ingénieur que des sciences sociales. La grille de lecture est ensuite appliquée à l'ensemble des évènements de l'EPRI puis critiquée afin de légitimer son utilisation. Les

résultats de l'application, affinés de façon à ne conserver que les évènements les plus remarquables, nous conduisent à mener une deuxième phase de sélection. Centrée autour de 9 cas d'étude, celle-ci servira de point d'ancrage afin d'explorer l'apport de l'analyse d'inondations passées.

1. Enjeux autour de l'établissement d'une grille de lecture

1.1. La sélection de l'EPRI, un cadre pour l'étude d'évènements remarquables

1.1.1. Retour sur les modalités de sélection lors de l'EPRI

La phase de l'EPRI dans la Directive Inondation s'est articulée autour de l'identification des inondations ayant eu des « *impacts négatifs significatifs* » dans le passé (chapitre I, section 1.2.3). Afin de mener à bien cette étape, le MEDDE a fait appel à Irstea et Acthys-Diffusion. Entre avril et juillet 2011, sept chargés d'études ont ainsi échangé avec les services de l'Etat en quête de documents relatifs aux inondations passées. Chaque évènement a été ensuite décrit et synthétisé autour de deux grands axes à savoir :

- **L'aspect météorologique et hydrologique de l'évènement**, centré sur la description générale des phénomènes, leur extension spatiale, le type d'aléa responsable de l'inondation, les dates de début et de fin de l'évènement, et les périodes de retour de l'évènement (précipitations ou débits).
- **Les impacts et conséquences de l'inondation** sur la santé humaine et la société (victimes, conséquences pour la pollution…), l'activité économiques (dommages à l'habitat, aux réseaux…), l'environnement (pollution, biodiversité…) et le patrimoine culturel (monuments historiques, sites archéologiques…).

L'objectif de l'enquête était initialement de numériser l'ensemble des sources documentaires récoltées par les chargés d'études en vue de leur renseignement au sein d'une base de données informatiques (la BDHI). Une fois ces données renseignées, l'étape suivante devait permettre d'identifier les évènements les plus significatifs de chaque Unité de Présentation (ou UP), retenue comme découpage géographique pour la Directive.

Face à l'ampleur de la tâche et compte-tenu du court délai imposé par les autorités (6 mois), cette dernière étape n'a cependant pu être réalisée. La méthodologie de sélection a alors été modifiée et s'est en partie centrée sur des échanges avec les DREAL locales, conduisant à un choix de 5 à 10 évènements pour chaque UP. Les événements retenus figuraient dans un premier temps parmi ceux dont on estimait qu'ils avaient la plus forte intensité hydrométéorologique et/ou les plus fortes conséquences économiques et sociales. Par ailleurs, des événements moins forts ont été retenus dès lors qu'ils permettaient de décrire un type d'inondation particulier ou qu'ils constituaient l'inondation de référence des plans de préventions du risque ou qu'ils correspondaient à un événement récent significatif encore ancré dans la mémoire collective. Afin de compléter la description des événements finalement retenus, un travail de collaboration avec des laboratoires universitaires et instituts de recherche a permis d'enrichir les sources documentaires.

1.1.2. Présentation de la sélection de l'EPRI

L'EPRI de 2011 a sélectionné 176 évènements *remarquables* d'inondation. Ce groupe d'évènements couvre une large période temporelle : l'évènement le plus ancien renseigné est survenu en 1770 tandis que le plus récent a eu lieu en 2011. La sélection comporte toutefois davantage d'évènements postérieurs à 1950 (Figure II.1). Le nombre d'évènements renseigné par année croît considérablement à partir des années 1950 et atteint jusqu'à 7 évènements par an en 2007 et 2010. Cette répartition chronologique ne traduit pas forcément la hausse du nombre d'évènements majeurs dès la seconde moitié du XXe siècle mais témoigne davantage des limites de l'enquête EPRI. Celle-ci s'est d'une part heurtée à la plus faible disponibilité et accessibilité d'informations sur les évènements anciens. Et d'autre part la collecte s'est appuyée sur l'intégration systématique du dernier évènement majeur encore « *en mémoire* » ayant impacté chaque UP (Lang *et al.*, 2013).

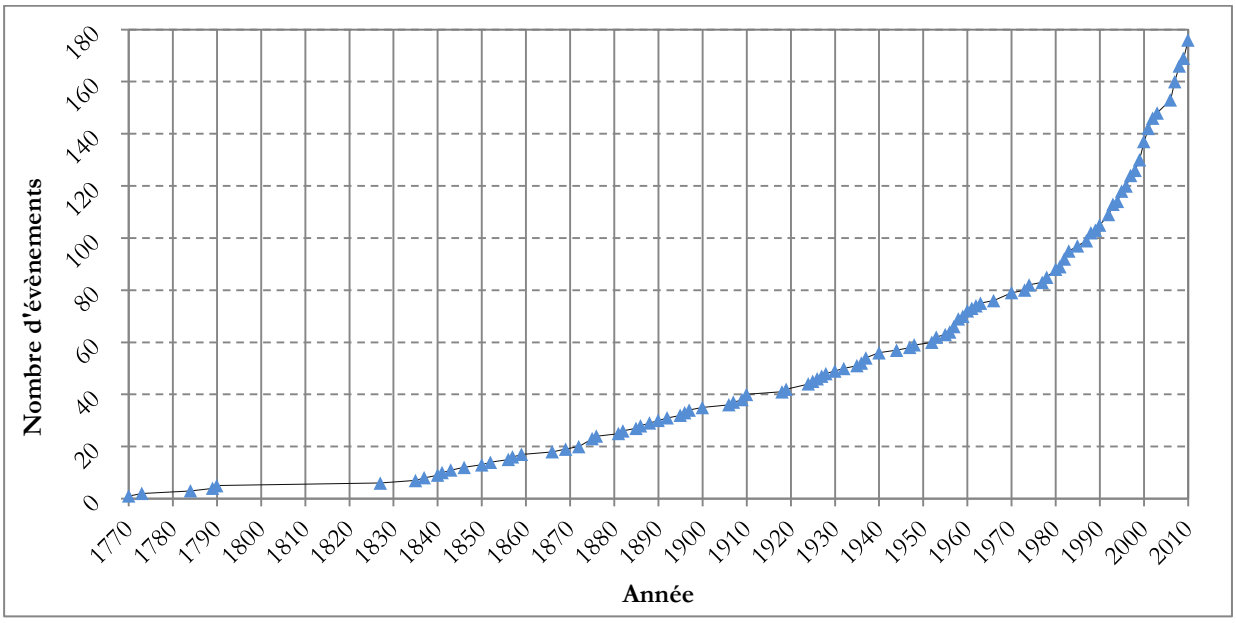


Figure II.1 Nombre cumulé d'évènements dans la sélection de l'EPRI de 2011

La sélection de l'EPRI recoupe par ailleurs la totalité des types d'inondation représentés en France : des inondations torrentielles, des inondations par remontées de nappe, des submersions marines, des ruptures d'ouvrage (débâcle glaciaire ou rupture d'ouvrage anthropique), des inondations par ruissellement et des inondations de plaine. De même, la typologie de l'aléa météorologique intègre des évènements liés à des crues pluviales d'origine méditerranéenne, océanique, ou encore cyclonique. Enfin, la collecte de l'EPRI, se fondant sur le découpage de la DI, l'échantillon d'évènements porte sur un grand nombre de territoires. La totalité des UP est ainsi répertoriée dans l'EPRI, y compris les DOM marqués par un régime hydroclimatologique spécifique lié à des épisodes d'origine cyclonique. Des districts sont néanmoins davantage représentés par la sélection des évènements de l'EPRI (Figure II.2). Il s'agit en particulier du district Rhône-Méditerranée-Corse qui concentre le quart de l'ensemble des évènements renseignés. Cela peut s'expliquer par une proportion d'enjeux exposés importante et par le régime hydrométéorologique intense qui caractérise ce

district. A l'inverse, le district Rhin-Meuse, les DOM et Artois-Picardie sont moins représentés (9, 12 et 12% du total). Cette sous-représentation, qui doit être reliée aux caractéristiques de ces territoires, peut également résulter d'une densité d'information potentiellement moindre. C'est notamment le cas pour les DOM, qui, en dépit de nombreuses inondations particulièrement dommageables, sont moins représentés dans la sélection.

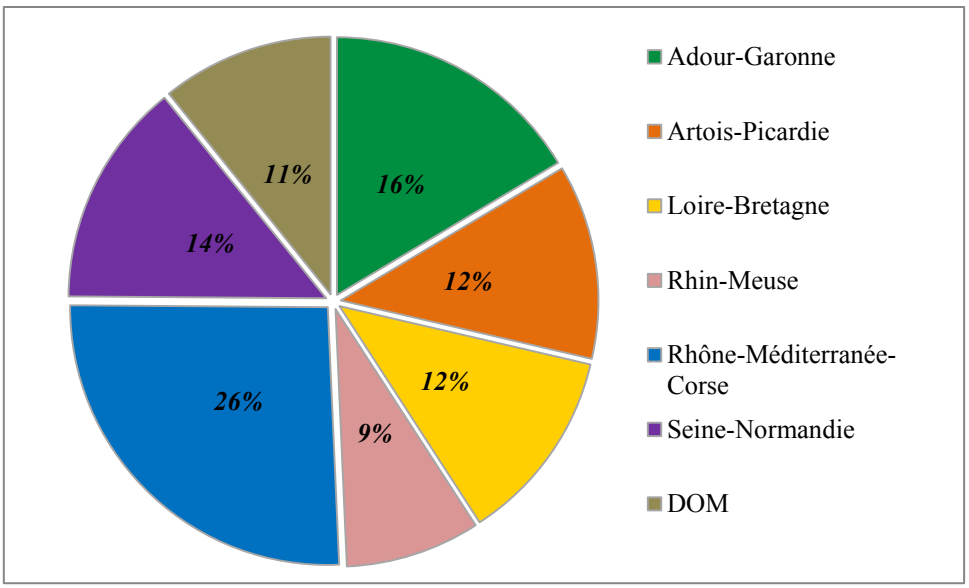


Figure II.2 Pourcentage du nombre total d'évènements remarquables sélectionnés par district

1.1.3. Une opportunité pour caractériser la « remarquabilité » d'un évènement

L'enquête et l'établissement d'une liste d'évènements remarquables lors de l'EPRI ont soulevé deux difficultés relatives à la connaissance des évènements majeurs d'inondations. Tout d'abord, ces évènements d'inondations majeurs sont principalement appréhendés via une discipline ou à travers un de leurs aspects (chapitre I, section 3.1). D'autre part la recherche de critères pour distinguer les évènements de l'EPRI s'est révélée complexe et a suscité de nombreux questionnements pour les autorités. En effet, sur quels critères objectifs fonder une sélection d'évènements de différentes natures et temporalités touchant plusieurs territoires au sein dans une même base ? Comment distinguer les inondations qui nécessitent d'être intégrées au sein de la politique de la DI ?

Ces différents questionnements ont illustré l'absence d'une méthode de lecture commune pour distinguer les inondations remarquables d'évènements plus « banals ». Confrontée à ce manque et en raison du court délai imparti par les autorités, la sélection de l'EPRI s'est alors en partie appuyée sur la concertation avec les gestionnaires du risque. Sur la base de ce constat elle ne peut pas être considérée comme totalement exhaustive et objective quant au caractère remarquable des évènements sélectionnés. Malgré ces limites qui transparaissent de la sur/sous-représentation de certaines inondations, la sélection de l'EPRI constitue une base de données inédite sur les évènements dommageables ayant touché la France depuis 1770 et une opportunité pour définir le concept de *remarquabilité* d'une

inondation. Barriendos *et al.* (2003) soulignent en effet qu'un évènement d'inondation est indissociable d'une famille d'évènements. En raison de ce constat, de nombreux travaux s'attachent à retranscrire l'évolution du risque inondation sur un même territoire à partir d'une chronique d'évènements d'inondation. Dans cette logique, si nous ne disposons pas de chroniques homogènes d'inondations sur chacun des sites, la sélection de 176 évènements *remarquables* fournit malgré tout un nouveau matériau pour étudier, non pas les évènements d'un territoire, mais la famille spécifique des évènements remarquables d'inondations. Pour apprécier cette remarquabilité, une deuxième étape de sélection, plus fine, est cependant nécessaire via l'établissement d'une grille de lecture.

1.2. Objectifs finaux de la grille de lecture

1.2.1. Une classification pour appréhender le caractère remarquable d'un évènement d'inondation

L'objectif principal de la grille de lecture est de caractériser la remarquabilité d'un évènement d'inondation. La démarche s'apparente ici à celle employée par Cœur pour la classification des inondations ayant touché la plaine de Grenoble (Cœur, 2008). A ce sujet celui-ci souligne que « *l'enjeu d'un tel classement est de donner en fait plus de consistance à la chronologie en permettant en particulier une meilleure définition des phénomènes extrêmes* ». Pour notre étude, l'enjeu ne s'articule pas sur la définition d'un phénomène extrême mais sur celle de la remarquabilité d'un évènement. Elle vise ainsi à définir à partir de quel instant, de quelles caractéristiques, un évènement d'inondation devient non plus un évènement, par définition *marquant,* mais *remarquable* pour la société. Cette notion renvoie en partie à la définition de la catastrophe, essentiellement visible à travers sa perception et gestion par la société (chapitre I, section 2.2.1.) et appelle à adopter une posture multidisciplinaire.

► La nécessaire prise en compte des répercussions socio-politiques et médiatiques

Dans le chapitre I (section 2.1.3.) nous avons mentionné l'existence d'échelles de classification portant sur une démarche multidisciplinaire et multicritère qui se rapprochent de l'objectif de notre étude. Malgré les nombreux apports de ces initiatives, ces dernières demeurent limitées pour résoudre les difficultés soulevées par l'EPRI. Les classifications existantes sont en effet souvent focalisées sur un contexte spatio-temporel spécifique, sur un type d'inondation et prennent rarement la réponse de la société pour qualifier la sévérité d'une inondation. Ce dernier aspect paraît en particulier préjudiciable pour déterminer les évènements ayant eu des « *impacts négatifs significatifs* » pour la société lors de leur survenance. L'appréhension d'une inondation comme remarquable nous appelle ainsi à considérer un autre type d'indicateur, correspondant ici aux répercussions socio-politiques de l'inondation.

Contrairement à l'aléa hydrologique (estimable grâce à l'ampleur des caractéristiques physiques de la crue) ou à l'endommagement (rarement exhaustif en termes de coût mais

qualifiable grâce à l'exploitation des sources textuelles), les répercussions sont difficilement évaluables. Leur prise en compte apparaît toutefois comme essentielle pour caractériser une inondation non pas en tant que simple phénomène naturel dommageable mais également en tant que catastrophe pour la société. Cette nécessité transparaît de la notion d'*évènement* d'inondation qui fait implicitement référence à un phénomène qui ne relève pas seulement du cadre physique mais aussi et surtout de son appréhension sociale (Dourlens, 2003). C'est avant tout la société qui perçoit l'inondation comme un *évènement* qui, au sens philosophique du terme, est à l'origine d'une rupture de la vie individuelle et/ou collective et devient à ce titre un fait marquant et *remarquable* (Danvers, 2006). Cette rupture appelle à un processus de « *mise en mémoire* » collective de l'évènement et nous postulons ici que certaines répercussions peuvent en témoigner. Pour caractériser l'évènement remarquable l'un des enjeux de la grille de lecture réside donc dans la prise en compte de l'ensemble des aspects d'une inondation, depuis l'aléa jusqu'à la gestion de crise et la gestion de l'inondation par la société. L'objectif peut également, à terme, participer à identifier pour les gestionnaires les évènements méritant d'être intégrés à l'EPRI et incorporés à la BDHI.

1.2.2. Les défis d'une démarche visant à classifier les évènements remarquables

L'objectif de la grille de lecture est d'établir une classification des évènements de l'EPRI de 2011 en vue de distinguer les plus remarquables. Dans cette optique, cette démarche s'ancre autour d'une approche comparative et rétrospective et doit prendre en considération plusieurs aspects.

► **Des indicateurs génériques dépassant la singularité de l'évènement**

La sélection de l'EPRI, couvrant plus de quatre siècles, soulève de nombreuses questions concernant l'intégration d'évènements de différentes temporalités. Pour plusieurs raisons il s'avère en effet complexe d'intégrer et de comparer des évènements de temporalité différente et ce pour plusieurs raisons. L'aléa peut par exemple survenir dans une période marquée par un régime hydroclimatique spécifique, particulièrement « agité » comme durant la fin du Petit Age Glaciaire (PAG). De même, la vulnérabilité des enjeux exposés est étroitement liée à la date de survenance de l'inondation. Des évènements caractérisés par un fort endommagement peuvent être liés à des temps de crise (juste après la Seconde Guerre Mondiale comme lors des inondations de décembre 1947 dans le nord-est). Dans une même optique, la perception et la gestion d'une inondation diffèrent d'une époque à l'autre et la manière de les prendre en compte dans une grille de lecture doit être réfléchie.

Un constat similaire peut être dressé à propos des échelles spatiales de l'évènement d'inondation. La sélection de l'EPRI s'articule sur l'ensemble de France métropolitaine et des DOM, intégrant ainsi un grand nombre de territoires. Chacun est défini par des conditions hydroclimatiques liées à la localisation du bassin versant et impliquant un type d'aléa souvent particulier. Ces différents territoires sont également marqués par des caractéristiques socio-économiques spécifiques qui déterminent au même titre que le temps, la vulnérabilité et l'exposition des enjeux.

Cette diversité spatiale et temporelle souligne la nécessité de déployer dans la grille de lecture des indicateurs objectifs afin de réaliser une comparaison générale des évènements de l'EPRI et de s'affranchir de leurs caractéristiques singulières intrinsèques à la nature de l'évènement d'inondation.

► **Une quantité d'information souvent variable**

L'un des enjeux majeurs d'une classification rétrospective est le respect d'un corpus de données relativement uniforme entre des évènements de différentes époques. En effet, ces données varient sensiblement suivant la date de l'inondation. Il s'agit dans un premier temps de la quantité et de l'accessibilité des données. Les évènements antérieurs aux années 1950 sont en effet moins documentés et les informations plus difficilement accessibles ce qui peut rendre leur poids moins conséquent dans la classification finale. Les évènements d'inondations les plus récents sont au contraire davantage documentés. Cela résulte de leur prise en compte plus systématique au sein de documents de plans de préventions du risque, inexistants avant les années 1980. Des bases de données actuelles ont également été déployées, contribuant à la capitalisation d'information sur ces évènements. Ce constat, relatif à la variabilité de l'information en fonction de la date de l'évènement d'inondation, peut être mentionné au sujet du territoire concerné. En effet, l'enquête EPRI a révélé que certains districts hydrographiques comme les DOM sont moins documentés et donc moins appréhendés par les gestionnaires du risque. Cette hétérogénéité de l'information transparaît directement de la sélection initiale de l'EPRI. Notre étude doit au contraire permettre de ne pas favoriser une période ni un territoire en particulier mais proposer une vision de l'évènement pouvant s'émanciper de ces singularités.

► **L'intégration de données quantitatives et qualitatives**

L'un des principaux défis posé par une démarche rétrospective réside par ailleurs dans l'intégration de données de différentes natures. Des données quantitatives relatives aux paramètres physiques de l'inondation telles que la hauteur d'eau, le débit ou portant sur l'estimation du coût des dommages existent par exemple. Ces données constituent une riche source d'information pour caractériser la remarquabilité d'une inondation mais sont principalement renseignées pour des évènements récents. Pour les évènements plus anciens, les données quantitatives sont plus rares et souvent moins précises. L'appréciation de ces évènements anciens repose alors principalement sur des informations qualitatives soumises à l'interprétation du lecteur. L'un des enjeux de la grille de lecture consiste à assimiler l'ensemble de ces données, anciennes ou récentes, sur un même niveau d'interprétation afin de ne pas favoriser le poids de certains évènements. Ce constat nous a conduits à borner notre étude à une période remontant au maximum à 1900 (chapitre I, section 2.2.2.)

2. Méthodologie employée pour la création de la grille de lecture

2.1. Description de la démarche utilisée

2.1.1. Sources documentaires identifiées pour l'établissement d'une grille de lecture

Les sources utilisées afin d'établir la grille de lecture reposent principalement sur la collecte réalisée lors de l'enquête EPRI de 2011 pendant laquelle de nombreuses ressources documentaires ont été récoltées. Ces informations ont été récupérées au début de notre recherche et nous ont fourni un matériau conséquent pour explorer les évènements d'inondations remarquables du XXe siècle figurant dans l'EPRI. Plusieurs types de sources auxquels se sont ajoutées des sources d'informations complémentaires apparues lors de notre recherche ont été identifiés.

► **Les documents de prévention du risque**

Les documents produits par les gestionnaires du risque contiennent fréquemment des indications relatives à des évènements passés d'inondation. C'est en particulier le cas des « notes de présentation » des PPRI qui recensent et décrivent les principaux évènements majeurs survenus dans le passé (type d'aléa, conséquences…) en vue notamment de déterminer la crue de référence (Garry *et al.*, 1999). L'apport des Atlas de Zones Inondables (AZI) peut également être cité. Dans ces documents, la cartographie des zones inondables est obtenue par une approche hydrogéomorphologique et/ou par l'exploitation de sources documentaires sur le champ d'inondation des évènements passés. Des données relatives à l'intensité de l'aléa y sont par ailleurs renseignées. Outre les documents issus des plans de prévention, des rapports plus techniques réalisés pour les besoins d'une collectivité tels que des études de danger peuvent constituer une source d'information complémentaire.

► **Les rapports et retours d'expérience post-évènement**

Les rapports rédigés suite à l'occurrence d'une inondation considérée comme catastrophique demeurent rares mais constituent néanmoins une source riche en enseignements pour notre étude. Pour les évènements les plus récents (postérieurs à 1980), ces rapports s'articulent autour de la démarche du retour d'expérience (ou REX) dont le principal objectif est « *de reconstituer le déroulement d'un événement catastrophique pour en tirer les enseignements essentiels en terme de prévention et de gestion de crise* » (IRMA-Grenoble, 2015). Certains de ces rapports fournissent des informations détaillées sur les évènements tant du point de vue de l'aléa que des répercussions économiques et sociales. Il s'agit par exemple du rapport de Lefrou *et al.* (2000) au sujet des inondations de l'Aude en novembre 1999, ou celui d'Anziani (2010b) mené suite à la tempête Xynthia en février 2010. Pour les évènements plus anciens, signalons l'existence

des rapports des commissions des inondations tels que le rapport Picard (1910) qui fait suite aux inondations de janvier 1910 ou celui de la Commission d'étude technique des inondations de Lorraine (Roubault *et al.*, 1949) produit suite aux inondations de décembre 1947-1948.

► Les articles et ouvrages de spécialistes

De nombreux articles scientifiques concernent des évènements particuliers d'inondations. Ils portent souvent sur l'un des aspects de l'évènement (Chapitre I, section 3.1.3). Certains s'attachent à l'analyse des causes hydrométéorologiques. Des universitaires se sont aussi penchés sur des aspects appartenant au registre sociétal. Des analyses plus globales, assimilables à des monographies et portant sur les inondations d'un territoire ou sur un évènement ont également été explorées (voir notamment la Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest sur les inondations de mars 1930).

► Les articles de presse nationale ou locale

Les articles de presse constituent une source documentaire importante. Bien que le discours véhiculé par les médias doive être appréhendé comme le reflet de son époque et perçu avec précaution (Granet-Abisset, 2012), la presse permet en effet d'affiner l'analyse de l'inondation, en particulier sur l'extension spatiale et les dommages d'un évènement. A ce titre, la base **Gallica** développée par la Bibliothèque Nationale de France (BnF)[11] met à disposition des coupures de presse numérisées et a été largement sollicitée pour les évènements antérieurs à 1950.

► Les bases de données informatiques

De nombreuses bases de données informatiques ont enfin permis le renseignement de la grille de lecture. Nous pouvons citer la base de Dartmouth Flood-Observatory[12], CCR-Erisk[13], EM-DAT[14] du CRED. La base des évènements dommageables du XXe siècle mise en ligne et régulièrement mise à jour sur le site PRIM.Net du ministère a été également explorée. Davantage reliés à l'aléa, les sites de la Banque Hydro[15] et « Pluies-Extrêmes[16] » de Météo-France, doivent enfin être cités.

[11] URL : http://gallica.bnf.fr/
[12] URL : http://www.dartmouth.edu/~floods/
[13] URL : https://erisk.ccr.fr/faces/erisk-accueil.jsp
[14] URL : http://www.emdat.be/database
[15] URL : http://www.hydro.eaufrance.fr/
[16] URL : http://pluiesextremes.meteo.fr/

2.1.2. Présentation générale de la grille de lecture (axes, critères, pondération)

La Directive Inondation préconise l'identification des évènements rares en termes d'aléa et à l'origine « *d'impacts négatifs significatifs sur la société* ». En s'appuyant sur cette définition, la grille de lecture doit ainsi se reposer sur trois paramètres principaux à savoir l'aléa, les dommages, et les répercussions.

Ce constat nous a conduits à distinguer trois « axes de remarquabilité » dans la grille de lecture :

- L'**Intensité** de l'aléa, c'est-à-dire l'ensemble des paramètres permettant de juger des caractéristiques physiques de l'aléa.
- La **Gravité** des dommages et des répercussions, c'est-à-dire l'ampleur en termes d'endommagement (économique et / ou humain) et de répercussions d'ordre sociales, politiques ou médiatiques.
- L'**Extension spatiale** de l'évènement, relative à l'étendue de la zone concernée par des dommages.

Chacun des trois axes est associé à une série de critères, eux-mêmes décomposés en trois classes principales auxquelles un indice pondéré est attribué : une classe « faible », « moyenne » et « forte » ou « *remarquable* ». La somme des indices de chaque critère donne un score total de remarquabilité par évènement, permettant à terme de proposer une classification sur les 176 évènements de l'EPRI. La pondération entre classes repose sur un facteur multiplicateur de deux entre chaque indice. La classe faible correspond ainsi à un indice de **1**, la classe moyenne à un indice de **2**, et enfin la classe forte à un indice de **4**. Ce type de pondération, dont nous testerons la fiabilité plus tard dans l'analyse, permet de donner un poids plus important aux critères de la classe forte et doit ainsi accentuer le poids d'évènements caractérisés par des caractéristiques entrant dans cette catégorie. La Figure II.3 présente le modèle général de la grille de lecture. Il convient de préciser que davantage de poids a été accordé à l'axe **Gravité** : nous partons en effet du postulat qu'un évènement est avant tout remarquable en raison de la sévérité de ses répercussions. Le choix de chaque critère va maintenant être analysé dans le détail de façon à justifier son emploi pour caractériser la remarquabilité d'un évènement d'inondation.

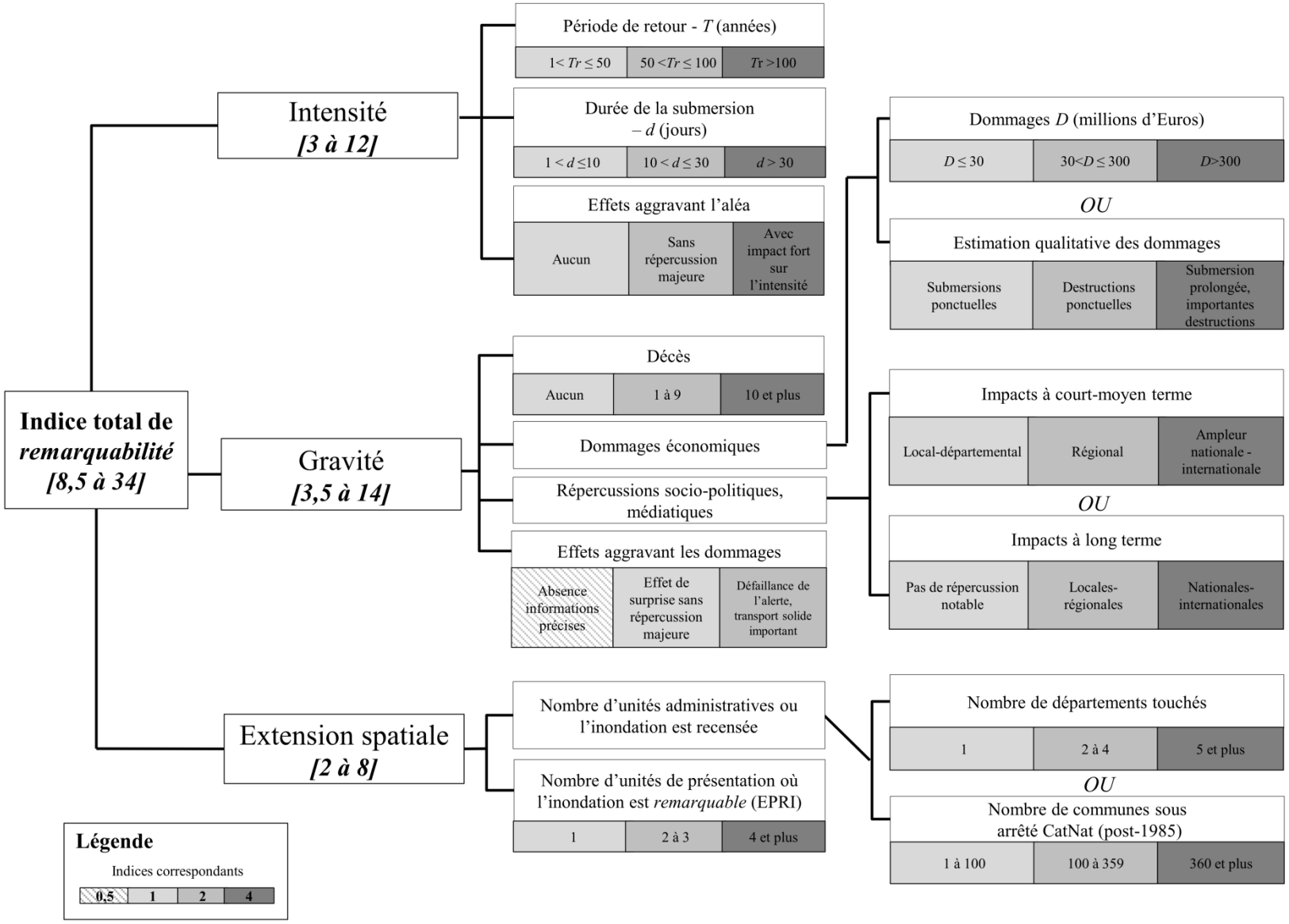


Figure II.3 Modèle de la grille de lecture

2.2. Caractérisation de l'intensité de l'aléa

En tant que phénomène physique à l'origine des dommages, l'aléa doit être considéré dans la grille de lecture et plus particulièrement son intensité. Classiquement, l'intensité d'une inondation est appréhendée via l'ampleur de ses paramètres physiques et plus précisément de la hauteur d'eau, de la durée de submersion et de la vitesse d'écoulement. Néanmoins, dans le cadre de notre étude basée sur des évènements de plusieurs types (submersion marine, inondation torrentielle, remontées de nappe…) pouvant s'articuler sur des échelles spatio-temporelles différentes, la pertinence du niveau d'analyse se pose pour appréhender l'aléa. Une inondation peut par exemple résulter de la succession d'inondations sur un même territoire pendant plusieurs semaines ou provenir de la rupture locale d'un ouvrage naturel ou anthropique à l'origine de hauteurs d'eau exceptionnelles. Afin d'intégrer au sein d'une même base de données une diversité d'événements, trois critères principaux ont été identifiés et représentés sur la Figure II.4. Il s'agit de la période de retour, de la durée de submersion et de la présence d'effets (ou facteurs) aggravant l'aléa.

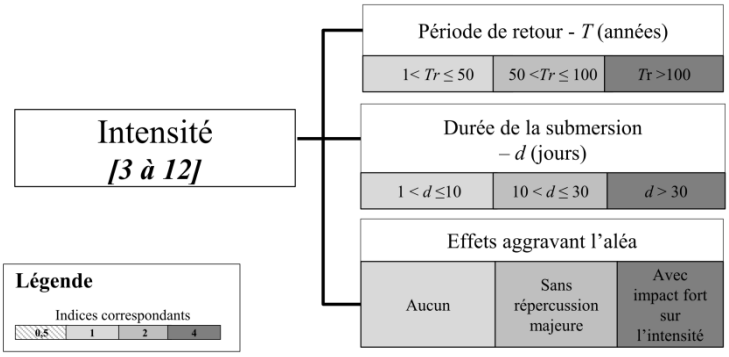


Figure II.4 Critères d'intensité de l'aléa et pondération dans la grille de lecture

2.2.1. La période de retour de l'aléa hydrométéorologique

La période de retour est un indicateur appartenant aux sciences de la nature et de l'ingénieur qui est couramment utilisé par les gestionnaires pour définir l'intensité d'un aléa inondation. Si un bassin versant n'a pas connu d'évènement majeur (ou bien si celui-ci n'est pas considéré comme représentatif de l'aléa), les politiques de prévention du risque inondation (PPRI) se fondent sur une crue de référence de période de retour 100 ans. Dans une même optique, la déclaration d'un évènement de catastrophe naturelle (ou CatNat) dépend du dépassement d'un seuil d'intensité pluviométrique équivalent au quantile décennal (Douvinet et Vinet, 2012b). La période de retour repose sur l'attribution d'une fréquence d'apparition au débit (variable intégratrice associant à la fois hauteur d'eau et vitesse d'écoulement) et permet de s'affranchir des contraintes spatiales liées à la localisation de la mesure hydrométrique (Lang et Claudet, 2005). Elle possède ainsi l'avantage de pouvoir comparer des évènements de différentes natures et temporalités (Kundzewicz *et al.*, 2013) et se révèle un indicateur

particulièrement adapté à une démarche comparative visant à hiérarchiser les évènements d'inondations passées.

► Détermination des classes et indices associés aux périodes de retours

Dans la grille de lecture, l'attribution d'un indice repose sur la plus forte valeur de période de retour du débit instantané maximal enregistrée le long du linéaire fluvial affecté. Pour certains évènements où l'intensité hydrologique n'est pas jugée la plus représentative de l'exceptionnalité de l'aléa, l'utilisateur peut également s'appuyer sur la période de l'épisode pluviométrique. C'est le cas par exemple pour les inondations de novembre 1999 dans l'Aude où l'intensité pluviométrique peut surpasser celle de l'aléa hydrologique (Neppel *et al.*, 2001). La valeur du critère s'articule en trois classes, dépendantes de l'ordre de grandeur de la période de retour. La plus faible classe (indice **1**) correspond à une fréquence inférieure au quantile cinquantennale. La classe médiane (indice **2**) repose sur un aléa dont la période de retour est comprise entre 50 et inférieure ou égale à 100 ans. Enfin, la plus forte classe caractérise un aléa dont la fréquence d'apparition est jugée significativement supérieure à 100 ans (indice **4**). Ce parti pris éditorial suit la logique dictée par la Directive Inondation pour distinguer les évènements véritablement exceptionnels et permet d'aller au-delà de la crue centennale, objet de focalisation de nombreuses politiques publiques de gestion du risque (Vinet, 2010). Les évènements liés à des ondes de débâcles brutales telles que Saint-Gervais en septembre 1892 (rupture et vidange d'un lac glaciaire) et Malpasset en décembre 1959 (rupture de barrage) ont été considérés dans cette classe forte. En effet, s'il est impossible d'attribuer une fréquence à ces aléas, les paramètres physiques de l'inondation (vitesse et hauteur d'eau) caractérisent un évènement indubitablement extrême.

► Sources sollicitées pour le renseignement du critère sur la période de retour

Afin de renseigner la période de retour nous avons principalement exploité les notices de présentation des PPRI. Des informations ponctuelles peuvent également être documentées dans des articles ou rapports post-évènements. Lorsque cette information est manquante ou contradictoire entre différentes sources et que seules des données de débits sont disponibles nous avons également utilisé la base de données Shyreg[17] d'Irstea (qui met à disposition les quantiles de fréquence sur les bassins versants dont la superficie est inférieure à 2000 km^2) pour positionner en fréquence les valeurs historiques de débits.

Le renseignement de la période de retour n'est pas une chose aisée et mérite souvent un travail d'analyse et de croisement des sources. Cette information demeure rare en particulier pour les inondations de faible intensité ou éloignées dans le temps. De plus, les incertitudes associées aux périodes de retour grandissent quand la date d'occurrence de l'évènement s'éloigne. La qualification du critère à l'aide de seulement trois classes permet de se concentrer sur les ordres de grandeur notamment lors de l'utilisation d'informations historiques entachées de plus fortes incertitudes.

[17] URL : http://shyreg.irstea.fr

2.2.2. La durée de submersion

La durée de submersion a été sélectionnée en tant qu'indicateur de l'aléa pour son rôle essentiel dans le processus d'endommagement. De nombreux spécialistes ont en effet mis en avant son incidence déterminante lors d'une inondation (Messner et Meyer, 2006, Merz *et al.*, 2010). Un aléa de longue durée contribue par exemple à fragiliser la structure des bâtiments et favorise l'apparition de moisissures (André, 2013). Il peut également participer à l'endommagement durable de cultures agricoles (Förster *et al.*, 2008). Une longue durée de submersion peut aussi engendrer des impacts indirects tels que la paralysie des réseaux de communication et entraîner une complexification de la gestion de crise à l'origine de dommages et de répercussions. Une submersion prolongée soulève à ce titre de graves inquiétudes dans le cas d'une inondation de la Seine type janvier 1910, longue de 3 semaines à Paris : de multiples lignes de métros et centres de décisions importants (ministères, sièges de compagnie….) pourraient être inondés et inaccessibles, entraînant de nombreuses perturbations à l'échelle du pays.

Le choix de la durée de submersion en tant que critère de remarquabilité permet par ailleurs de distinguer les inondations à cinétique lente (telles que les inondations par remontées de nappes ou par débordement fluvial) et donc de contrebalancer le poids du critère relatif aux nombre de victimes et de défaillance de l'alerte (associé à des phénomènes de crues rapides). Cette variable est particulièrement intéressante lors d'évènements liés à une succession d'inondations tels que les crues de 2000-2001 en Bretagne. Dans ce cas c'est la durée de submersion de chaque inondation qui est considérée.

► Détermination des classes et indices associés à la durée de submersion

Les évènements avec une durée de submersion inférieure à 10 jours (indice **1**), englobant les inondations rapides d'origine torrentielle, les submersions marines et les inondations fluviales sur de petits bassins versants sont considérés dans la classe faible. La seconde classe (indice **2**) correspond à une durée comprise entre 10 et 30 jours, et désigne généralement les évènements liés à une succession d'inondations ou à de grandes inondations de plaines. Enfin, la classe forte (indice **4**) désigne des évènements associés à une durée de submersion supérieure à 30 jours, susceptibles d'engendrer d'importantes répercussions en termes de gestion de crise (Valy, 2011, Chiroiu *et al.*, 2015). Cela correspond notamment aux phénomènes de remontées de nappes tels que celui de la Somme en 2000-2001.

► Sources sollicitées pour le renseignement du critère sur la durée de submersion

Afin de renseigner le critère de la durée de submersion nous nous sommes fondés sur les rapports post-évènements, des articles de spécialistes, des données quantitatives via les limnigrammes-hydrogrammes, et sur des bases de données renseignant les dates de début et de fin de l'inondation tels que celles fournies par PRIM.net[18].

[18] URL: http://catalogue.prim.net/94_tableau-des-evenements-naturels-dommageables-survenus-en-france-de-1900-a-2010.html

2.2.3. Les effets aggravant l'aléa hydrologique

Le dernier critère sélectionné pour caractériser l'intensité correspond à la présence de facteurs d'aggravation entraînant une augmentation de l'intensité de l'aléa hydrologique à savoir une hausse de la hauteur d'eau, de la durée de submersion, ou de la vitesse de montée des eaux. Ces facteurs sont rarement appréhendés pour caractériser l'intensité d'un aléa en raison de leur caractère non-systématique et de leurs conséquences difficilement quantifiables. Lors d'une inondation, ils ont pourtant souvent des répercussions importantes et contribuent à amplifier considérablement les dommages. Plusieurs types de facteurs d'aggravation ont été identifiés durant notre étude :

- **Des ondes de débâcles** lors d'une rupture d'ouvrage à l'origine d'une submersion soudaine. Elles peuvent être issues de l'effondrement d'un barrage formé à la suite de l'obstruction d'un fond de vallée par glissement de terrain, d'une débâcle d'origine glaciaire, cause fréquente d'inondation avant le XXe siècle relatée par Ladurie (1959) dans son « Histoire du climat depuis l'an mil » ou encore d'effets de débourrages dans des réseaux karstiques. Les débâcles peuvent également être issues de la rupture ou d'une brèche dans un ouvrage anthropique (d'ingénierie civile ou de protection), ou de la rupture brutale d'embâcles au droit d'un rétrécissement.
- **Des effets d'embâcles,** comme l'accumulation de matériaux solides au droit d'un ouvrage d'art, à l'origine d'un exhaussement de la ligne d'eau.
- **Des effets de concomitance entre aléas**, tels la conjonction entre une inondation et une forte houle ralentissant l'évacuation des eaux à l'exutoire du bassin versant et augmentant l'inondation plus en amont.
- **Un ruissellement rapide en zone urbanisée ou sur des versants**, pouvant induire des crues « éclair ».

Les facteurs aggravant l'aléa hydrologique apparaissent souvent liés à l'organisation anthropique du territoire (présence de de digues, surface imperméable…), constat déjà mis en avant par certains travaux proches d'une démarche systémique (Arnaud-Fassetta et Fort, 2011). Le choix de cet indicateur révèle ici la démarche transdisciplinaire employée pour réaliser la grille de lecture, y compris au sein de l'aléa, généralement appréhendé sous l'angle du déterminisme naturel.

► Détermination des classes et indices associés aux facteurs aggravant l'aléa

La première classe (indice **1**) tient compte d'une absence de facteurs d'aggravation. La classe moyenne (indice **2**) identifie les évènements où sont recensés des facteurs d'aggravation mais n'ayant a priori pas de conséquences majeures sur les conditions d'écoulement et sur les dommages. Enfin, la troisième et dernière classe (indice **4**) désigne des facteurs aggravants qui génèrent une hausse significative du niveau d'aléa et provoquent l'endommagement de nouveaux enjeux jusqu'alors épargnés par l'inondation. Il s'agit par exemple d'une rupture soudaine de digue qui entraîne la soudaine submersion d'habitations.

► Sources sollicitées pour le renseignement du critère sur les facteurs aggravant l'aléa

De nombreuses sources documentaires illustrent la présence de facteurs d'aggravation de l'aléa. C'est en particulier le cas des ouvrages de presse ou des rapports post-évènement qui détaillent parfois les répercussions associées à ces facteurs. La fiabilité et la précision des informations sur l'impact de cette variable sont cependant variable et il incombe au lecteur d'apprécier l'incidence des facteurs d'aggravation sur l'endommagement pour effectuer la distinction entre classe médiane et classe forte.

2.3. Caractérisation de la gravité des dommages et des répercussions

Le second axe de la grille de lecture repose sur la gravité de l'inondation, axée autour de deux grands types de critères. Il s'agit tout d'abord de l'évaluation, quantitative ou qualitative, des dommages, économiques et humains. Le niveau de dommages est en effet souvent utilisé par les institutions politiques pour définir le caractère catastrophique d'un évènement. Ce degré d'endommagement conditionne notamment la réponse des sociétés face à l'évènement perturbateur et donc, par extension, sa remarquabilité. En outre, la gravité d'un évènement s'appuie sur l'appréciation de la perception et de la gestion de l'évènement par la société. Comme évoqué en début de chapitre, elle repose sur l'analyse des répercussions socio-économiques, politiques et médiatiques de l'évènement.

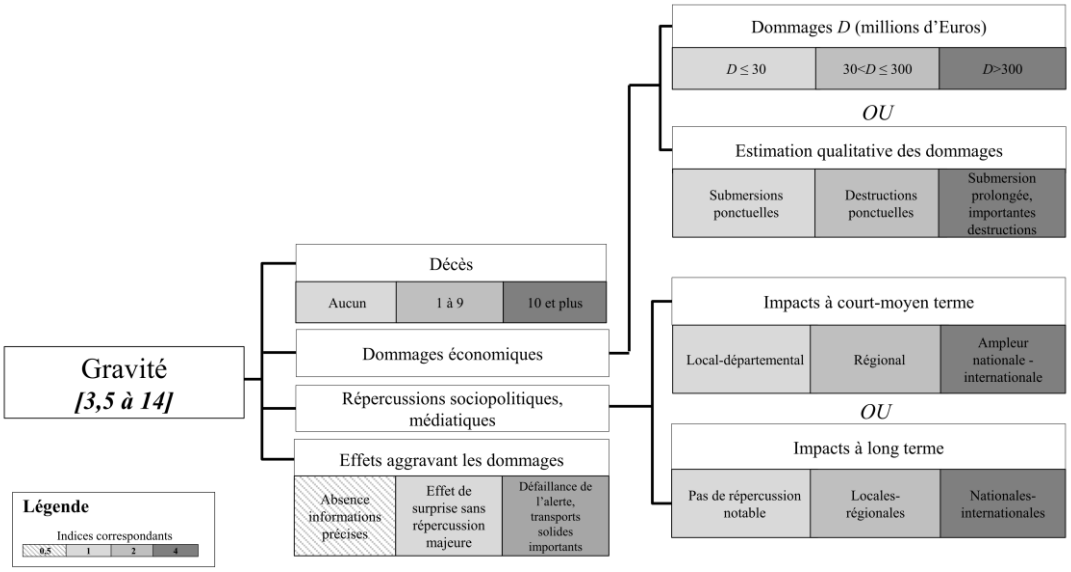


Figure II.5 Critères de gravité et pondération dans la grille de lecture

2.3.1. Le nombre de victimes d'une inondation

L'impact des inondations sur la santé est l'un des aspects mis en avant par la Directive Inondation. Afin de prendre en compte ce type de conséquences, nous avons décidé d'intégrer le nombre de victimes parmi les indicateurs de la gravité de l'évènement. C'est une information essentielle pour caractériser la vulnérabilité des populations face à l'aléa (Antoine *et al.*, 2001, Ruin, 2010). La mortalité constitue en ce sens un indicateur direct de la sévérité d'une inondation (Brazdil *et al.*, 2006) et est fréquemment utilisée pour définir le caractère catastrophique d'un évènement dommageable (Dauphiné et Provitolo, 2013). Le nombre de décès s'avère par ailleurs un indicateur particulièrement adapté à une approche rétrospective et comparative telle que celle adoptée par la grille de lecture. Contrairement aux dommages économiques, le nombre de décès d'une inondation constitue en effet un type de dommage intangible dont la valeur ne fluctue pas avec les années. De par son utilisation fréquente dans les échelles de classification des catastrophes, il est également souvent renseigné dans les rapports post-évènement.

Le critère du nombre de décès est associé à des inondations susceptibles de générer des situations de danger mortel pour les populations principalement issues de phénomènes de submersions rapides tels que les inondations éclairs, les submersions marines ou les ruptures d'ouvrages. Par contre, les inondations à cinétique lente ne sont pas directement concernées par ce critère (ou dans une moindre mesure). Le poids de ces évènements « lents » est néanmoins contrebalancé par le choix des critères relatifs à la durée de submersion et à l'extension spatiale des dommages, comme précisé auparavant.

► **Détermination des classes et indices associés au nombre de victimes**

A l'instar des autres critères, trois classes sont distinguées, basées sur le nombre de victimes imputable à l'évènement. La plus faible classe (indice **1**) correspond à des évènements d'inondations qui ne recensent aucun décès. La classe médiane (indice **2**) repose sur un seuil de 1 à 9 décès et met en avant des évènements meurtriers mais non exceptionnels. Enfin, la classe forte (indice **4**) est liée à des évènements causant au moins 10 décès. Ce seuil de 10 décès a été jugé comme représentatif pour distinguer les évènements meurtriers mais non-exceptionnels des évènements majeurs, sources de nombreuses victimes. Antoine et al. (2001) précisent par exemple que l'établissement d'un seuil similaire autorise la distinction entre « grands» et « petit drames », ces derniers étant souvent oubliés par l'histoire. Dans une même optique, le CRED (EM-DAT) considère un même seuil de 10 décès pour renseigner un évènement dans sa base.

► **Sources sollicitées pour le renseignement du critère sur le nombre de victimes**

Une synthèse détaillée des sources documentaires en lien avec la mortalité sera proposée dans le chapitre V (section 2.2.1.). Nous pouvons toutefois mentionner l'intérêt des bases de données disponibles sur internet (PRIM, EM-DAT), des rapports post-évènement ou encore

des travaux scientifiques ayant spécifiquement trait à cette question (Antoine *et al.*, 2001, Boissier, 2013).

2.3.2. Evaluation des dommages économiques

L'évaluation des dommages économiques constitue un critère de choix pour déterminer la gravité d'un évènement. Les impacts économiques d'une inondation peuvent être parfois conséquents pour le territoire affecté et leur ampleur contribue de manière indiscutable à la remarquabilité de l'évènement. Sans dommages économiques majeurs, il est en effet peu probable que l'inondation soit *remarquée* par la société et ne soit donc à l'origine de répercussions socio-économiques, politiques ou médiatiques. Pour cette raison, l'évaluation économique des dommages a été jugée comme un indicateur pertinent de la gravité, au même titre que le nombre de victimes. Contrairement à ce dernier critère, son appréhension soulève toutefois de nombreuses problématiques liées à la complexité d'une étude rétrospective (section 1.2.2). Le montant global des dommages économique d'une inondation est assez mal connu pour les évènements anciens antérieurs à la démarche systématique d'évaluation des dommages post-catastrophe initiée par le dispositif CatNat en 1982. Par ailleurs, lorsque des informations relatives aux dommages existent, celles-ci ne sont pas toujours exhaustives. En effet, selon Lang et Coeur (2014), « *il est difficile de savoir, à partir d'un ou deux documents synthétiques, sur quelles bases les montants rapportés ont finalement été établis* ». Ces différentes raisons nous ont conduits à choisir deux indicateurs distincts avec d'une part, le montant brut des dommages (en millions d'euros actualisés) pour les évènements récents et une évaluation qualitative des dommages pour les évènements plus anciens.

⇨ *Montant brut des dommages*

► **Le coût économique de l'inondation pour les évènements récents**

Le montant brut des dommages est donc utilisé pour les évènements d'inondations les plus récents. Cette information est recensée de manière plus ou moins précise depuis 1983 par la CCR (Caisse Centrale de Réassurance) et la volonté de l'Etat d'évaluer précisément le préjudice financier causé par une inondation. Les valeurs renseignées dans la grille de lecture correspondent en priorité au coût total indemnisé, correspondant à environ la moitié du coût total d'une inondation selon les experts du milieu assurantiel (Bourguignon, 2014). Le montant renseigné est actualisé, via le site de l'INSEE[19], en Euro constant de l'année 2013 (prise en compte de l'inflation monétaire). L'avantage de cette donnée est qu'elle offre un cadre de comparaison pour les évènements s'inscrivant dans la période 1983-2015. Les renseignements doivent toutefois être appréhendés avec précaution. Les organismes calculant le coût d'un évènement possèdent par exemple une définition de l'évènement qui peut différer de la nôtre en termes de délimitation spatiale ou temporelle.

[19] URL : http://www.insee.fr/fr/themes/calcul-pouvoir-achat.asp

► Détermination des classes et indices associés au montant des dommages

Pour déterminer les classes distinguant les évènements dommageables de faible à fort, nous nous sommes fondés sur la classification établie par Barthelemy *et al.* (1999) et désormais utilisée par le MEDDE pour distinguer les accidents des catastrophes majeures. Les trois premiers niveaux ont été retenus. Les évènements dont le coût est inférieur à 30 millions d'euros sont considérés dans la classe faible (indice **1**). Les évènements avec un montant économique compris entre 30 et 300 millions d'euros sont considérés dans la classe moyenne (indice **2**). Enfin, les évènements d'au moins 300 millions d'euros sont associés à la classe forte (indice **4**). La valeur de 300 millions d'euros semble pertinente comme seuil *« haut »* dans le cadre d'une analyse centrée sur la France (il n'existe en effet aucune inondation connue à l'origine de plus de 3 milliards d'euros de dommages sur le territoire français). Lorsque le montant de dommages est jugé comme incertain, il est possible de s'appuyer sur le critère relatif à l'évaluation qualitative des dommages.

► Sources sollicitées pour le renseignement du critère sur le montant des dommages

Pour renseigner le montant de dommages indemnisé nous nous sommes principalement appuyés sur le site de l'ONRN[20] qui propose une visualisation de la sinistralité par évènement via de nombreux renvois à des sources d'informations complémentaires. Parmi ces sources il convient de citer le site E-Risk de la CCR[21] qui comporte une description des principaux évènements dommageables associée à une évaluation du montant économique indemnisé.

⇨ *Evaluation qualitative des dommages*

► Une démarche d'évaluation qualitative des dommages pour les évènements anciens

Pour les évènements antérieurs à 1983, il est possible de procéder à une évaluation qualitative des dommages. L'objectif de ce critère est d'apporter une estimation des dommages économiques via l'extension spatiale des impacts le long du linéaire fluvial et le type de dommages occasionnés. Cette approche repose sur de nombreuses problématiques propres à l'utilisation de sources documentaires anciennes et doit être analysée avec un regard critique (Ledoux, 2006). Les informations peuvent en effet être biaisées par l'interprétation qu'en a faite l'auteur du document ainsi que par la discontinuité spatio-temporelle des données renseignées (Brazdil *et al.*, 2006).

[20]URL : http://www.onrn.fr
[21]URL : https://erisk.ccr.fr/

► Détermination des classes et indices associés sur l'évaluation qualitative des dommages

En gardant à l'esprit ces limites, nous nous sommes appuyés sur des travaux scientifiques qui proposent une évaluation semi-qualitative des dommages telle que celle proposée par Cœur (2008). Trois classes ont été déterminées. La classe faible (indice **1**) correspond à une submersion partielle du réseau routier, une courte inondation du bâti, et des dégâts localisés à une partie du cours d'eau affecté. La classe moyenne (indice **2**) distingue la submersion d'une grande partie du linéaire fluvial, la destruction ponctuelle d'ouvrages d'art ou de défense, la submersion et destruction ponctuelle du réseau routier ou ferré. Enfin, la classe forte (indice **4**) désigne des inondations à l'origine de :

- Modifications majeures d'ordre géomorphologique le long du cours d'eau (déplacement du lit mineur, réactivation de bras morts, créations de nouvelles îles…)
- Destructions d'ouvrages d'art ou de défense sur une grande partie des cours d'eau affectés par l'épisode de crues ;
- Destruction et / ou submersion prolongée (supérieure à quelques jours) d'habitations et d'infrastructures.
- Endommagement ou destruction des réseaux routier et ferré sur une grande portion des territoires impactés, paralysie des voies de communication pour une durée supérieure à 1 journée.

► Sources sollicitées pour le renseignement du critère sur l'évaluation qualitative des dommages

Pour documenter ce critère nous nous sommes appuyés sur des sources documentaires diverses tels que les articles de presse, les rapports de gestionnaires, des analyses faites par des érudits locaux…

2.3.3. Répercussions socio-politiques ou médiatiques

Comme le souligne Garnier (2010a), « *les effets destructeurs des évènements extrêmes peuvent impliquer un bouleversement radical de l'équilibre social, économique et culturel* ». En accord avec l'auteur, l'aspect exceptionnel et *remarquable* d'une inondation repose ainsi en partie sur l'ampleur des répercussions socio-politiques ou médiatiques imputables à l'évènement. L'enjeu est ici d'identifier des seuils objectifs qui permettent d'évaluer la réponse de la société et traduisent les caractéristiques exceptionnelles de l'aléa et des impacts d'une part et la perception et gestion de l'évènement d'autre part. Afin de réaliser cette démarche, nous distinguons deux catégories de critères en fonction de leur temporalité : des répercussions de court et moyen terme (de quelques jours à quelques mois après l'épisode déclencheur) et des répercussions de long terme (supérieures à une année). Les deux critères sont renseignés et le plus pénalisant est considéré pour la pondération des indices dans la grille de lecture.

⇨ *Impacts à court et moyen terme*

► Les répercussions socio-politiques et médiatiques à court et moyen terme

Ces répercussions font référence aux répercussions sociales, politiques ou médiatiques, mises en place durant les trois premières des quatre phases de la crise décrites par Leone *et al.* (2010). Il s'agit de la pré-crise, la gestion de crise, et enfin la gestion de post-crise. La dernière phase, celle de la reconstruction, s'articule quant à elle sur une échelle de plus long terme et n'est ici pas directement sollicitée ici.

► Détermination des classes et indices associés aux impacts à court et moyen terme

Plusieurs types de répercussions ont été distingués lors de l'élaboration de la grille de lecture. Le choix de la valeur de l'indice dans une des trois classes (indice = **1**, **2** ou **4**) s'effectue à travers l'extension spatiale : des impacts qui demeurent locaux (ne dépassant pas le territoire du département ou du bassin versant affecté), régionaux et enfin nationaux. Par défaut, un indice **1** est assigné aux évènements où aucune information précise n'existe. Cinq variables principales ont été prises en compte :

- **La visite de personnalités politiques influentes sur le territoire affecté** par la catastrophe, telle que la venue officielle d'un Président de la République (indice **4**), illustrant une démarche de soutien de la Nation aux populations sinistrées (Versavel, 2001). Ces visites reflètent ainsi la reconnaissance du caractère catastrophique de l'évènement, matérialisée par le déplacement de hauts dignitaires de l'Etat.
- **La sollicitation d'une aide extérieure**, qui illustre l'incapacité du territoire affecté à surmonter la crise. Cet indicateur désigne par exemple l'intervention de l'armée française (indice **2**) ou étrangère (indice **4**), sollicitée pour le secours aux personnes ou pour la mise en place de protections temporaires. Cela peut également définir la mise en place d'un élan de solidarité qui participe souvent à la dimension nationale d'un évènement d'inondation. Comme le soulignent Colbin-Justeau *et al.* (2001) à propos des inondations de la Somme, « *la solidarité nationale qui se manifeste dans l'après catastrophe est un élément symbolique de la reconstruction* » et participe à ce titre à la reconnaissance nationale de l'ampleur de l'évènement.
- **Une importante préoccupation médiatique autour de l'évènement** permet d'apprécier l'ampleur de la catastrophe pour la société (Gilbert, 2003a). Lorsque les presses régionales mentionnent l'évènement, nous attribuons un indice de **1**. Si celui-ci fait la une de cette presse pendant quelques jours ou est mentionné dans les journaux nationaux, un indice de **2** y est associé. Enfin, si l'évènement fait la une des journaux nationaux pendant quelques jours et que les articles se focalisent sur l'un des aspects de l'inondation (dénonciation des politiques de gestion, débats sur l'origine de la catastrophe…) l'évènement est considéré dans la classe forte avec un indice de **4**.

- **La présence d'une rumeur suite à l'inondation**, est également considérée comme un indicateur de la remarquabilité des impacts d'une inondation. Souvent relayée par les médias, la rumeur est le résultat d'une construction sociale qui dépasse le simple *écho ou bouche à oreille* et s'affirme en tant que véritable phénomène de société (Froissart, 2002). Selon Dourlens (2003), « *le développement d'une rumeur, très fréquent après les catastrophes semble constituer l'une des modalités par laquelle l'inondation accède à l'existence sociale* ». Elle intervient dans une optique de recherche des causes ou pour l'explication des conséquences exceptionnelles de l'inondation et est ici perçue comme le dépassement d'un seuil de perception. Lorsque la présence d'une rumeur est attestée mais que celle-ci n'est pas relayée à l'échelle du département elle est associée à un indice **2**. A l'inverse, lorsqu'elle est reprise à l'échelle du pays (notamment par les médias), un indice **4** est attribué à la pondération.
- **La présence d'un contexte territorial défavorable** (temps de guerre, crise politique…) constitue enfin un dernier paramètre qui permet notamment d'expliquer l'absence de répercussions d'un évènement d'inondation exceptionnel. Un indice **4** est associé à ces évènements.

► **Sources sollicitées pour le renseignement du critère sur les impacts à court et moyen terme**

L'ensemble des sources textuelles et plus précisément les articles de presse et les ouvrages historiques peuvent être utilisés afin de renseigner ce critère.

⇨ *Impacts à long terme*

► **Répercussions politiques et judiciaires à long terme**

Les répercussions de cet indicateur de gravité sont relatives à une échelle temporelle plus longue que celle du précédent. Elles interviennent au moins un an après la catastrophe et offrent un cadre pour apprécier la réponse sociale à long terme. La préoccupation sociale suscitée par l'évènement dépasse ici le simple contexte de la crise et reflète une « *mise en mémoire* » de l'évènement.

► **Choix des classes et pondération des critères associés aux impacts à long terme**

Trois principaux indicateurs ont été identifiés :

- **La mise en place de nouvelles politiques de gestion du risque**. A un niveau local cela peut consister à des mesures portant sur l'adaptation du bâti ou à de nouvelles mesures de protection/prévention (indice **1**). A un niveau plus large, à l'échelle régionale, il peut s'agir des travaux de régulation sur le bassin versant ou d'une volonté de gestion concertée entre les différents organismes de gestion (indice **2**). Enfin, à une échelle nationale, il peut être décidé le déploiement de nouvelles mesures de gestion du risque (indice **4**). L'évènement devient alors un objet catalyseur de décisions

politiques et contribue à la transformation du paysage de la gestion du risque en France.

- **Des répercussions judiciaires suite à la catastrophe**. Un procès intenté contre les acteurs de gestion du risque survient parfois suite à une inondation de grande ampleur et vise à rechercher des coupables via la mise en évidence d'acteurs territoriaux défaillants. Un indice **4** est attribué à cet indicateur.
- Lorsque l'évènement **constitue une source d'inspiration pour la culture** (littérature, cinéma, peinture…), nous avons également jugé que celui-ci peut être considéré comme remarquable au niveau de ses répercussions (correspondant à un indice **4**). Dans ce cas, l'évènement d'inondation devient un théâtre pour des représentations culturelles et relève d'une puissance d'évocation particulière. A titre d'illustration, la rupture du barrage de Malpasset en décembre 1959 fut repris dans plusieurs ouvrages littéraires tels que le roman « Les amants de Malpasset » (d'Annie Bruel en 2004) ou plus récemment dans une bande dessinée « Malpasset – causes et effets d'une catastrophe » (réalisé par Eric Corbeyran en 2014).

► Sources sollicitées pour le renseignement du critère sur les impacts à long terme

Au même titre que pour les critères de répercussions de court et moyen termes, le renseignement des critères liés aux répercussions de long terme se fonde prioritairement sur des sources documentaires textuelles telles que des articles de presse ou des ouvrages généraux et rapports produits par des spécialistes, scientifiques ou politiques.

2.3.4. Facteurs d'aggravation des dommages

Le dernier critère de gravité d'un évènement d'inondation réside dans la présence de facteurs d'aggravation de la gestion de crise et/ou de l'ampleur des dommages. Dans le cadre de notre étude nous nous fondons sur deux paramètres. D'une part la présence de défaillances dans l'alerte, à l'origine d'un effet de surprise pour la population qui conditionne fortement le nombre de décès et les dégâts potentiels d'une inondation (Torterotot, 1993). D'autre part, l'existence d'un fort transport solide ou l'occurrence de nombreux phénomènes de glissements de terrains qui peuvent contribuer à une augmentation des dommages en entraînant des destructions lors du passage de l'onde de crue ou encore en favorisant la création d'embâcles.

► Détermination des classes et indices associés aux facteurs aggravant les dommages

Une annonce des crues ou une alerte aux populations défaillantes ainsi qu'un fort taux de transport solide sont des variables qui entrent principalement en jeu lors de submersions rapides dont le poids dans était déjà accentuée par la prise en compte du nombre de décès. Les indicateurs relatifs à l'alerte aux populations et à l'annonce des crues mettent toutefois en évidence le dépassement de la capacité de gestion de crise et revêtent en ce sens un intérêt

pour notre étude de la remarquabilité. Afin de pallier une potentielle surestimation des évènements liés à des submersions rapides, nous avons cependant décidé de diviser par deux la pondération des indices du critère.

La classe faible (indice **0,5**) est renseignée quand aucune information relative à une défaillance de l'alerte ou à un fort transport solide n'est connue. La classe moyenne (indice **1**) distingue les évènements où est attestée une alerte défaillante et/ou la présence d'un fort transport solide et/ou de glissements de terrains sans répercussions majeures en termes d'endommagement. La classe forte (**2**) correspond à un effet de surprise des populations face à l'inondation, et/ou un transport solide important, et/ou la présence de nombreux glissements de terrains, l'ensemble de ces éléments contribuant à accentuer sensiblement le niveau de dommages de l'inondation. Dans ce cas il incombe à l'utilisateur de la grille de juger de la significativité des facteurs d'aggravation sur les dommages.

► Sources sollicitées pour le renseignement du critère sur les facteurs aggravant les dommages

Les sources documentaires utilisées pour signaler la présence de facteurs aggravant les dommages sont principalement les comptes rendu post-évènement produits par les gestionnaires. Ces derniers offrent en effet une image assez nette de la défaillance des systèmes d'alerte et rapportent fréquemment l'existence de transport solide ou de glissements de terrain.

2.4. Estimation de l'extension spatiale de l'évènement

Un dernier axe de la grille de lecture repose sur l'extension spatiale de l'évènement. Cet axe secondaire s'inscrit en complément des deux premiers, relatifs à l'intensité de l'aléa et à la gravité des dommages et répercussions. En effet, comme le souligne Meschinet de Richemond (1997) pour le Roussillon, le caractère catastrophique d'une inondation (malgré des effets d'échelle propres à l'étude des dommages) provient non seulement de son intensité mais également de son ampleur spatiale. L'objectif de cet axe est ainsi d'acquérir une vision de l'étendue du phénomène dommageable, particulièrement importante à considérer pour distinguer les évènements locaux des inondations généralisées susceptibles d'engendrer d'importantes conséquences économiques.

L'extension spatiale pour la sélection d'évènements remarquables se fonde sur deux critères (Figure II.6) : d'une part le nombre d'unités administratives où l'inondation est recensée, lui-même composé de deux sous-critères distinguant les évènements récents des évènements plus anciens et d'autre part le nombre d'Unités de Présentation (UP) où l'inondation est considérée comme « remarquable » dans l'EPRI.

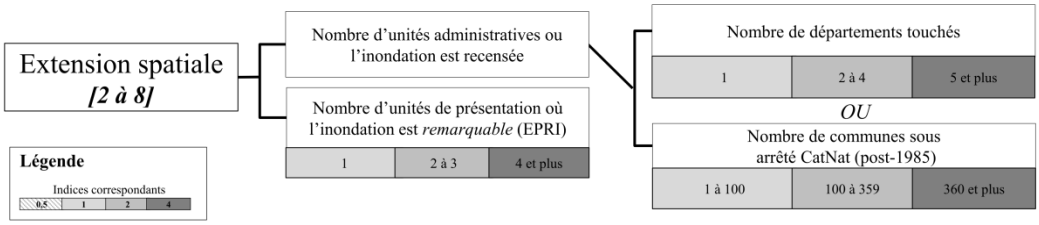


Figure II.6 Critères d'extension spatiale et pondération dans la grille de lecture

2.4.1. Nombre d'unités administratives où l'inondation est recensée

S'agissant de l'identification de l'extension spatiale d'une inondation, il convient tout d'abord de déterminer l'échelle pertinente à retenir pour l'analyse : cette échelle est toutefois étroitement dépendante de la précision des sources d'information. Celles-ci varient en effet sensiblement en fonction de la date d'occurrence de l'évènement. Pour les évènements récents, nous avons privilégié le renseignement du nombre de communes en arrêté Cat Nat. Pour les évènements plus anciens ou lorsque le renseignement Cat Nat n'est pas jugé fiable, le critère s'attache à dénombrer les départements affectés. Afin de placer ces deux critères sur une même base d'évaluation statistique, une corrélation a été établie à partir des évènements où les deux types de données étaient disponibles. Cela a permis de calculer des valeurs *seuils* pour définir les classes.

⇨ *Nombre de départements touchés*

► **Le nombre de départements touchés**

Pour les évènements non-couverts par la procédure CatNat, le choix du critère de l'extension spatiale s'est appuyé sur le nombre de départements touchés par des dommages. Ce critère permet de distinguer les évènements généralisés s'étendant sur plusieurs départements tels que les évènements océaniques à cinétique lente, de phénomènes plus locaux dont les impacts sont concentrés dans un seul département tels que les épisodes liés à des averses orageuses. L'appréciation du fait qu'un seul département ait été touché reste qualitative. En effet, le degré d'information peut être différent d'un évènement à un autre en fonction de ses caractéristiques spatiales et temporelles. De même, la reconnaissance d'un dommage est dépendante de l'appréciation que peut en faire la société, laquelle peut évoluer selon les époques. En dépit de ces limites le nombre de départements touchés s'est révélé un critère intéressant à sélectionner, notamment dans le cadre d'une démarche comparative.

► **Détermination des classes et indices associés au nombre de départements touchés**

La classe faible (indice **1**) considère un évènement d'inondation dont l'aire des dommages ne dépasse pas celle du département. Viennent ensuite les évènements qui affectent de 2 à 4 départements (indice **2**). Enfin les évènements qui touchent 5 départements ou plus sont considérés comme des phénomènes étendus et sont intégrés dans la classe forte (indice **4**).

► Sources sollicitées pour le renseignement du critère sur le nombre de départements touchés

Plusieurs sources d'informations ont été privilégiées pour connaître le nombre de département touchés. Il s'agit en premier lieu de la base SIPEX de Météo-France[22]. La partie réservée aux évènements « *mémorables* », qui se fonde sur « *l'importance des conséquences humaines et matérielles des épisodes de type diluvien* » (Météo-France, 2015a), indique le nombre de département *concernés* (reposant donc à la fois sur l'information pluviométrique et sur l'endommagement). Ces informations ont été complétées par d'autres bases de données (PRIM.net ou E-Risk) et par des rapports de gestionnaires.

⇨ *Nombre de communes soumises à un arrêté CatNat*

► Le recensement des communes sous arrêtés CatNat (post-1985)

Depuis 1983, les politiques d'indemnisation se fondent sur le régime CatNat afin de déterminer l'aire spatiale d'un évènement dommageable. Ces informations sont librement consultables sur la base GASPAR et fournissent l'ensemble des évènements CatNat et le nom des communes affectées par chaque évènement. L'avantage de cette donnée est qu'elle offre à une échelle fine (celle de la commune) l'extension spatiale des dommages. D'après Douvinet (2006), ces informations sont cependant soumises à de nombreuses incertitudes qui demandent des précautions d'usage. En effet, la définition d'un évènement au sens CatNat du terme n'est pas forcément la même que celle employée lors de notre étude (notamment sur la date de fin et de début de l'évènement). De même, la déclaration d'un arrêté CatNat repose sur le dépassement d'un seuil d'intensité pluviométrique (période de retour ≥ 10 ans) qui n'est pas forcément représentative de la réalité de l'endommagement. Enfin, les déclarations d'arrêtés CatNat peuvent être issues d'une décision politique, qui, n'est pas toujours directement proportionnelle à la réalité spatiale du phénomène.

Afin de pallier ces limites, plusieurs aspects ont été analysés. Nous avons d'une part décidé de ne considérer que les données concernant des évènements postérieurs à 1985, jugées plus fiables. D'autre part, l'utilisateur peut également s'appuyer sur le critère relatif aux évènements anciens pour vérifier la précision de l'information. Tout comme les périodes de retour le classement en différentes classes permet cependant de s'affranchir en partie des risques d'erreur liés à cet indicateur.

[22] SIPEX : http://pluiesextremes.meteo.fr

► Détermination des classes et indices associés au nombre de communes avec arrêté CatNat

Pour établir les seuils entre classes et de façon à acquérir une information homogène avec celle relative au nombre de départements touchés nous nous sommes appuyés sur une corrélation statistique. Les évènements possédant les deux types d'information (communes sous CatNat et nombre de départements touchés) ont été regroupés au sein d'une même base de données puis représentés graphiquement par un nuage de points (Figure II.7).

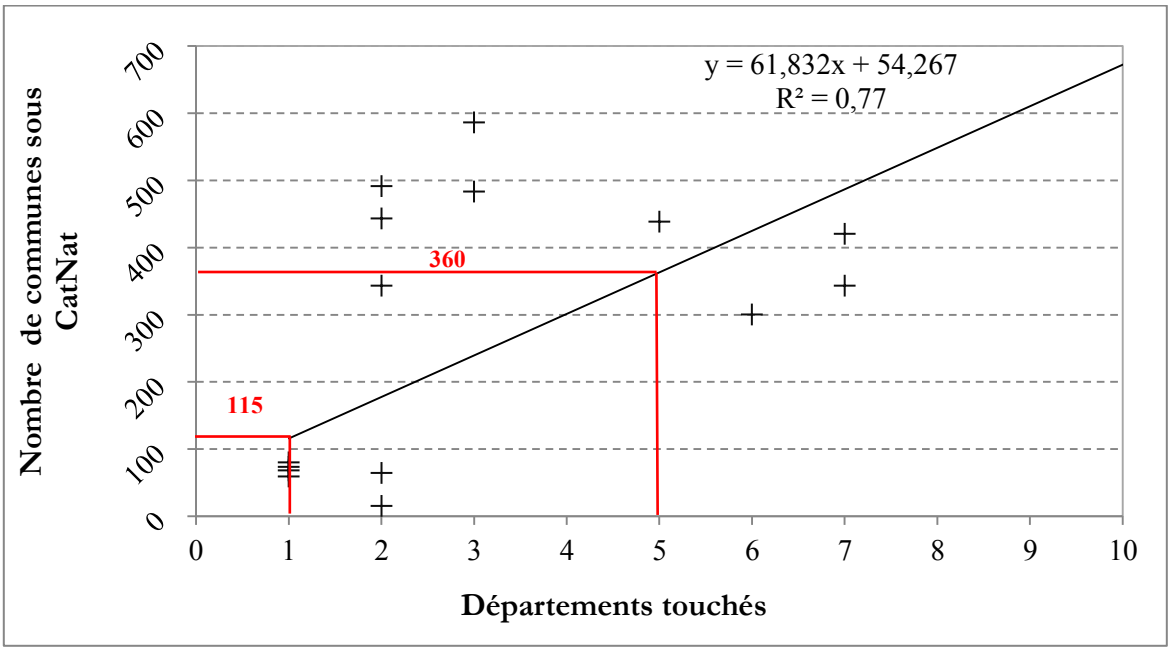


Figure II.7 Corrélation entre nombre de départements touchés et nombre de communes sous arrêtés CatNat

L'établissement d'une courbe de tendance linéaire permet de définir la relation entre les deux paramètres. Le coefficient de détermination de cette courbe (R^2=0,77) permet d'attester d'une liaison significative entre les deux indicateurs d'extension spatiale, même si le zoom montre encore une forte dispersion. En se fondant sur l'équation de cette courbe soit $y = 61{,}832x + 54{,}267$, il est possible de déterminer les seuils de classes (x étant le nombre de département et y le seuil entre classes). Pour la classe faible, soit 1 département touché, le calcul donne le résultat suivant :

$$y = 61{,}832 * 1 + 54{,}267, \qquad \text{soit } y = \mathbf{116{,}099}$$

Le seuil de 115 communes a été retenu pour caractériser un phénomène infra-départemental et a été associé à un indice **1** dans la grille de lecture.

Pour déterminer le seuil entre classe moyenne et forte, à partir de 5 départements touchés, le calcul est le suivant :

$$y = 61{,}832 * 5 + 54{,}267\,, \qquad \text{soit } y = \mathbf{363{,}427}$$

Le seuil de 360 communes a ainsi été choisi pour différencier les évènements appartenant à la classe moyenne (indice **2**) de ceux de la classe forte (indice **4**). Sachant qu'il existe environ 36 000 communes, ce nombre a été considéré comme relativement représentatif pour des évènements de forte extension spatiale (dans ce cas environ 1 commune sur 100 du territoire français est alors a minima affectée par l'évènement).

► **Sources sollicitées pour le renseignement du critère sur le nombre de communes avec arrêté CatNat**

Ce critère s'est fondé sur l'utilisation de la base Gaspar, précédemment évoquée, et complété en parallèle par des informations issues des rapports de gestionnaires ou de la base E-risk de la CCR.

2.4.2. Le nombre d'unités de Présentation (UP) où l'évènement est considéré comme remarquable

Le deuxième critère choisi pour caractériser l'extension spatiale de l'évènement d'inondation s'appuie sur le nombre d'Unités de Présentation (UP) où l'évènement est distingué comme *remarquable* : c'est-à-dire sélectionné dans la phase de collecte de l'EPRI de 2011. Ce critère d'évaluation repose sur l'idée que plus le nombre d'UP où l'évènement recensé comme remarquable est grand, plus l'extension spatiale où le phénomène a eu des répercussions dommageables, peut être jugée importante. Cet indicateur de remarquabilité est directement lié à la phase de sélection des évènements lors de l'enquête EPRI de 2011 et peut ainsi paraître subjectif au vu des contraintes de cette dernière. Le choix des évènements est en effet étroitement lié à une volonté politique et n'est pas forcément représentatif du caractère exceptionnel et dommageable de l'inondation. En dépit de ces contraintes cet indicateur offre l'avantage d'être facile d'accès et constitue un élément de comparaison entre évènements.

► **Détermination des classes et indices associés au nombre d'UP**

La classe faible (indice **1**) correspond à un évènement d'inondation remarquable dans une seule UP et implique un phénomène marquant sur le territoire mais de moindre importance à l'échelle nationale. La classe moyenne (indice **2**) distingue de son côté les évènements remarquables dans 2 à 3 UP. La classe forte (indice **4**) considère enfin un seuil minimum de 4 UP, atteints par quelques rares évènements.

► **Sources sollicitées pour le renseignement du critère sur le nombre d'UP**

Pour renseigner ce critère nous nous sommes appuyés sur la liste des 176 évènements remarquables de l'EPRI de 2011, répertoriés et décrits brièvement dans l'ouvrage de Lang et Cœur (2014).

3. Résultats de l'application et sélection de neuf évènements remarquables

3.1. Application de la grille de lecture sur l'échantillon d'évènements de l'EPRI

3.1.1. Visualisation des scores de remarquabilité sur les 176 évènements

Après avoir établi les critères de classification de la grille de lecture, l'exploration des données a permis de compléter la base de données pour l'ensemble des 176 évènements d'inondations sélectionnés. La répartition des scores de remarquabilité est illustrée dans la Figure II.8.

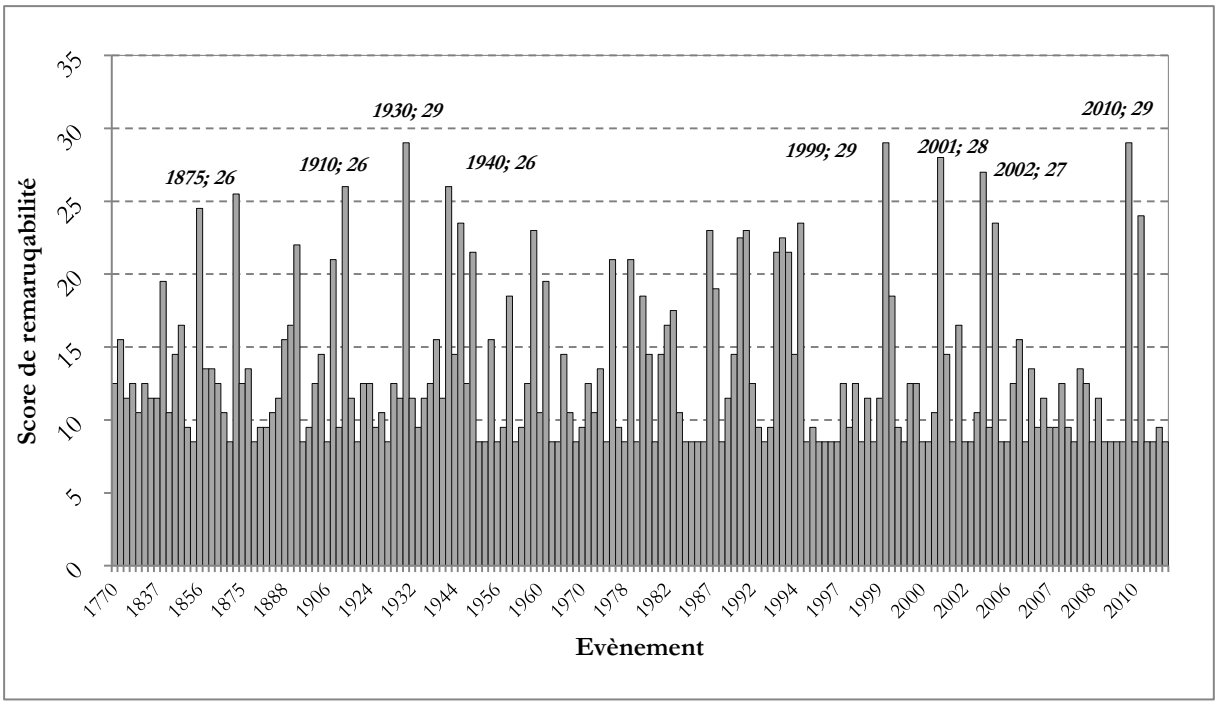


Figure II.8 Scores de remarquabilité des 176 évènements d'inondation
(Les dates et scores des évènements dépassant 25 en score de remarquabilité sont indiqués)

Plusieurs constats ressortent de la représentation graphique. Tout d'abord, la majorité des évènements de la sélection de l'EPRI sont au moins en partie documentés sur l'un des axes de la grille de lecture ce qui autorise une première lecture de leur caractère remarquable. Les scores de remarquabilité sont par ailleurs très variables d'un évènement à un autre. Le score moyen de remarquabilité est de 13 tandis que la valeur maximale s'élève à 29 sur 34 possibles et la valeur minimale à 8,5 (sur 8,5). Seuls trois évènements se distinguent particulièrement en atteignant le score maximal de 29 : il s'agit de mars 1930, novembre 1999 et février 2010. Un grand nombre d'évènements, 50 soit environ 28% du total, possèdent au contraire le score minimum de remarquabilité de 8,5. Ce constat témoigne de la non-remarquabilité apparente

d'un certain nombre d'inondations. Cela peut cependant également être dû à une quantité d'informations variable sur un grand nombre d'évènements, ce qui nécessiterait à terme un travail d'exploration plus approfondi. Contrairement à ce que nous pourrions penser, l'absence de renseignements de critères ne désigne pas explicitement les évènements les plus anciens mais concerne davantage des évènements postérieurs à 1980. Une raison explicative à cela est le choix de nombreux évènements récents parmi la sélection de l'EPRI dont certains peuvent être jugés moins catastrophiques que ceux ayant lieu au XIXe siècle ou auparavant et dont la mémoire nous est parvenue.

3.1.2. Un zoom sur les 36 évènements les plus remarquables

Afin de déterminer les évènements les plus remarquables en vue de choisir des cas d'étude, nous avons retenus ceux dont le score de remarquabilité dépasse la valeur du quantile 80%, équivalente dans ce cas à un score de remarquabilité de **16,5**. Cette valeur permet de distinguer 36 évènements d'inondation soit environ 20% des 176 évènements. Les évènements qui dépassent le score de 16,5 ont été regroupés dans la Figure II.9 qui recense leur score de remarquabilité ainsi que la composition des 3 axes principaux de la grille de lecture (intensité, gravité, extension spatiale). Avant de justifier les choix ayant conduit à la sélection de neuf évènements comme cas d'étude (figurant en rouge dans cette même Figure II.9), il est nécessaire de revenir sur les apports et les limites offerts par la visualisation des 36 évènements les plus remarquables.

► Une méthodologie adaptée

Des points positifs peuvent être dégagés parmi les résultats de la grille de lecture ce qui permet de justifier la méthodologie utilisée. Tout d'abord, les informations « historiques » semblent bien intégrées : des évènements antérieurs à notre période d'étude se distinguent dans la liste des évènements les plus remarquables. Il s'agit par exemple de l'évènement d'octobre 1840 correspondant à l'inondation majeure du Rhône ou encore de l'évènement de mai-juin 1856, lié à des débordements d'une exceptionnelle intensité généralisés à l'ensemble des grands fleuves français (Coeur et Djerboua, 2007b). En dépit d'un contexte historique sensiblement différent, ces évènements figurent ainsi parmi les plus forts scores de remarquabilité, permettant de légitimer le choix des indicateurs sélectionnés pour caractériser les évènements anciens.

La liste des plus forts indices de remarquabilité couvre par ailleurs plusieurs échelles spatiales : tous les districts hydrographiques (y compris les DOM) apparaissent. De même, des évènements méditerranéens locaux y sont représentés (tel que celui de septembre 1992 à Vaison-la-Romaine) aux côtés d'inondations océaniques plus généralisées (par exemple les inondations hivernales de 1994-1995 étendues à une moitié nord de la France).

La liste des 36 évènements comporte des inondations de plusieurs types ce qui atteste de la capacité de la grille à pouvoir intégrer des évènements de natures différentes. Sont ainsi représentées :

- des inondations torrentielles (octobre 1940, juin 1957),
- des inondations par remontées de nappe (2000-2001 dans la Somme),
- des submersions marines (février 2010),
- des ruptures d'ouvrage (juillet 1892, décembre 1959),
- des inondations de plaine (juin 1875, décembre 2003).

La méthodologie utilisée est donc a priori adaptée pour caractériser la remarquabilité des évènements d'inondations sélectionnés dans l'EPRI. En mettant au même niveau des inondations avec des cinétiques et des caractéristiques spatio-temporelles sensiblement différentes, les indicateurs déployés ont permis de s'affranchir de la complexité et de la singularité intrinsèque de l'évènement d'inondation. Une première définition de la remarquabilité est alors possible, définition pouvant servir de fondement pour sélectionner des cas d'étude et tester la méthodologie.

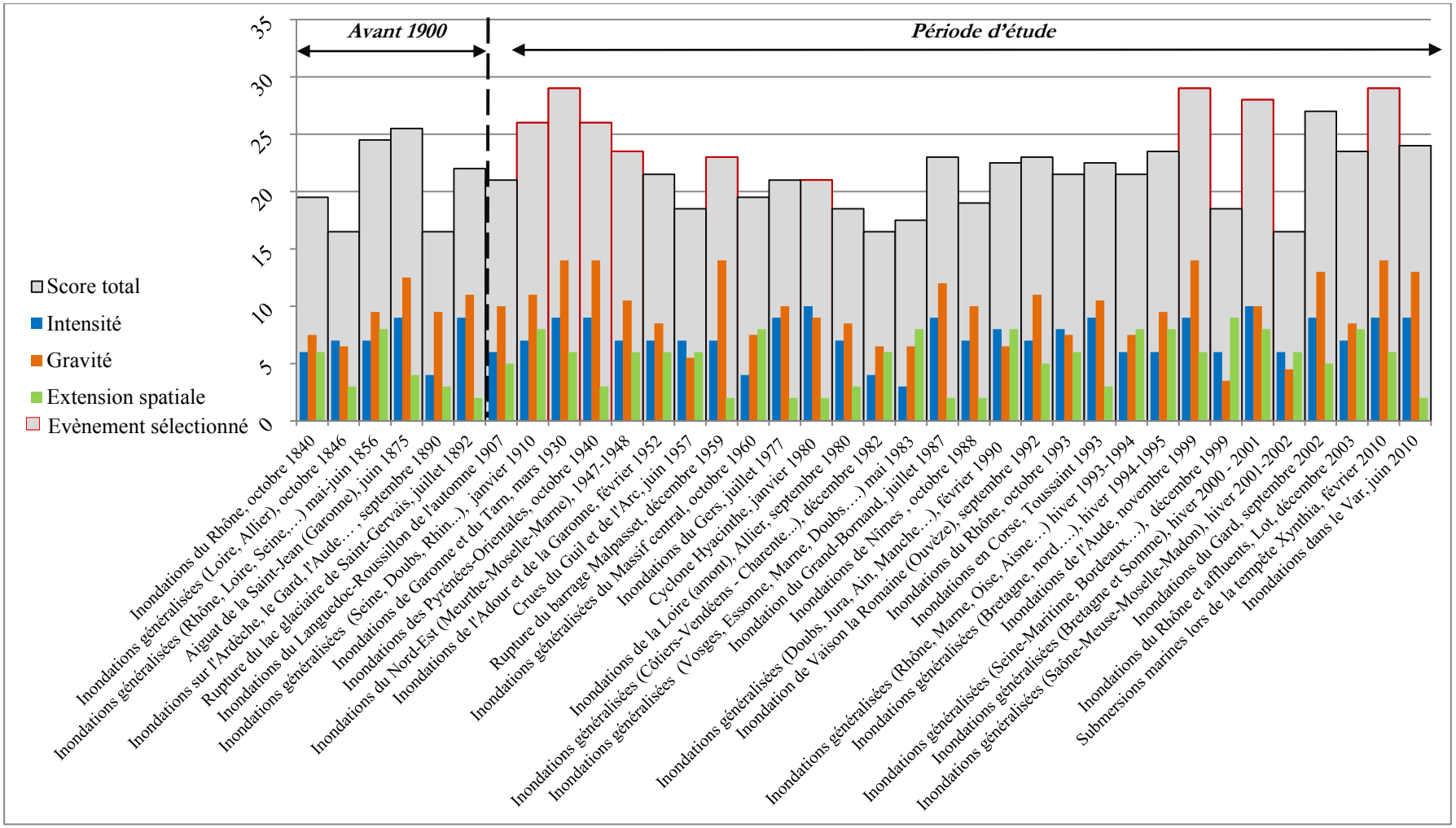


Figure II.9 Score de remarquabilité et décomposition par axes des 36 évènements les plus remarquables

► Des évènements récents et méditerranées surreprésentés

Si la grille de lecture est à première vue pertinente pour définir la remarquabilité, les résultats méritent toutefois de faire l'objet d'une analyse critique. Une limite majeure transparaît en effet de la Figure II.9. En dépit d'une diversité spatiale et temporelle, certaines périodes et certains territoires demeurent surreprésentés. La Figure II.10 montre ainsi que la fréquence cumulée des évènements les plus remarquables croît de façon importante à partir du début des années 1980. La moitié des évènements sont en effet postérieurs à cette date, et près de 35% sont survenus après 1990, montrant bien la surreprésentation d'évènements récents parmi les résultats. La réalisation d'un test statistique sur l'homogénéité du processus d'occurrence de recensement des événements (Lang *et al.*, 1999) confirme le diagnostic visuel. Sur l'ensemble de la période 1840-2011, la courbe expérimentale est située complètement en-dehors de l'intervalle de tolérance à 90%. Lorsque l'on raisonne sur deux sous-périodes, avant et après 1980, chacune d'entre elles peut alors être considérée comme homogène.

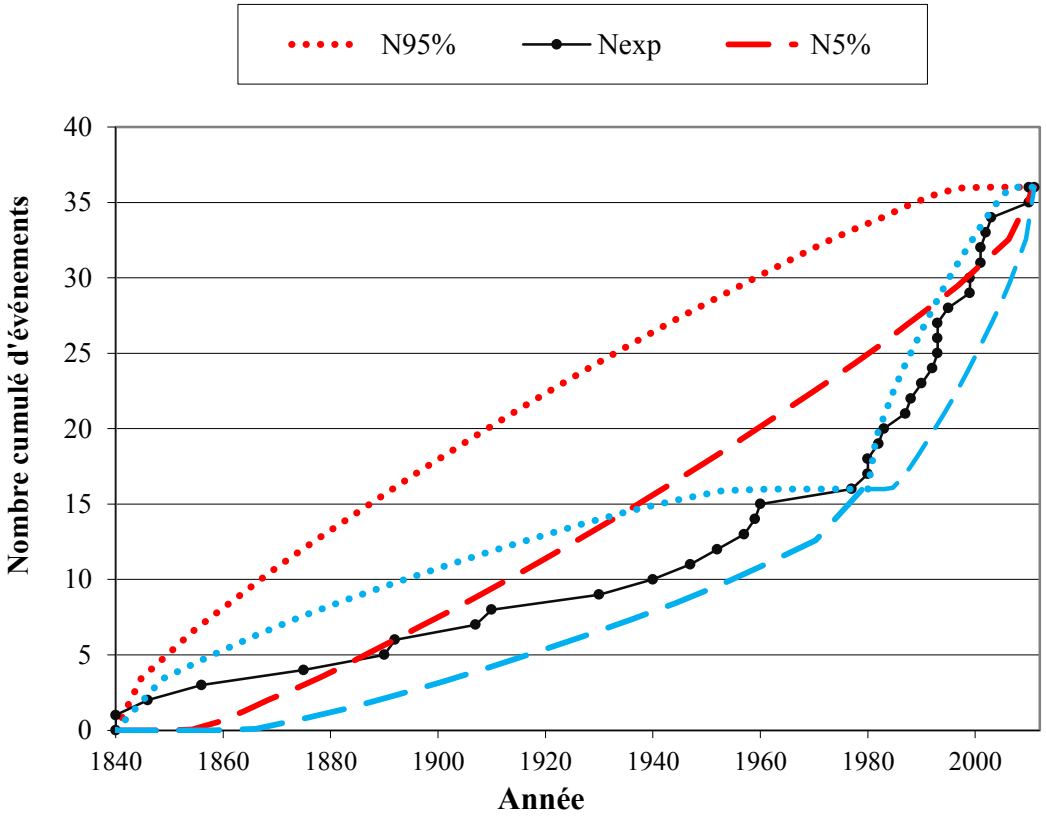


Figure II.10 Fréquence cumulée et chronologie des 36 évènements remarquables

Dans une même optique, la distribution spatiale des résultats illustre la prédominance de certains évènements. Effectivement, s'il s'avère compliqué de cartographier la répartition spatiale des évènements en raison du caractère généralisé d'un grand nombre d'entre eux, les évènements touchant les côtes méditerranéennes se distinguent : ils représentent 15 évènements sur 36 soit environ la moitié. Un même constat peut être mentionné au sujet du type d'aléa. Les évènements liés à des inondations de type torrentiel représentent plus du tiers des évènements. Certains territoires ou districts hydrographiques sont à l'inverse peu

représentés. Par exemple un seul évènement concerne les DOM avec le cas du cyclone Hyacinthe à La Réunion en janvier 1980. Ces territoires sont pourtant au même titre que les régions méditerranéennes soumis à des aléas extrêmes souvent dommageables. Ce constat nous pousse à nous questionner sur les raisons de leur faible présence parmi les évènements remarquables.

3.1.3. Des résultats à appréhender avec précaution

Il convient ici de revenir sur les limites des résultats apportés par la grille de lecture.

► **Une disponibilité variable de l'information**

Le manque d'informations sur des évènements antérieurs au XXe siècle et aux DOM explique leur moindre score de remarquabilité. Contrairement aux évènements récents des trois dernières décennies et aux évènements ayant touchés la métropole ils sont moins bien documentés (Lang et Coeur, 2014).

► **Des évènements et territoires naturellement prédisposés à la remarquabilité**

La surreprésentation des régions méditerranéennes peut s'expliquer par un régime hydrométéorologique spécifique et une forte exposition des enjeux. Ces deux facteurs sont susceptibles de générer un nombre élevé de décès, contrairement aux évènements à cinétique lente associés à des perturbations océaniques affectant le nord et l'ouest de la France. Par ailleurs, l'accroissement de la population (de 40 à 65,5 millions de personnes, de 1900 à 2013 en France) et l'augmentation des enjeux en zone inondable depuis les dernières décennies ont conduit à une hausse significative des dommages dus aux inondations (SwissRe, 2015). Cette aggravation s'articule également avec un risque de plus en plus vécu et perçu comme inacceptable par la population si l'on fait référence à la transition vers une « société du risque » selon Beck (2008). La surmédiatisation des catastrophes naturelles peut également accroître leur caractère remarquable.

► **Des limites faisant échos aux contraintes du jeu initial de données**

Une dernière raison expliquant les incohérences des résultats de la grille de lecture réside dans les limites intrinsèques de la sélection de l'EPRI. Cette sélection de 176 évènements est biaisée à l'origine. Elle comporte en effet un nombre d'évènements postérieurs à 1950 plus conséquent comme le montre la Figure II.1. Elle était aussi spatialement hétérogène et mettait déjà en évidence la surreprésentation des évènements appartenant au district RMC, correspondant en particulier aux régions méditerranéennes (Figure II.2). Enfin, le jeu de données de l'EPRI ne peut pas être considéré comme totalement exhaustif. Bien qu'en partie fondée sur des critères scientifiques, cette sélection s'est également appuyée sur la concertation avec les services gestionnaires par laquelle peut transparaître une décision relevant de l'ordre politique qui a pu conduire à choisir un évènement plutôt qu'un autre. Une autre limite peut également être mentionnée au sujet des types d'aléas représentés. Les

consignes de l'EPRI appuyaient la sélection sur la diversité des submersions ce qui a pu favoriser la prise en compte d'un évènement appartenant à un type d'aléa en particulier mais au final peu significatif selon les critères de la grille.

► Le cas test des inondations de l'automne 1907 pour illustrer les limites de la sélection de l'EPRI

Afin de mettre en évidence la non-exhaustivité de la sélection de l'EPRI, nous avons incorporé l'évènement d'inondation correspondant à l'automne de 1907 à la sélection initiale. Cet évènement correspond à la succession de trois phénomènes d'inondations intenses entre le 25 septembre et le 12 novembre dans le Languedoc-Roussillon et dans la partie amont de la Loire (octobre). Les crues dans l'Hérault atteignent une intensité inégalée au XXe siècle et d'après le croisement des sources documentaires au moins 14 personnes y ont trouvé la mort (Antoine *et al.*, 2001, D'Amato, 2007). Les critères de remarquabilité de cet évènement ont été renseignés durant la phase d'application de la grille de lecture. L'évènement atteint finalement un score de remarquabilité de 21 et figure parmi la liste des 36 évènements les plus remarquables de la sélection (Figure II.9). Il n'avait pourtant pas été sélectionné pour l'EPRI 2011 car six autres événements avaient été préférés pour l'unité de présentation « Côtiers Ouest » du district RMC. Trois événements étaient plus remarquables en termes de nombre de décès :

- septembre 1875 sur le Vernazobre avec 125 morts,
- octobre 1940 avec plus de 50 morts,
- novembre 1999 avec 35 morts).

Deux autres événements avaient eu des conséquences socio-économiques aussi fortes, mais présentaient l'avantage d'être plus récents :

- octobre 1988 à Nîmes,
- octobre 1992 sur le Réart.

Et enfin un événement avait été retenu pour illustrer le risque de submersion marine en secteur méditerranéen : décembre 1997.

Ce constat illustre le caractère partiel de la sélection initiale et dans le même temps les limites de la grille de lecture. Les résultats de celle-ci doivent être appréhendés avec précaution et ne doivent pas donner lieu à de mauvaises interprétations. L'utilisation doit ainsi se garder de toute volonté de hiérarchisation quantitative. L'évènement d'inondation de juin 1875 sur la Garonne, à l'origine de près de 500 morts et caractérisé par un score de 22,5, ne doit pas être perçu comme significativement moins remarquable que celui de l'hiver 2000-2001 (Somme et Bretagne) qui n'a causé aucune victime mais atteint un score de 28 du fait de dommages conséquents et d'une plus grande disponibilité d'informations. L'enjeu de cette thèse n'est d'ailleurs pas la recherche d'un classement hiérarchisé et absolu des évènements majeurs mais vise davantage à proposer une méthode adaptée afin d'identifier les facteurs contribuant à leur caractère remarquable.

3.1.4. Une expérience pour vérifier la robustesse de la pondération utilisée

► **Présentation du plan d'expérience**

Les résultats de la grille sont par définition étroitement liés au choix de la pondération des indices. Afin de vérifier la justesse de celle-ci et conforter sa légitimité une expérience a été réalisée en changeant le facteur de pondération utilisé. Celui initialement choisi se fondait sur une augmentation des indices de chaque classe par un facteur de **2** [***1–2–4***]. Dans l'expérience, deux autres pondérations d'indices ont été utilisées. L'une s'appuie sur une pondération plus faible devant logiquement lisser le poids des indices de la classe forte et ainsi diminuer son importance. Elle repose sur un facteur de pondération de **1,5** et distingue trois classes [***1–1,5-2,25***]. L'autre pondération se fonde sur un facteur plus conséquent entre chaque classe et accentue le poids des classes fortes. Un facteur de **3** a été déterminé [***1–3–9***]. Nous partons du postulat qu'en appliquant cette nouvelle pondération, si les résultats de la grille ne changent pas ou varient dans une moindre mesure, alors celle initialement déterminée pourra être considérée comme robuste.

► **Résultats de la grille avec une nouvelle pondération (facteur 1,5)**

La Figure 11 et la Figure II.12 présentent les résultats de l'application de la grille avec une baisse du facteur de pondération à **1,5** et une augmentation à **3**. Pour faciliter la lecture du graphique, les scores totaux de remarquabilité ont été ramenés en pourcentage du score maximum possible.

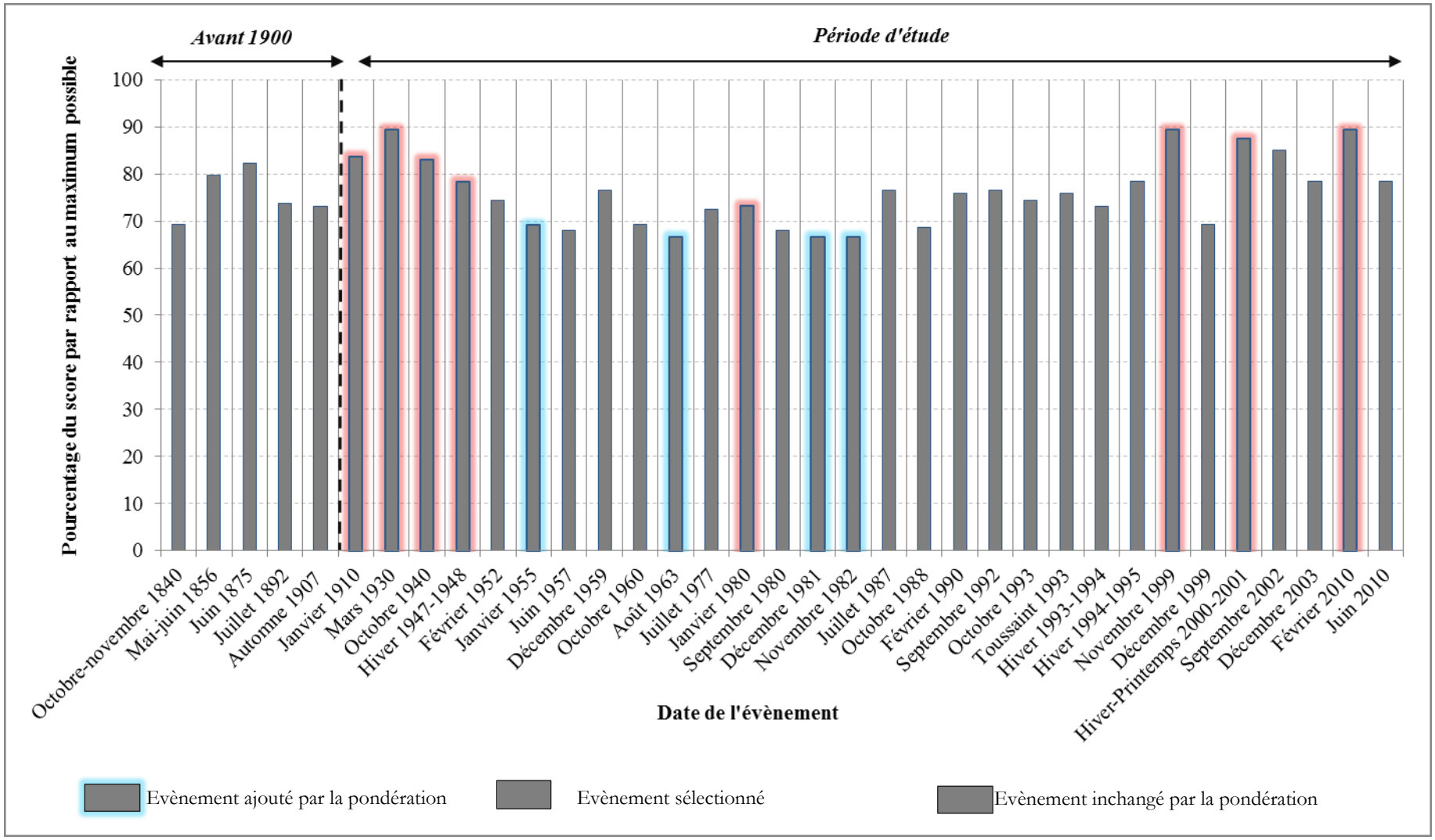


Figure 11 Résultats de la grille de lecture (facteur de 1,5 pour la pondération des indices)

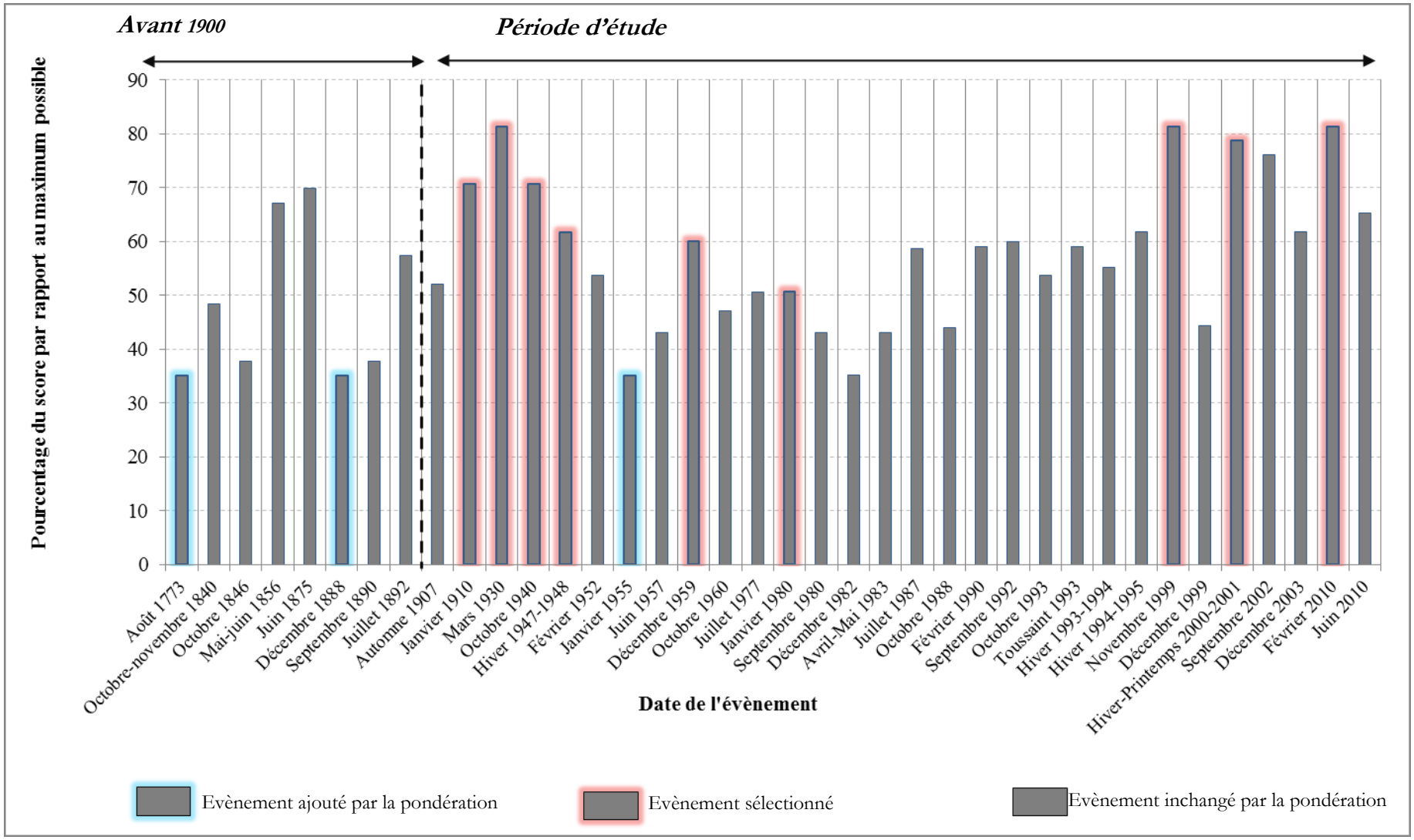


Figure II.12 Résultats de la grille de lecture (facteur de 3 pour la pondération des indices)

La majorité des évènements conserve sa place dans les nouveaux classements : 31 dans le premier cas (85%) et 35 dans le second (97%). Ce fort taux d'évènements demeurant stables dans le classement peut être jugé comme rassurant. Malgré ce constat des changements mineurs apparaissent. La Figure 11 illustre que quatre nouveaux évènements sont désormais intégrés à la liste. Il s'agit de :

- l'évènement lié à la crue de la Seine en **janvier 1955**,
- l'évènement associé à une succession d'épisodes orageux dans le Sud-Ouest de la France au début du mois d'**août 1963**,
- l'évènement issu des crues de l'Adour et de la Garonne en **décembre 1981**,
- l'évènement dû aux épisodes de tempêtes et d'inondations de début **novembre 1982**, qui ont impacté une large moitié sud de la France.

Ces « nouveaux » évènements remarquables correspondent à des inondations indubitablement marquantes pour la période d'étude et nous ne nous étonnons pas de leur intégration dans ce nouveau classement. L'évènement de janvier 1955 constitue par exemple la plus forte crue de la Seine ayant touché la ville de Paris au XXe siècle. Dans un même ordre d'idée, l'évènement de novembre 1982 est, selon Météo-France, « *l'un des plus formidables sur la moitié sud de la France sur ces 30 dernières années* ». L'intégration de ces nouveaux évènements au sein de la liste des évènements les plus remarquables résulte notamment de leur forte extension spatiale.

Dans la Figure II.12, trois évènements font également leur entrée dans le classement final. Il s'agit de :

- l'évènement d'**août 1773** correspondant à un épisode orageux intense dans les Côtes d'Armor,
- l'évènement de **décembre 1888** associé à des crues torrentielles et des glissements de terrain meurtriers dans la région de Corte en Corse,
- l'évènement de **janvier 1955** (déjà cité pour la Figure 11).

A l'inverse de la Figure 11, ces évènements (outre 1955) correspondent à des inondations antérieures au XXe siècle. Leur apparition dans le classement s'explique par l'accentuation du poids de la classe « forte ». En effet, les informations disponibles sur les évènements anciens ont souvent trait à leurs lourdes conséquences telles que les soixante cas de décès relevés durant l'épisode d'août 1773. Ces forts impacts expliquent d'ailleurs le fait que l'évènement demeure en mémoire et ait été intégré à la sélection initiale de l'EPRI.

A défaut de l'intégration de nouveaux évènements d'inondations, certains disparaissent par contre suite aux changements de pondération. Pour la Figure 11, il s'agit de :

- l'évènement correspondant aux inondations généralisées **d'octobre 1846** (Loire, Seine…),
- les inondations de **décembre 1982,** généralisées sur tout l'ouest de la France (plus précisément en Vendée et Charente),
- les inondations d'**avril-mai 1983**, liées à des débordements étendus à une grande partie des cours d'eau de l'Est français (rivières Vosgiennes, Marne, Saône, Doubs…),

- l'évènement associé aux inondations de l'**hiver 2001-2002** dans le Nord-Est (Meuse, Madon, Moselle…).

Dans la Figure II.12, seul l'évènement correspondant à l'hiver 2001-2002 disparaît de la liste des évènements remarquables. Ces évènements, « absents » suite au changement de pondération, ne peuvent pas être considérés comme moins remarquables que ceux faisant leur apparition dans la liste. Ils ont néanmoins été moins renseignés que les autres et figuraient dans la partie inférieure des évènements remarquables de la Figure II.9. Leur disparition peut également provenir d'une quantité d'information peu riche qui ne permet pas de « capter » totalement leur remarquabilité. Cet aspect illustre néanmoins la moindre exceptionnalité de ces évènements pour les critères sélectionnés en comparaison à celle d'évènements dont la position demeure inchangée.

► De faibles écarts dans la position des évènements de l'EPRI

Pour conclure, il est intéressant de noter que l'utilisation d'un facteur de pondération différent a surtout une incidence pour les évènements possédant les scores de remarquabilité les plus faibles dans la Figure II.9. La liste des évènements les plus remarquables montre des changements mineurs ce qui permet d'affirmer une première fois la robustesse de la pondération initialement choisie. Afin d'appuyer ce constat, il est nécessaire de revenir sur la position des 176 évènements en fonction de leur score de remarquabilité (Figure II.13).

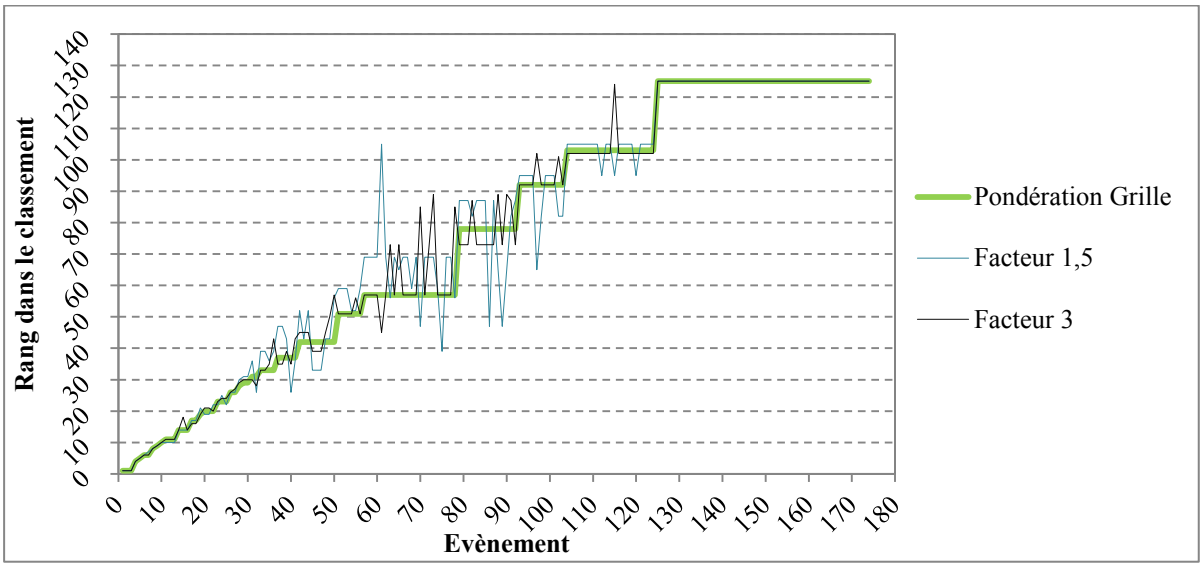


Figure II.13 Position des 176 évènements remarquables pour les trois facteurs de pondérations utilisés

La liste des 10 premiers évènements reste exactement la même pour les trois facteurs de pondération. Les 30 premières places montrent également une répartition uniforme entre les différentes applications de la grille : seuls quelques cas particuliers voient leur position modifiée à la marge, en fonction du poids accordé aux différentes classes. A partir de ce seuil de la 30e place des écarts sont néanmoins relevés. Ces derniers deviennent parfois significatifs au fur et à mesure que le rang est élevé, en particulier avec un facteur de pondération de 1,5. C'est par exemple le cas pour l'évènement de juillet 1875 correspondant à l'inondation de la Touques dans la région de Lisieux. Ce dernier, qui était placé à la 61e position avec un facteur

de pondération de 2, se retrouve à la 105e place avec une pondération de 1,5. Cet écart de classement peut s'expliquer par la plus faible importance accordée à la classe forte. Cette inondation de juillet 1875 s'illustrait dans le classement en raison du poids de deux critères tous deux associés à la classe forte et un indice de 4, à savoir :

- **les facteurs d'aggravation de l'aléa.** Des nombreux effets d'embâcles et débâcles avaient été recensés durant l'évènement en particulier à cause du rôle néfaste de meules de foins transportées par les eaux : « *Un ingénieur rapporte le fait qu'un mur établi en travers de la partie haute de la vallée était percé d'une ouverture de 1.20 m sur 0.8 m pour le passage des eaux ; un bouchon de foin arrêtant celles-ci, le niveau s'éleva à deux mètres en amont du mur et un véritable torrent se précipita bientôt par une brèche de 50 m de largeur. Il fondit sur le village de St-Paul-de-Courtonne et y produisit les plus grands désastres* » (Lechalas, 1884).
- **le nombre de victimes.** Au moins 11 personnes avaient péri durant l'inondation, la ville de Lisieux étant le théâtre de 7 décès, et 4 personnes s'étant noyées dans le village de Glos, situé non loin de là (Le Monde Illustré, 17/07/1875).

Seuls ces deux indicateurs ont été renseignés pour cet évènement sur lequel nous restons par ailleurs ignorants. Or comme la pondération 1,5 atténue le poids de la classe forte, ces critères ont moins de poids, menant à la rétrogradation de l'inondation de juillet 1875 dans le classement.

Malgré l'exemple de 1875 et le constat de certains écarts dans la position des évènements, la visualisation de la position des évènements remarquables dans le classement permet d'attester de la robustesse de la pondération. En effet, l'intérêt de notre étude réside dans l'identification des évènements les plus remarquables qui ne sont pas, ou peu affectés par le changement de pondération.

3.2. Sélection de 9 cas d'étude parmi les évènements remarquables d'inondation

3.2.1. Une sélection pour appréhender en détail la remarquabilité

Sur la base des critères sélectionnés la grille de lecture a permis de mettre en évidence les évènements les plus remarquables d'inondations de la sélection de l'EPRI. Considérés comme objectifs et répondant aux critères d'une approche rétrospective et comparative, ces indicateurs génériques ne caractérisent toutefois qu'une partie de ces évènements d'inondation. Les évènements remarquables, assimilables à des catastrophes, demeurent à ce titre des évènements singuliers avant tout (Langumier, 2006, Revet, 2010), ce qui dénote la nécessite de recourir à une analyse plus approfondie. Selon Décamps (1994), cette étape est essentielle afin de comprendre l'origine des conséquences imputables aux inondations: « *Tout nous pousse en effet à l'analyse approfondie et particulière d'évènements singuliers: la variabilité des phénomènes hydrologiques, leur relative imprévisibilité, leur complexité, leur portée incalculable au plan humain.* » Suite à cette constatation, une phase de sélection a conduit à retenir 9 cas d'étude figurant parmi les 36 évènements distingués par la pondération des critères. L'objectif de cette nouvelle sélection est notamment l'identification d'un panel d'évènements représentatifs

du risque d'inondation en France. Ces évènements seront par la suite étudiés à travers des monographies détaillées sur chacun des aspects contribuant à la remarquabilité et préalablement identifiés par les critères de la grille de lecture.

3.2.2. Liste des évènements retenus et brève présentation

Au total 9 évènements d'inondations remarquables ont donc été retenus comme cas d'étude. Nous proposons ici un bref récapitulatif de leurs principales caractéristiques, par ordre chronologique.

► **Les inondations de janvier 1910 sur la Seine et le Doubs**

Le premier évènement sélectionné correspond aux inondations de janvier 1910. Cet évènement est surtout connu pour être la crue de référence de la Seine à Paris (avec une période de retour estimée à 100 ans). Fait moins connu, il a cependant impacté une grande moitié nord du territoire Français. Des inondations exceptionnelles sont par exemple relevées le long des affluents du Rhin (Schneider, 1997), dans la Saône ou encore sur l'Ain (Pardé, 1925). Il s'agit également de l'inondation la plus forte connue sur le bassin versant du Doubs (et la seule qui ait envahi la quasi-totalité du centre-ville de Besançon) sur lequel se focalise en particulier notre étude.

Photo II.1L'inondation de janvier 1910 dans les rues de Besançon (Source : DREAL Doubs)

► Les inondations de mars 1930 sur le Tarn et la Garonne

Les inondations de mars 1930 sont à l'origine d'un évènement indubitablement exceptionnel sur le bassin du Tarn et de la Garonne tant en termes d'aléa que de dommages. L'ensemble du bassin du Tarn est touché par des crues dont les périodes de retour dépassent significativement 100 ans. Les dommages engendrés (économiques mais également humains) contribuent à rendre cet évènement comme l'un des plus dommageables qu'ait connu le territoire français au XXe siècle. De nombreuses villes et villages du Tarn-et-Garonne, tel Montauban (Photo II.2), sont en quasi-totalité détruits par des inondations dont l'intensité demeure à ce jour inégalée.

Photo II.2 Le quartier de Sapiac à Montauban après les inondations de mars 1930
(Source : fonds photographique DDE82)

► Les inondations d'octobre 1940 dans les Pyrénées-Orientales

Cet évènement, localement nommé l'*Aiguat del 40*, est principalement centré sur les bassins versants des fleuves côtiers du département des Pyrénées-Orientales (Tech, Têt, Agly). Il est généré par un épisode pluvieux de forte intensité qui a fait l'objet de nombreuses études scientifiques (il détient notamment le record européen de pluie en 24 heures avec 1000 mm). En termes de dommages, l'évènement d'octobre 1940 est également à l'origine de conséquences catastrophiques pour les populations impactées, en particulier pour les villages d'Arles-sur-Tech ou Amélie-les-Bains pour le Tech (cf. Photo 3) ou Vernet-les-Bains sur le Cady, affluent de la Têt, avec d'importantes destructions et de nombreux décès (57).

Photo II.3 Le casino d'Amélie-les-Bains, détruit par les crues du Tech d'octobre 1940
(Source : L'Illustration, n° 5097, p. 260)

► Les inondations du Nord-Est en décembre 1947- janvier 1948

Les inondations de l'hiver 1947 – 1948 figurent comme l'évènement le plus remarquable qu'aient connu les bassins de la Moselle, de la Meuse et de la Meurthe selon la grille de lecture. A Metz, les hauteurs d'eau surpassent celles atteintes à l'occasion des crues d'avril 1983 et décembre 1919, autres inondations de référence sur ce cours d'eau (Photo II.4). Engendré par un épisode océanique de forte intensité, l'évènement endommage fortement et durablement les grands centres urbains industriels de la vallée de la Moselle (Est Républicain, 1948). L'ampleur des dommages et l'intensité de la crue ont été accentuées par le contexte temporel dans lequel s'inscrit l'évènement (juste après la Seconde Guerre Mondiale qui a profondément endommagé les territoires de l'Alsace et de la Lorraine), ce qui contribué notamment à de fortes répercussions médiatiques autour des « *sinistrés des inondations* ».

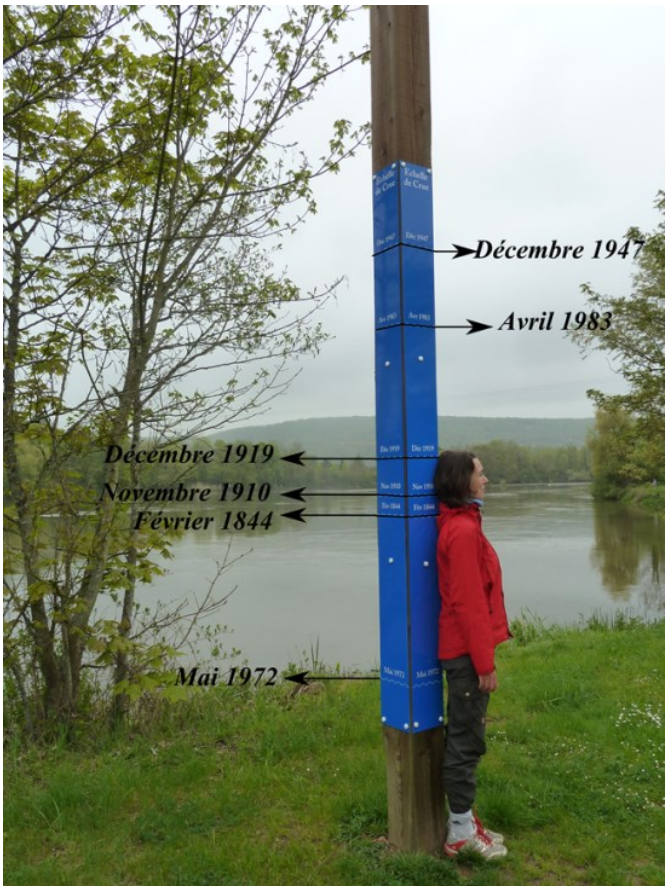


Photo II.4 Niveau des principales crues de la Moselle sur un repère à Metz (Photo Laura Gatelle - 2015 ©)

► La rupture du barrage de Malpasset, 2 décembre 1959

L'évènement lié à la rupture du barrage de Malpasset engendre la plus grande catastrophe d'ingénierie civile qu'ait connue le XXe siècle en termes de coût et de victimes. La ville de Fréjus est alors pratiquement rasée par le passage de la vague, engendrant de nombreux décès (estimés à plus de 424). Il s'agit du seul exemple de rupture de grand barrage qu'ait connu la France au XXe siècle. Il a été à l'origine de nombreux bouleversements tant du point de vue politique, social que scientifique. De grands débats sur la sûreté des barrages ont suivi la catastrophe.

Photo II.5 Le quartier des arènes de Fréjus après le passage de la vague
(Source : Donnat, 1990)

► Le cyclone Hyacinthe, janvier 1980

Le cyclone Hyacinthe, également surnommé « L'avalasse Hyacinthe » s'illustre comme le seul évènement des DOM présent dans la liste des évènements les plus remarquables (Photo II.6). Il correspond à un épisode d'inondations généralisé à l'ensemble de l'île de La Réunion, à l'origine d'un endommagement conséquent pour les infrastructures et un nombre non-négligeable de victimes (25). La singularité du cyclone réside, comme nous le verrons par la suite dans sa genèse météorologique, profondément atypique pour un phénomène cyclonique: il s'attarde en effet près de 13 jours sur l'île, précipitant des cumuls figurant toujours comme des records mondiaux.

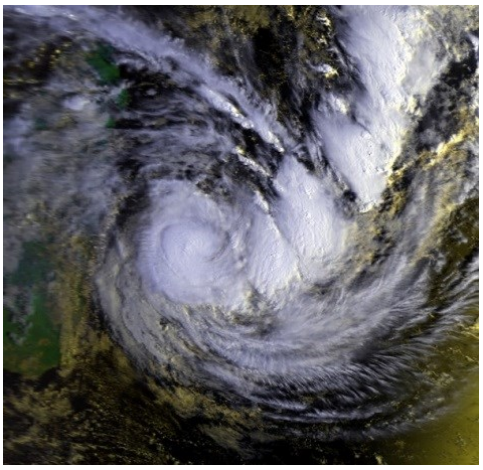


Photo II.6 Imagerie satellite du cyclone Hyacinthe la journée du 25 janvier 1980
(Source : http://www.class.noaa.gov/)

► Les inondations de novembre 1999 dans le Languedoc

Parmi les évènements récents sélectionnés figurent les inondations de novembre 1999. Celles-ci ont principalement touché le bassin versant de l'Aude et dans une moindre mesure celui du Tarn. Les crues des affluents Audois tels que l'Orbiel, la Cesse, ou l'Argent-Double atteignent une intensité exceptionnelle et des périodes de retour dépassant parfois 100 ans. En termes de dommages, l'évènement figure au 5ème rang des plus coûteux depuis la mise en place de la procédure CatNat. De nombreuses voies de communications sont détruites. La voie ferrée Narbonne-Toulouse déjà emportée en 1930 et 1940 est par exemple à nouveau détruite au droit la commune de Sallèles d'Aude (PhotoII.7). A une échelle plus large, l'évènement suscite de nombreux débats autour des politiques de gestion du risque inondation.

PhotoII.7 Remblai de la voie ferrée emporté par la crue de l'Aude à Sallèles d'Aude (Source : EGIS Eau, rapport AZI DREAL LR)

► Les inondations de l'hiver 2000-2001 dans la Somme

L'évènement de 2000-2001 caractérise des inondations étendues à une grande moitié Nord de la France. Celles-ci concernent tout d'abord la Bretagne qui subit trois épisodes majeurs durant l'automne. L'évènement est cependant surtout remarquable pour ses impacts dans la vallée de la Somme sur laquelle nous nous attardons ici. Celle-ci est en effet touchée par des phénomènes de remontées de nappe d'une exceptionnelle durée (supérieure à plusieurs mois). Cet évènement est marqué par la présence de la « rumeur d'Abbeville », initiée par les habitants dans une optique de recherche de responsabilités. Cette rumeur constitue l'un des éléments clés de la catastrophe et a contribué aux nombreuses réactions politiques et scientifiques qui ont fait suite à l'inondation.

Photo II.8 Plaine de Roussent lors des inondations de l'hiver 2001 (Source : Diren NPC)

► Les submersions marines de la tempête Xynthia en Charente-Maritime et Vendée, février 2010

Le dernier évènement remarquable retenu est celui de février 2010 associé aux submersions marines de la tempête Xynthia. La conjonction de la tempête avec de fortes marées d'équinoxe a en effet engendré de nombreuses submersions souvent catastrophiques. C'est en particulier le cas dans les pertuis charentais et vendéens et notamment dans la commune de la Faute-sur-Mer, inondée en quasi-totalité par la mer (Photo II.9) et où sont recensées 29 des 41 victimes par submersion. Ces inondations sont la source de nombreuses conséquences économiques et ont généré de vives réactions de la part de la population et des pouvoirs politiques, initiant en particulier de nouveaux débats sur la gestion des risques en France.

Photo II.9 La Faute-sur-Mer inondée suite à la tempête Xynthia (Source : Crédit photo PQR/Ouest France)

3.2.3. Score de remarquabilité atteint par les 9 évènements

Pour sélectionner les cas d'étude, nous nous sommes fondés dans un premier temps sur l'observation des scores de remarquabilité atteints suite à l'application de la grille. Les évènements choisis figurent dans la partie haute du classement de la Figure II.9. La Figure II.14 représente une analyse plus fine centrée sur les évènements sélectionnés. Les scores de remarquabilité de ces derniers varient d'un minimum de 20 (correspondant au cyclone Hyacinthe de janvier 1980) jusqu'à 29 (mars 1930, novembre 1999 et février 2010) qui correspond au maximum obtenu sur les 176 évènements de l'EPRI. Parmi les différents axes, des différences notables s'affichent. Des évènements possèdent la valeur maximale sur l'axe de gravité à savoir 14. Il s'agit de mars 1930, octobre 1940, décembre 1959 et février 2010. En matière d'intensité de l'aléa, aucun évènement n'atteint le score de 12, correspondant au maximum possible. L'évènement de 2000-2001 dans la Somme possède un score de 10 tandis que celui des autres évènements varie entre 7 et 9. Concernant l'extension spatiale les résultats sont très variables : Malpasset (décembre 1959) et Hyacinthe (janvier 1980) désignent des évènements intervenant sur un territoire restreint, avec un score minimum de 2. Au contraire, janvier 1910 et l'hiver 2000-2001 atteignent une valeur équivalente à 8 ce qui témoigne bien de leur caractère généralisé.

Cette première analyse, effectuée à partir des scores de remarquabilité au niveau global et sur chacun des trois axes (intensité, gravité, extension spatiale), va maintenant être affinée en prenant en considération d'autres éléments.

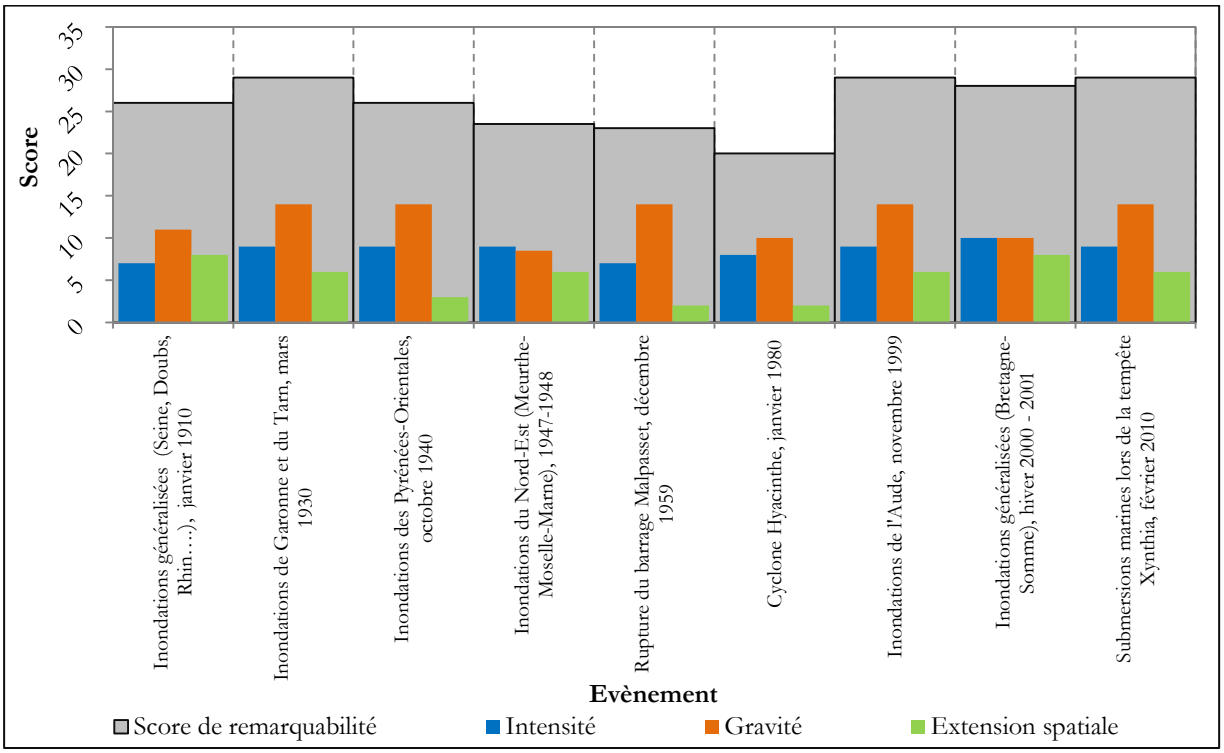


Figure II.14 Score de remarquabilité et décomposition par axes des 9 cas d'étude sélectionnés

3.2.4. Les partis-pris de la sélection finale : l'importance de la spatio-temporalité

► Une homogénéité chronologique

Plusieurs raisons doivent être évoquées afin de justifier la sélection des neuf évènements remarquables précédemment cités. La sélection s'est tout d'abord effectuée dans un souci d'homogénéité temporelle. Nous voulions en effet posséder un échantillon représentatif du XXe siècle et ne pas favoriser une période en particulier. Il était important de respecter à ce titre une certaine parité entre des évènements récents et anciens. La répartition chronologique de la sélection respecte dans cette optique une homogénéité temporelle, avec 4 évènements antérieurs à 1950 et 5 postérieurs à cette période.

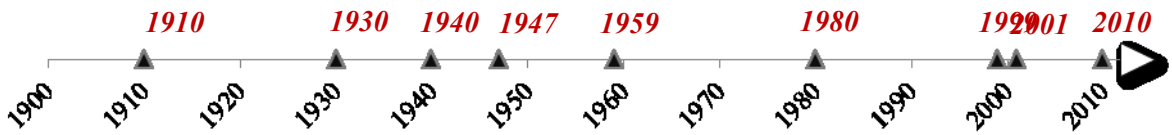


Figure II.15 Répartition chronologique des neuf évènements sélectionnés (XXe siècle)

► Une cohérence spatiale

L'un des enjeux de cette sélection était d'avoir une vision générale des principales inondations dommageables ayant touché le territoire français (métropole et DOM) de façon à identifier celles qui sont susceptibles d'engendrer le plus de répercussions. Face à ce constat, il est rapidement apparu que notre échantillon d'évènements devait également respecter une homogénéité spatiale et couvrir, si ce n'est l'ensemble des districts, au moins plusieurs d'entre eux. L'objectif pouvant à terme permettre l'identification des facteurs de remarquabilité des inondations et d'en tirer des enseignements à l'échelle de la gestion des risques en France. La sélection des évènements s'est faite de façon à respecter ces éléments de contexte. La Figure II.16 présente la localisation approximative des cas d'étude.

Tous les districts sont affectés par les inondations choisies, de manière plus ou moins directe : l'évènement de 1947-1948 est par exemple centré sur le district Rhin-Meuse tandis que Xynthia en 2010 est situé sur le littoral charentais, à cheval sur les districts Loire-Bretagne et Adour-Garonne. Seul le district Seine-Normandie n'est appréhendé qu'indirectement via des inondations généralisées (1910 et 2000-2001). A l'instar de la sélection initiale, le district RMC est davantage représenté : 4 évènements touchent (au moins en partie) ce district (1910, 1930, 1940, 1959 et 1999). Ce plus grand nombre d'évènements est cependant justifiable par le caractère souvent catastrophique que revêtent les inondations dans ce district, en particulier dans les régions méditerranéennes marquées par les inondations cévenoles. L'événement d'inondation associé au cyclone Hyacinthe en janvier 1980 a été « repêché », malgré un score global de 21 dépassé par 19 événements depuis 1900 (dont les 8 autres événements retenus). Il s'agit en effet du plus fort événement dommageable recensé sur les DOM au XXe siècle, en excluant deux cyclones anciens (sept. 1928 sur la Guadeloupe avec 1200 morts, et janv. 1948 sur la Réunion avec 165 morts) pour lesquels très peu d'informations avaient été réunies. Le cyclone Hyacinthe possède en outre les records mondiaux de précipitation cumulée sur 10 à 15 jours.

La sélection des évènements respecte *in fine* une homogénéité spatiale entre les différentes unités administratives utilisées par l'EPRI. Si, comme nous le verrons par la suite, cette sélection n'est pas exhaustive, le critère spatial revêt néanmoins une certaine importance dans la sélection et méritait d'être évoqué.

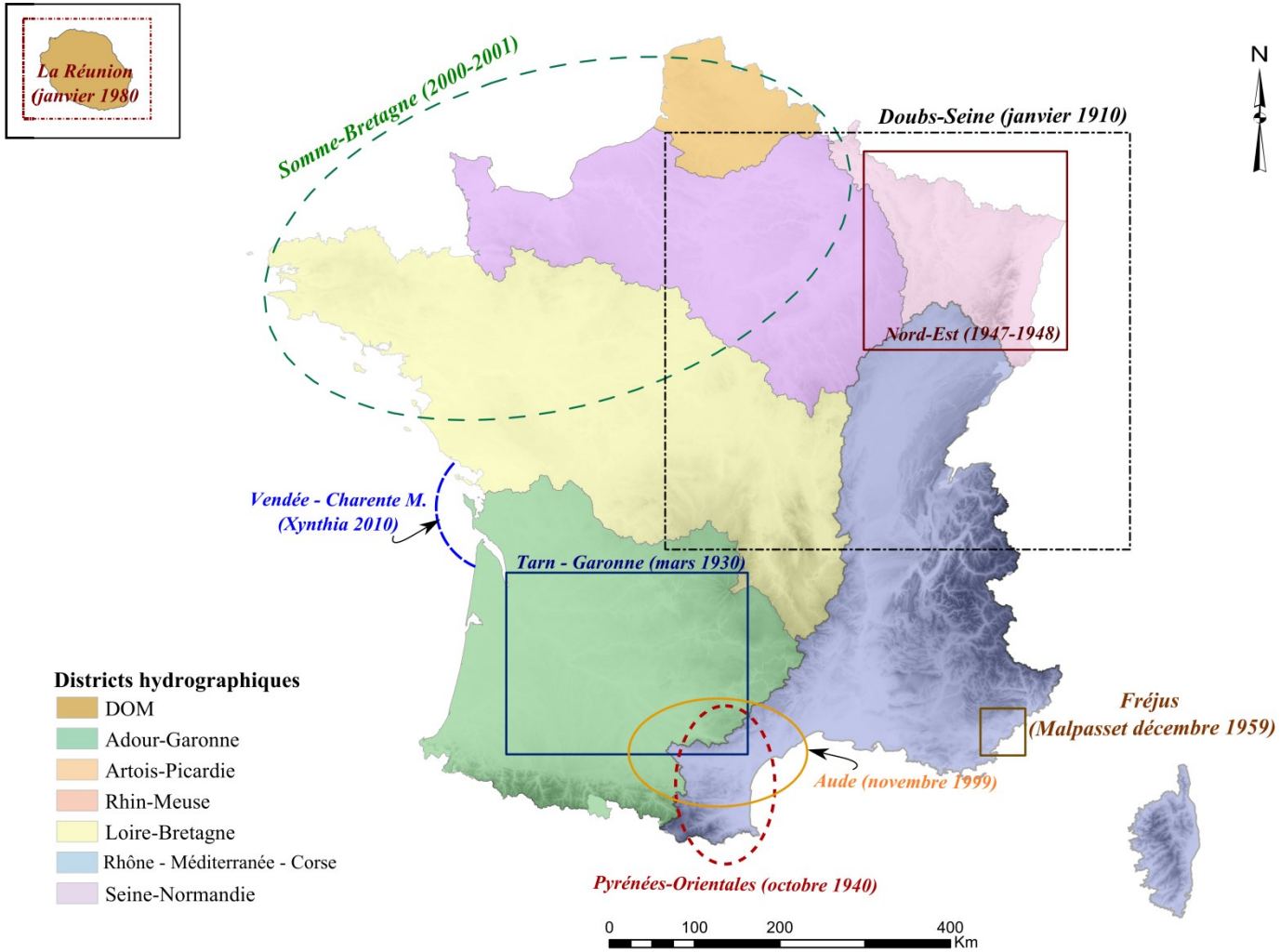


Figure II.16 Localisation approximative des 9 cas d'étude

3.2.5. Une diversité d'aléas

La diversité des types d'inondations a enfin été prise en compte de façon à disposer d'une sélection représentative des principaux phénomènes rencontrés en France. La sélection comporte 6 évènements principalement définis par des débordements de cours d'eau (1910, 1930, 1940, 1947, 1980 et 1999). Un évènement correspond à un phénomène de submersion marine (2010), un autre à des phénomènes de remontées de nappe (2001) et un dernier à une rupture d'un ouvrage artificiel (1959). Tous les types d'inondation sont ici représentés à l'exception de crues résultant uniquement d'un ruissellement de surface (telles que les inondations de Nîmes en 1988 ou septembre 2000 à Marseille) ou encore de la rupture d'une poche glaciaire (représentée dans la sélection initiale par l'inondation de juillet 1892 à Saint-Gervais).

En terme de typologie de crue, trois évènements sont des crues à cinétique lente (1910, 1947, 2000-2001). La majorité correspond cependant à des crues rapides (1940, 1959, 1980, 1999, 2010). Certains évènements de nature extensive peuvent toutefois être considérés comme mixtes et rentrent difficilement dans une catégorie en particulier. Il s'agit par exemple de l'inondation de mars 1930 avec une montée des eaux supérieure à 6 heures dans la partie aval des bassins versants et à l'inverse des crues rapides voire « éclairs » dans la partie amont (temps de montée inférieur à 2 heures).

Concernant la genèse hydrométéorologique des phénomènes, la sélection montre également une certaine parité entre évènements associés à des épisodes pluvieux océaniques (1910, 1947, 2001, 2010) et méditerranéens (1930, 1940, 1959, 1999). Seul l'exemple de Hyacinthe en janvier 1980 se distingue par une genèse spécifique liée à un épisode cyclonique.

Respecter la diversité des types d'inondation a été une de nos préoccupations lors de la sélection des cas d'étude. Le choix de l'évènement de 2000-2001, seul exemple de remontées de nappe « majeur » connu du XXe siècle, a ainsi été motivé par la singularité de ce type de submersion. En tant que seul exemple de rupture de barrage en France, il était également intéressant d'intégrer l'évènement de Malpasset (1959) dans la sélection finale. Un constat similaire a en partie justifié le choix des submersions marines de Xynthia (2010). Le choix des 9 évènements a donc pu être effectué en fonction de leurs singularités physiques même si ces particularités ne doivent pas être considérées comme raison principale de leur sélection. Leurs dommages et conséquences ont été également importants. Les cas d'étude mentionnés ici ne sont pas moindres en termes de degré de remarquabilité comme l'illustre leur position au sein du classement de la Figure II.9. Le nombre de décès imputable à la rupture du barrage de Malpasset ou aux inondations de mars 1930 est ainsi un autre facteur explicatif de leur sélection comme cas d'étude.

3.2.6. Une sélection orientée vers des évènements peu étudiés

La décision de sélectionner certains évènements s'est parfois confrontée à des choix difficiles sur lesquels il convient de revenir. Le choix entre des évènements méditerranéens, largement représentés dans la liste des évènements d'inondations les plus « remarquables », s'est à cet égard révélé particulièrement complexe. En ce sens, la sélection de l'évènement de novembre 1999, réalisée au détriment de l'évènement de Vaison-La-Romaine en 1992, peut par exemple être questionnée et discutée. Ce dernier évènement a en effet causé 49 décès faisant de cette inondation la plus meurtrière qu'ait connue la France depuis la rupture du barrage de Malpasset en 1959 (423 décès). L'inondation de novembre 1999 a, quant à elle, causé moins de victimes (35) et ses répercussions socio-politiques sont passées quelque peu inaperçues car s'inscrivant dans une période marquée par une succession d'évènements catastrophiques (Tempêtes de décembre 1999, Somme et Bretagne en 2000-2001, Gard en Septembre 2002, Rhône en décembre 2003). En regard à ces aspects le choix de novembre 1999 plutôt que septembre 1992 peut donc être critiqué. Cependant, l'évènement de novembre 1999 a fait l'objet de moins de travaux scientifiques qui celui de septembre 1992. Il paraissait en effet difficile de s'extraire totalement des travaux menés à propos de l'inondation de Vaison-la-Romaine et ainsi d'acquérir une vision neutre de cet évènement déjà maintes fois traité et fréquemment repris par les médias.

Dans une logique similaire, la décision a été prise de centrer notre analyse sur certains territoires en particulier pour des évènements caractérisés par une forte extension spatiale. Il s'agit par exemple des inondations de janvier 1910 et de 2000-2001, tous deux étendus à une grande partie de la France. Le fait de centrer notre analyse de janvier 1910 sur le bassin du Doubs plutôt que celui de la Seine peut paraître surprenant aux yeux du lecteur. En effet, l'inondation de la Seine de janvier 1910 étant susceptible d'engendrer des dommages économiques sans précédent (OCDE, 2014) elle aurait pour cette raison méritée d'être étudiée. Toutefois, pour cet évènement encore, de nombreux travaux ont été initiés ou sont en cours, souvent dans le cadre d'une gestion prospective des impacts d'une inondation similaire en termes d'aléa. Les évènements qui ont touché les cours d'eau du nord-est de la France tel que les affluents du Rhin ou le Doubs demeurent à l'inverse peu appréhendés malgré leur caractère exceptionnel (Martin *et al.*, 2011). Bien que les répercussions socio-politiques de l'évènement soient indissociables de celles de Paris, cette raison nous a mené à nous centrer principalement sur le Doubs. Le choix de se concentrer sur le bassin de la Somme pour les évènements de 2000-2001 s'est quant à lui principalement fondé sur le type particulier de l'aléa, raison déjà évoquée auparavant (section 3.2.5). La présence d'une rumeur tenace explique également cette décision, dont l'importance a par ailleurs été confortée par la monographie de l'évènement (Annexe 7).

3.2.7. Un échantillon demeurant incomplet

Nous avons pu voir que la sélection des cas d'étude s'est reposée sur deux étapes :

- une première sélection de 36 événements remarquables parmi les 176 événements d'inondation retenus pour l'EPRI 2011 à partir d'une grille de lecture selon trois critères (intensité, gravité, extension spatiale),
- une seconde sélection de 9 événements intégrant des critères complémentaires : homogénéité chronologique, couverture spatiale de l'ensemble du territoire et diversité des typologies (genèse météo, cinétique de crue, mode de submersion).

Cette deuxième sélection n'intègre cependant pas d'évènement associé à des grandes inondations fluviales telles que celles du Rhône en décembre 2003 (l'évènement de janvier 1910 étant en effet centré sur le Doubs, et celui de mars 1930 touchant principalement le bassin du Tarn). Notre analyse ne comporte pas non plus d'évènements liés à une succession d'inondations durant une brève période comme durant l'automne 1907 dans le Languedoc. Ces évènements liés à une série d'épisodes sont pourtant capables de générer d'importants impacts et faire l'objet de nombreuses réactions tant politiques que médiatiques comme l'ont démontré les récentes inondations de l'automne 2014 dans l'Hérault. Pour finir, aucun exemple correspondant à une inondation torrentielle dans un bassin versant de haute-montagne (tel que l'inondation du Grand-Bornand en juillet 1987) ne figure par ailleurs dans l'échantillon retenu. Enfin, bien que l'ensemble des districts hydrographiques soient directement touchés par au moins un évènement remarquable sélectionné, certaines zones du territoire ne sont pas approchées par notre étude. Certains fleuves majeurs pouvant générer de grandes inondations n'ont pas été abordés. C'est par exemple le cas de la Loire dont les dernières inondations remontent à une période antérieure à notre période d'étude, mais également de l'Adour, pourtant le théâtre de nombreuses inondations dommageables au XXe siècle (comme en février 1952).

L'ensemble de ces points souligne la nécessité d'intégrer à terme d'autres évènements dans l'analyse. Le fait de retenir 9 cas d'étude a été subjectif et en partie conditionné par le respect des délais impartis pour réaliser le travail de thèse. La sélection effectuée s'articule néanmoins sur une certaine logique et a fait l'objet d'une réflexion qui n'a pas été pas uniquement fondée sur les résultats de la grille de lecture. Nous partons du postulat qu'elle couvre une palette conséquente et diversifiée d'évènements d'inondation, suffisante pour apprécier les raisons de leur caractère remarquable à travers la rédaction de monographies.

4. Retour sur les intérêts d'une grille de lecture pour la sélection d'évènements remarquables

4.1. Une démarche multidisciplinaire et originale

L'intérêt de l'approche développée pour réaliser la grille de lecture révèle avant tout l'originalité de notre démarche. Celle-ci s'est articulée autour de la prise en compte d'indicateurs relatifs à l'aléa, aux dommages et aux répercussions socio-politiques et médiatiques, aspects généralement délaissés par les échelles de classification des évènements catastrophiques. La démarche employée se révèle dans cette optique comme multidisciplinaire et associe à la fois des indicateurs des sciences de la nature et de l'ingénieur (période de retour des pluies ou des débits, durée de submersion…) mais également des indicateurs relevant du registre économique et social (dommages, répercussions…). La grille de lecture permet ainsi de s'affranchir du déterminisme naturel par lequel est souvent analysée l'inondation et vise à ce titre à renouer avec la complexité de l'inondation et l'apprécier, non pas en tant que simple processus dommageable, mais comme révélatrice d'une rupture pour la société. Bien entendu les critères développés peuvent et doivent à terme être critiqués. L'évènement remarquable ne peut toutefois pas se résumer à une somme de critères dans le cadre d'une approche systémique. Des travaux visant à identifier d'autres indicateurs, jugés plus pertinents peuvent par ailleurs être déployés de façon à améliorer la méthodologie développée ici. L'un des enjeux consiste notamment à développer des indicateurs devant permettre l'intégration d'évènements survenant dans des contextes temporels singulièrement différents tels que ceux de la seconde moitié du XIXe siècle.

4.2. Une méthodologie adaptée à la nature de l'évènement

L'un des intérêts de la grille de lecture transparaît par ailleurs dans l'intégration d'évènements figurant sur diverses échelles spatio-temporelles et possédant des aléas de diverses natures. Les résultats de la grille de lecture mettent en avant cette diversité et révèlent ainsi son intérêt de la grille de lecture pour mener à bien une démarche comparative et rétrospective visant à classifier les évènements d'inondation. Ces résultats sont confortés par la pondération de la grille de lecture qui peut être jugée comme robuste selon l'expérience réalisée (changements de pondérations). L'ensemble de ces aspects légitime la méthodologie utilisée qui permet de proposer une visualisation des évènements les plus remarquables d'inondation qu'ait connus la France au XXe siècle. L'analyse a toutefois montré qu'il est important de conserver un regard critique sur les résultats apportés par l'application de la grille de lecture. Ces derniers doivent notamment être mis en regard des contraintes inhérentes à l'analyse rétrospective

avec une disponibilité variable des sources d'information ainsi qu'aux limites de l'exploitation du jeu de données initiales issu de la sélection de l'EPRI de 2011. Si la sélection d'évènements remarquables offre une opportunité indéniable pour apprécier la remarquabilité et la catastrophe, sa démarche s'appuie également sur une volonté politique et doit faire l'objet d'un recul critique.

4.3. Des cas d'étude pour comprendre la catastrophe et souligner l'apport d'une étude d'inondations passées

Le choix des critères pour la production de la grille de lecture autorise une première définition de la remarquabilité d'un évènement d'inondation et permet la classification des évènements de l'EPRI de 2011. Les résultats demeurent néanmoins limités pour comprendre en détail les facteurs explicatifs de la remarquabilité d'un évènement. En effet, la remarquabilité se résume ici à une liste de critères qui n'autorise pas la compréhension du processus menant à la distinction de l'évènement par la société. Ces critères cachent des réalités et des dynamiques spécifiques à l'évènement en question, pouvant parfois différer sensiblement. Pour ces raisons, il a été nécessaire d'effectuer une deuxième sélection en identifiant des cas d'étude. Celle-ci, bien que foncièrement incomplète, offre un second niveau d'analyse sur notre objet d'étude. Les évènements jugés les plus pertinents et représentatifs du risque d'inondation en France y sont retenus. L'objectif réside alors dans la réalisation d'une analyse approfondie en replaçant l'évènement dans ses propres dynamiques et caractéristiques spatio-temporelles. L'approche monographique s'avère pour ce faire une voie intéressante que nous avons retenue.

Synthèse du chapitre II

De façon à pallier l'absence de classification existante pour distinguer les évènements remarquables d'inondation, nous avons proposé l'établissement d'une grille de lecture.

Un retour sur les évènements sélectionnés dans l'EPRI de 2011 a tout d'abord été effectué. Celui-ci a mis en lumière les limites du jeu de données initial mais également l'opportunité qu'il représente dans le cadre de cette thèse visant à comprendre le caractère remarquable d'une inondation.

La méthodologie utilisée pour l'établissement de la grille de lecture est par la suite détaillée. Celle-ci se compose de trois principaux axes à savoir :

- Intensité hydrométéorologique ;
- Gravité des dommages et des répercussions ;
- Extension spatiale des dommages.

Ces différents axes de remarquabilité, chacun associés à une série de critères, ont été reliés à des classes d'indices. Le renseignement des critères de la grille offre un premier cadre de comparaison entre les 176 évènements de l'EPRI, classés selon leur score de remarquabilité.

La visualisation des résultats a permis de voir que la grille répond aux enjeux de la sélection de l'EPRI en intégrant des évènements de nature et de spatio-temporalité diverses, et en alliant à la fois des données quantitatives et qualitatives. La pondération des indices a par ailleurs été testée de façon à juger de sa robustesse, ce qui a conforté celle utilisée dans la thèse. Malgré certaines limites, en lien avec le caractère politique de la sélection initiale, les résultats ont autorisé l'identification de 9 cas d'étude parmi les 10 % d'évènements les plus remarquables. Il s'agit des inondations de :

- janvier 1910 sur la Seine et sur le Doubs ;
- mars 1930 sur le Tarn et la Garonne ;
- octobre 1940 dans les Pyrénées-Orientales ;
- décembre 1947 – janvier 1948 en Alsace-Lorraine ;
- janvier 1980 à la Réunion ;
- novembre 1999 dans l'Aude ;
- l'hiver 2000-2001 dans la Somme ;
- février 2010 en Charente-Maritime et Vendée.

Chapitre III. Une illustration de la monographie : l'évènement de mars 1930

Photographie Chapitre III « *Le Faubourg Sapiacou à Montauban après la crue* », mars 1930 – Source : Pardé, 1930, fonds photographique DDT82.

Introduction du chapitre III

Les études hydrologiques d'inondations produites par Pardé, assimilables à des monographies, demeurent à l'heure actuelle une riche source d'informations sur les évènements passés et sont à ce titre reprises dans de nombreux documents de gestion du risque. Ce type de document reste cependant rare à l'échelle des inondations répertoriées par l'EPRI de 2011. Les analyses se focalisent bien souvent sur un seul des aspects de l'inondation et offrent finalement une vision segmentée des évènements passés (chapitre I, section 3.1.). Pour pallier cette limite soulevée par la Directive, l'outil monographique est ici interrogé. La monographie permet-t-elle d'acquérir une vision holistique de l'évènement d'inondation ? Constitue-t-elle un cadre pour une étude comparative d'évènements de natures et temporalités différentes ?

La monographie possède de nombreux avantages pour mener une étude géographique selon Bertrand et Bertrand (2002). Alliant une dimension spatiale et globale et s'insérant dans un cadre multidisciplinaire, elle représente un matériau privilégié pour l'étude d'écosystèmes. En raison de ces points forts, l'outil monographique a été sollicité pour réaliser des synthèses sur les neuf cas d'étude sélectionnés suite à l'application de la grille de lecture. En s'attachant au cas singulier ce document représente, dans la logique de l'analyse systémique, une étude de sous-système visant à comprendre la finalité du système à savoir ici l'évènement remarquable d'inondation. Ce chapitre propose une illustration de la monographie réalisée à propos des inondations de mars 1930 principalement centrées sur les bassins du Tarn et de la Garonne. Cet exemple permet-il de juger que la monographie constitue une méthodologie multidisciplinaire adaptée pour caractériser la remarquabilité d'une inondation ? Mérite-t-elle à ce titre d'être valorisée auprès des gestionnaires du risque pour l'étude des inondations passées ?

Une première étape consiste à analyser les raisons qui ont conduit à la sélection de l'inondation de mars 1930 comme évènement remarquable. Figurant en première position du classement des évènements de l'EPRI, cet évènement se distingue à plusieurs égards des autres d'inondations. L'exceptionnalité de l'inondation ne fait en effet aucun doute et constitue du fait de son éloignement temporel, un parfait exemple pour illustrer l'intérêt d'une monographie sur un évènement ancien. Une description détaillée de l'évènement de mars 1930 reposant sur les principaux axes et critères de la grille de lecture a ainsi été réalisée à partir des nombreuses sources documentaires récoltées notamment en centres d'archives. Ce document synthétique doit permettre de revenir sur l'intérêt de la monographie comme outil de travail pour l'étude d'inondations survenues dans le passé. L'enjeu est également de revenir de façon critique sur les indicateurs de la grille de lecture et d'émettre des questionnements dits « transversaux » visant à progresser dans la caractérisation de l'évènement remarquable.

1. L'évènement de mars 1930 : un cas d'étude pour l'analyse de la remarquabilité

1.1. Les principaux enjeux d'une monographie d'évènement

La description de l'événement sous forme de monographie vise plusieurs objectifs, abordés en partie dans le chapitre I (section 3.2.). La monographie doit tout d'abord permettre d'apporter d'une vision holistique de l'évènement d'inondation. Cette démarche est portée par une approche multidisciplinaire et multidimensionnelle et vise à restituer la complexité de l'inondation remarquable. Les différentes échelles spatio-temporelles des diverses facettes l'évènement doivent dans cette optique être prises en compte dans la monographie. Cet aspect traduit l'originalité de notre démarche qui prend en compte les impacts à long terme de l'inondation, témoins du caractère remarquable de l'inondation. En considérant l'aléa, les dommages, et les répercussions, celle-ci vise également à rapprocher dans un même document des objets généralement appréhendés par des disciplines spécifiques. Ce rapprochement disciplinaire se caractérise notamment par la réunion de différents jeux de données et registres de l'évènement d'inondation, éléments qui sont rarement associés pour caractériser une inondation.

La monographie permet par ailleurs un regard critique de la grille de lecture. Le plan d'analyse de ses documents est en effet fondé sur les critères distingués dans le chapitre précédent. L'ordre utilisé dans le chapitre II change néanmoins ici : il a été jugé plus important de situer l'extension spatiale des dommages en début d'analyse de façon à visualiser les territoires touchés. Chacun des indicateurs fait l'objet d'une interrogation spécifique de façon à évaluer sa pertinence pour caractériser l'évènement d'inondation remarquable.

La monographie doit également permettre de progresser dans la caractérisation de la remarquabilité de l'évènement et ainsi dépasser le stade de simple lecture de la grille. Il est par exemple apparu au cours de la rédaction de ces synthèses que certains aspects ne figurant pas initialement dans la liste des indicateurs devaient être développés afin de comprendre l'évènement remarquable. Il s'agit par exemple des conditions météorologiques de déclenchement de l'aléa, de certains paramètres physiques de l'inondation méritant une attention particulière (hauteur d'eau dans ce cas), ou encore des circonstances à l'origine de la mortalité. La réalisation de monographies doit permettre à terme de distinguer des axes de réflexions dites *transversales* qui feront chacun l'objet d'un chapitre. Ces questions, fondées sur différents registres et jeux de données ayant trait à l'évènement, autorisent une nouvelle progression dans la caractérisation de la remarquabilité et font ressortir les enseignements tirés de l'étude de ces évènements.

L'illustration de la monographie de mars 1930 tend finalement à évaluer le caractère potentiellement reproductible de ce type de synthèse. Elle se définit en effet comme une démarche de retour d'expérience et pourrait à ce titre être généralisée auprès des gestionnaires pour réaliser le diagnostic de futurs évènements remarquables.

1.2. Les raisons d'une étude sur mars 1930

Avant de présenter l'analyse de l'évènement, nous pouvons tout d'abord nous interroger sur le choix de mars 1930 pour l'illustration d'une monographie type. Pour quelles raisons avoir choisi les inondations de mars 1930 comme illustration de monographie ? En quoi cet évènement se distingue-t-il des autres cas d'étude ?

1.2.1. Un évènement remarquable selon la grille de lecture

Sur la base méthodologique utilisée pour établir la grille de lecture, l'évènement de mars 1930 dans le sud-ouest de la France peut être considéré comme *remarquable*. Parmi les 36 évènements les plus « remarquables » de la grille (Chapitre II, Figure II.9), mars 1930 figure en première position avec un score de remarquabilité équivalent à **29**. La répartition des indices de remarquabilité de l'évènement est représentée dans le Tableau III.1.

Axe et critères de remarquabilité	Indice associé
Extension spatiale	6/8
Nombre de département / communes touchés	4/4
Nombre d'UP où l'inondation est retenue comme "remarquable"	2/4
Intensité	9/12
Période de retour du débit instantané maximal	4/4
Durée de la submersion	1/4
Facteurs aggravant l'aléa	4/4
Gravité	14/14
Nombre de victimes	4/4
Evaluation des dommages économiques	4/4
Répercussions socio-politique ou médiatiques	4/4
Effets aggravant les dommages	2/2

Tableau III.1 Composition générale de l'indice de remarquabilité de mars 1930

Plusieurs constats peuvent être émis. L'évènement possède tout d'abord des indices « forts » sur chacun des trois axes principaux (extension spatiale, intensité, gravité). Cela signifie que l'inondation, de forte intensité et étendue à un large territoire, a causé de nombreux dommages tant au niveau humain qu'économique et a généré de nombreuses répercussions socio-politiques. Cette répartition des indices de l'évènement constitue une première étape

permettant de légitimer son choix en tant qu'exemple de monographie. L'évènement de mars 1930 réunit en effet une grande partie des critères retenus pour caractériser la remarquabilité d'un évènement : il affiche notamment un indice de gravité (dommages et répercussions) atteignant le maximum (14 sur 14).

1.2.2. De nombreux enjeux autour de l'inondation de mars 1930

D'autres raisons expliquent l'intérêt particulier que revêt l'inondation de mars 1930. Cette dernière survient au début du XXe siècle et s'inscrit de cette manière comme l'une des plus anciennes de notre sélection (après celle de janvier 1910). Voulant démontrer l'apport d'une monographie sur des inondations passées, il était à ce titre particulièrement important d'illustrer ce type d'étude sur un évènement ancien. L'un des facteurs explicatifs de ce choix est lié à la valorisation de la connaissance de cet évènement qui demeure en toute logique moins étudié que des évènements récents ayant fait l'objet de nombreux travaux scientifiques. Le choix de 1930 paraît également pertinent dans la mesure où les territoires impactés n'ont pas connu d'inondations véritablement majeures depuis cette époque. C'est en particulier vrai pour la moyenne vallée de la Garonne et la vallée du Tarn pour lesquelles l'inondation de mars 1930 demeure la dernière inondation centennale en date. Or ces territoires ont subi d'importantes transformations qui font craindre pour les dommages occasionnés en cas de retour d'une inondation identique à celle de mars 1930. C'est par exemple le cas à Montauban (Souyris, 2006) ou à Agen d'après une étude que nous avions pu mener en 2010-2011 (Boudou, 2010, Valette *et al.*, 2011). Ce travail réalisé dans le cadre universitaire a révélé l'étalement urbain dans le secteur d'Agen en zone inondable depuis 1930.

La sélection de mars 1930 s'explique dans un dernier temps par ses caractéristiques de toute évidence exceptionnelles. Elle figure par exemple parmi les rares inondations ayant causé plus de 100 morts. De même, en tenant compte des réserves liées à l'évaluation des dommages économiques d'une inondation passée, l'évènement est considéré comme l'un des rares à avoir engendré des dommages dont la valeur excède 500 millions d'euros. Il intervient enfin dans un contexte historique particulier situé dans l'entre-deux guerres et marqué par la crise économique de 1929. L'ensemble de ces différents aspects a motivé notre décision de retenir l'événement de mars 1930 pour illustrer l'intérêt d'une monographie.

2. L'extension spatiale de l'évènement

2.1. Superficie touchée par des dommages

2.1.1. Nombre de départements touchés

[Indice correspondant : 4/4]

Dans la grille de lecture, deux critères sont utilisés pour caractériser l'extension spatiale de l'inondation : d'une part le nombre de départements impactés (privilégié pour les évènements anciens) et d'autre part le nombre de communes touchées (à travers le nombre de communes sous arrêtés CatNat). L'évènement de mars 1930 étant bien antérieur à la mise en place en 1982 d'un système d'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles et des arrêtés CatNat, nous nous sommes en premier lieu attachés au nombre de départements affectés par des dommages (Figure III.1).

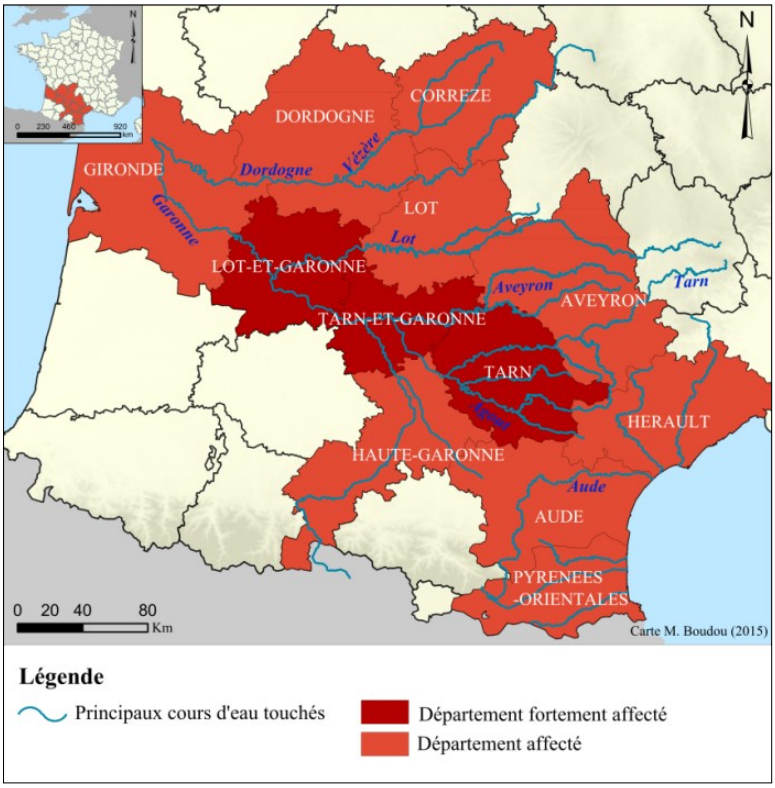


Figure III.1 Principaux départements et cours d'eau affectés par les inondations de mars 1930

L'aire touchée par les inondations s'oriente dans un axe est-ouest, depuis le littoral Languedocien impacté par les inondations du Tech ou de l'Agly, jusqu'à l'estuaire de la Gironde fortement touché par la crue de la Garonne. L'épicentre de l'épisode se situe au niveau du bassin versant du Tarn, dans les départements du Tarn-et-Garonne et du Tarn. Ces départements subissent en effet la plupart des débordements exceptionnels et concentrent l'essentiel des dommages. La distribution spatiale des départements affectés montre par

ailleurs que les crues dommageables ont touché la plupart les cours d'eau prenant leurs sources dans le Massif Central ainsi que des cours d'eau des Pyrénées-Orientales. Au total, ce sont 12 départements du sud-ouest de la France qui sont concernés par les inondations.

2.1.2. Nombre de communes endommagées par les inondations

Un arrêté ministériel daté du 12 mars 1930 détermine le périmètre inondé lors des inondations (J.O. de la République Française, 1930a). L'arrêté, actualisé par un additif paru le 23 mars (J.O. de la République Française, 1930b), établit la liste des arrondissements et des cantons associés qui sont reconnus affectés par les inondations. Ces derniers rentrent à ce titre dans le programme d'indemnisation lancé par le gouvernement pour la « Reconstitution » des territoires sinistrés. La Figure III.2 représente les communes concernées par l'arrêté.

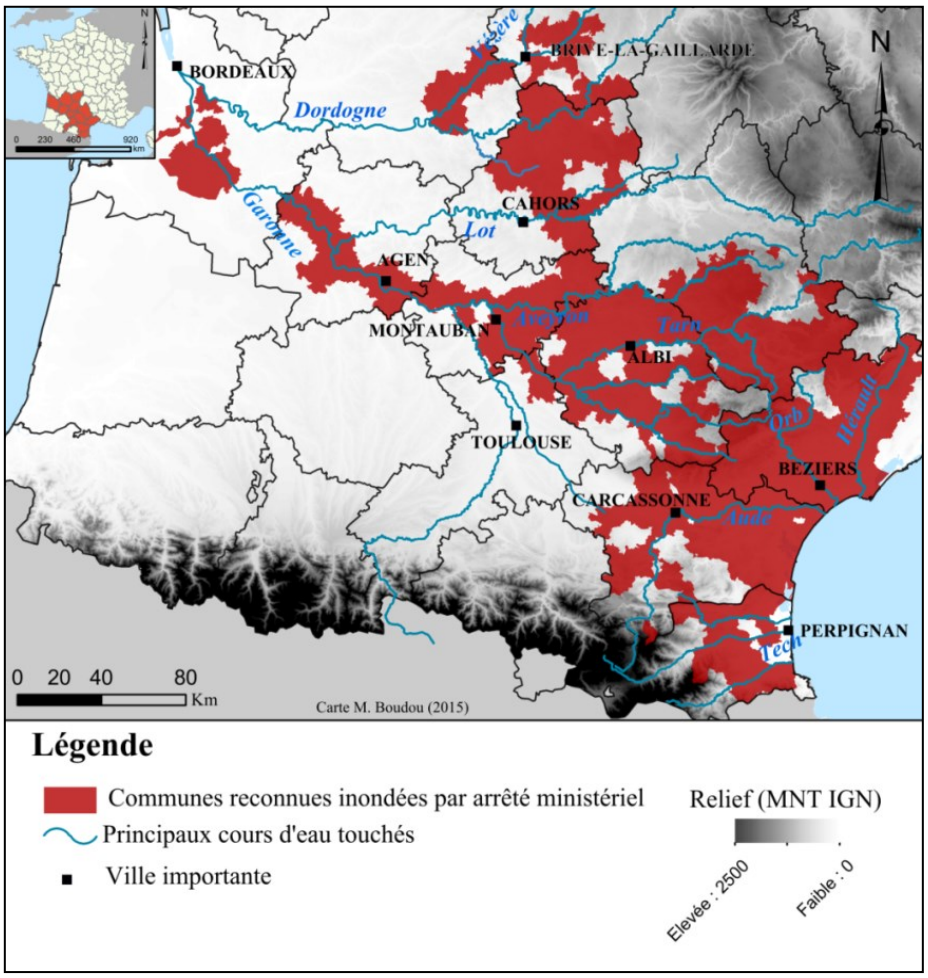


Figure III.2 Délimitation de la zone inondée selon les arrêtés ministériels du 12 et 23 mars 1930

La représentation par communes permet d'affiner l'analyse spatiale des zones touchées et offre plusieurs constats. Tout d'abord, elle met en exergue la grande étendue de l'évènement. Au total, 1543 communes sont reconnues inondées par les arrêtés ministériels, ce qui correspond, comme pour le nombre de départements affectés, à la classe forte de la grille de lecture. A titre de comparaison, ce nombre de communes est sensiblement équivalent à celui

des communes couvertes par l'arrêté CatNat suite aux inondations généralisées de décembre 2003 (CCR-Erisk, 2015). Dans un second temps, la représentation cartographique met en lumière les principaux cours d'eau affectés par les inondations Le découpage suit le linéaire des principaux cours d'eau (Garonne, Aude, Tarn, Aude, Orb, Hérault…). Il marque par ailleurs la forte concentration autour de communes inondées le long des fleuves côtiers Languedociens et dans la partie amont des cours d'eau du Massif Central. Un grand nombre de cours d'eau semblent ainsi avoir connu des répercussions hydrologiques, depuis le Tech dans les Pyrénées-Orientales, jusqu'à la Vézère au nord, dans les départements de la Corrèze et de la Dordogne.

2.2. Nombre d'unités de présentations dans laquelle l'inondation est considérée comme remarquable

[Indice correspondant : 2/4]

L'évènement de mars 1930 est considéré dans l'Evaluation Préliminaire des Risques d'Inondations de 2011, comme remarquable dans 2 Unités de Présentations, à savoir l'unité Tarn et l'unité Garonne (Figure III.3). Cela équivaut à un indice « fort » dans la grille de lecture (indice de **2**) et donne une idée de l'envergure spatiale de la crue. Les raisons ayant conduit à la sélection de l'évènement résident en grande partie dans ses conséquences dommageables et en particulier au nombre élevé de décès attribuables à l'évènement : celui-ci demeure en effet l'inondation la plus meurtrière du XXe siècle si l'on exclut la rupture du barrage de Malpasset en décembre 1959.

Figure III.3 UP où l'évènement de mars 1930 est "remarquable"

3. Caractérisation de l'aléa hydrométéorologique à l'origine des inondations

3.1. Conditions météorologiques initiales à l'évènement

3.1.1. Un hiver particulièrement arrosé

Les inondations de mars 1930, particulièrement intenses dans les bassins du Tarn et la partie aval de la Garonne, résultent de l'occurrence d'un épisode pluvieux du 25 février au 4 mars. Avant d'apprécier l'intensité et les caractéristiques de ce dernier, il est nécessaire de revenir sur les conditions climatologiques initiales lors de son déclenchement.

L'hiver 1929-1930 est singulier pour plusieurs raisons et explique en partie le degré d'intensité atteint par les crues du mois de mars. Du point de vue pluviométrique, il dénote une période sèche sur la moitié nord de la France : un déficit pluviométrique conséquent est relevé dans les Alpes du Nord et en Allemagne (Pardé, 1930e). A l'inverse dans le sud du pays et en particulier dans le Languedoc, les cumuls pluviométriques relevés sont nettement supérieurs aux moyennes précipitées. A Narbonne par exemple, les précipitations sont supérieures de 240% à la moyenne hivernale (Pardé, 1930b). La répartition spatiale des cumuls précipités du 1er octobre 1929 au 25 février 1930 est illustrée par la Figure III.4. Les fortes intensités supérieures à 800 mm sont concentrées le long du massif des Cévennes, illustrant la succession d'épisodes pluvieux d'origine méditerranéenne (fortement influencés par l'orographie) durant cette période. Les cours d'eau de l'Aude ou le Tarn ont notamment connu des crues conséquentes au début du mois de janvier (Pardé, 1930d). Des valeurs maximales dépassant les 1200 mm sont recensées dans les parties amont des bassins de l'Orb, de l'Hérault, de l'Ardèche et du Gardon. De manière générale, les bassins versants durement affectés par les inondations de mars (Tarn, Aude, Garonne) enregistrent des précipitations supérieures à 300 mm en 5 mois. Cette forte pluviosité hivernale provoque une saturation du sol à un stade déjà avancé lors de l'apparition du phénomène atmosphérique à l'origine des crues de début mars.

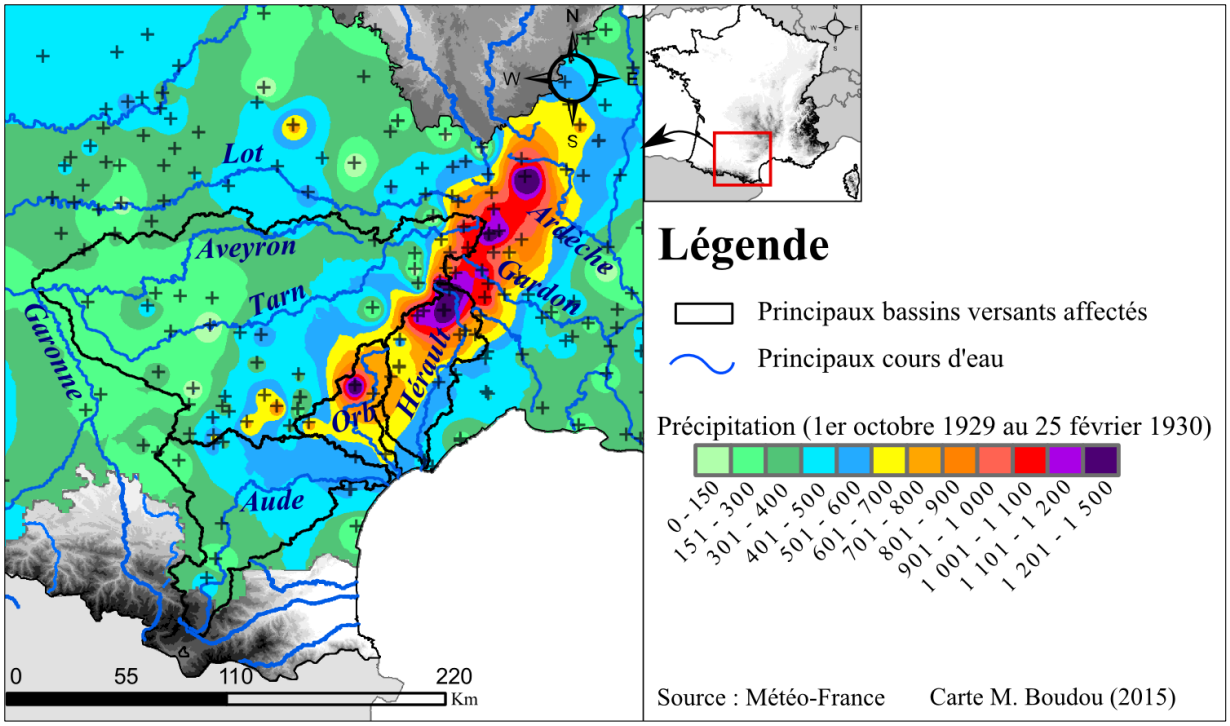


Figure III.4 Précipitations antérieures à l'évènement de mars 1930
(Source : données Météo-France)

3.1.2. La présence d'un manteau nival

L'influence de la fonte nivale est une autre composante essentielle à considérer pour caractériser les conditions de déclenchement des inondations. Du 7 au 21 février soit quelques jours avant l'épisode pluvieux, de nombreuses chutes de neige ont affecté les massifs Languedociens. Une épaisse couche de neige, variant de 20 cm à 1 m, se dépose sur les secteurs dépassant 500 mètres d'altitude (Figure III.5). C'est par exemple le cas dans les massifs des Cévennes (source du Tarn), de la Montagne Noire (source du Thoré), ou de l'Agout. Cette neige de basse altitude, présente en abondance (il existe des congères de plusieurs mètres d'épaisseurs à certains endroits), commence à fondre à la fin du mois de février apportant une quantité d'eau non négligeable aux cours d'eau. Cette fonte nivale, survenant principalement lors du redoux lié au passage de la perturbation dès le 25 février, a contribué à augmenter significativement l'intensité de l'aléa hydrologique. Elle aurait par exemple contribué entre un septième et un cinquième du volume écoulé à Montauban et près du quart dans la partie aval des cours d'eau de montagne tels que le Thoré et l'Agout (Lambert, 1991).

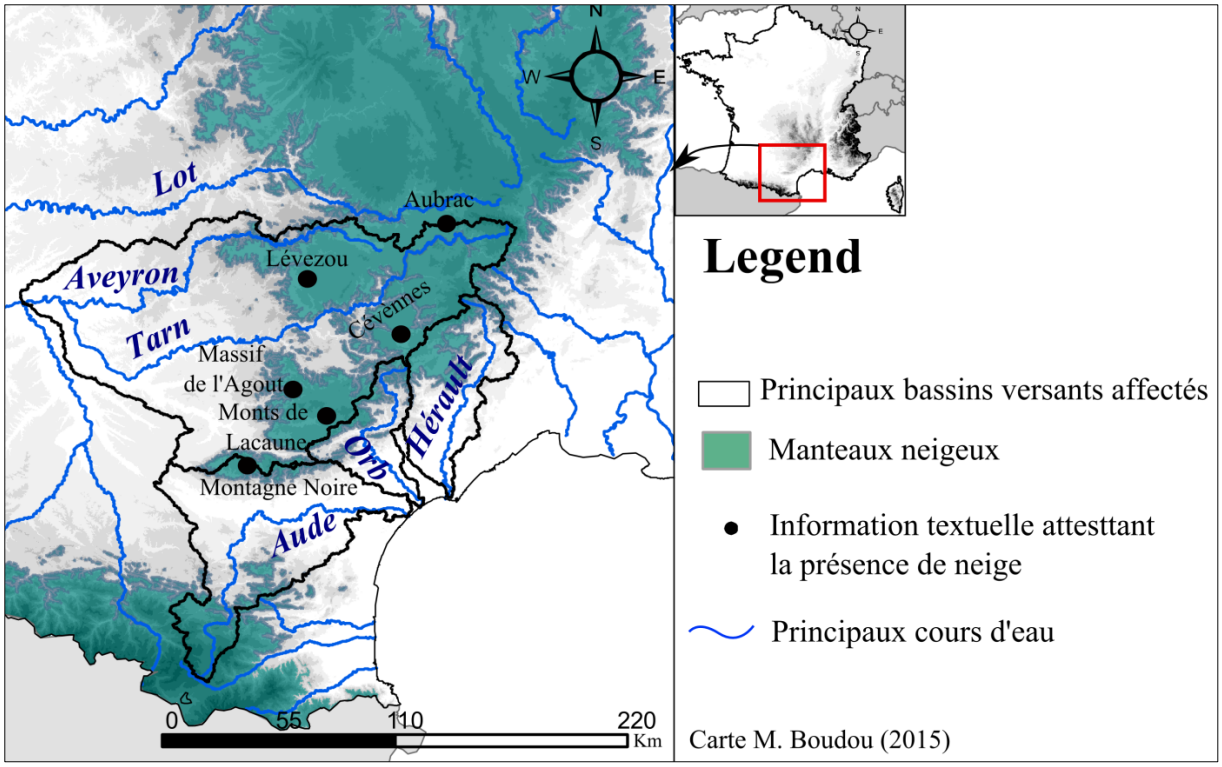


Figure III.5 Localisation du manteau neigeux
(Source : d'après Pardé, 1931)

3.2. L'épisode pluviométrique du 25 février au 4 mars 1930

3.2.1. Conditions atmosphériques

Après avoir détaillé les conditions météorologiques préalables à l'évènement, il convient de revenir sur l'épisode pluviométrique qu'a connu le sud-ouest de la France entre le 25 février et le 4 mars 1930, cause majeure des inondations catastrophiques qui s'ensuivirent. Dès le 25 février 1930, un centre dépressionnaire se situe à l'ouest de la France, dans l'Atlantique, tandis que les restes d'une dépression remontant de la méditerranée engendrent des cumuls conséquents sur les massifs du Languedoc. Le 26 et 27 février un schéma atmosphérique sensiblement similaire est observé. A partir du 28 (Figure III.6a), un anticyclone situé sur les îles Britanniques affecte le nord de l'Hexagone en s'étendant vers la Corse et le bassin du Rhône. En contrepartie le noyau dépressionnaire, désormais situé sur le Golfe de Gascogne, se décale progressivement vers la péninsule Ibérique, amenant un redoux sur la partie ouest de la France et une hausse sensible de la température. Le 1er mars 1930, un même schéma perdure avec le renforcement de l'anticyclone vers le sud (Figure III.6b). Cette situation de blocage atmosphérique, peu courante pour un mois de mars, a pour effet de déclencher d'intenses précipitations dans le sud-ouest de la France (et notamment sur le Languedoc) : la dépression étant bloquée par l'anticyclone à l'est, les précipitations chargées en humidité remontent de la Méditerranée et viennent se heurter aux premiers massifs du sud-ouest.

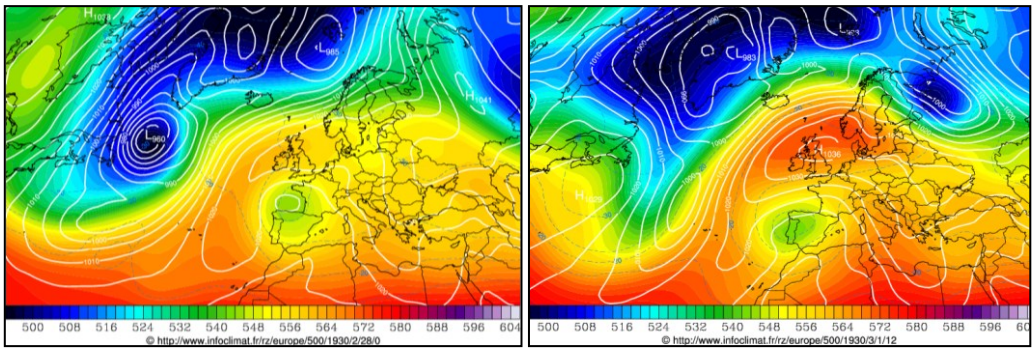


Figure III.6 Géopotentiel (500hPa) – (a) le 28 février à 0h ; (b) le 1er mars à 12 heures (Source : Infoclimat)

Sur la Figure III.7 représentant les journées du 2 (a) et 3 (b) mars, la situation de contraste atmosphérique est toujours visible sur le territoire français. Cela entraîne une importante quantité d'eau précipitée, avec une averse durant près de 48 à 60 heures au maximum en continu (Pardé, 1930c). C'est notamment le cas sur les bassins du sud-ouest (Thoré, Agout, Orb). A l'inverse, l'est de la France demeure sous l'influence de l'anticyclone.

« […] *à l'Est d'une ligne tracée du Havre à Paris, Lyon et Marseille, il n'a pour ainsi dire pas plu* » (Pardé, 1930c).

A partir du 4 mars, la dépression perd progressivement en intensité ce qui met fin à l'épisode pluvieux à l'origine des inondations.

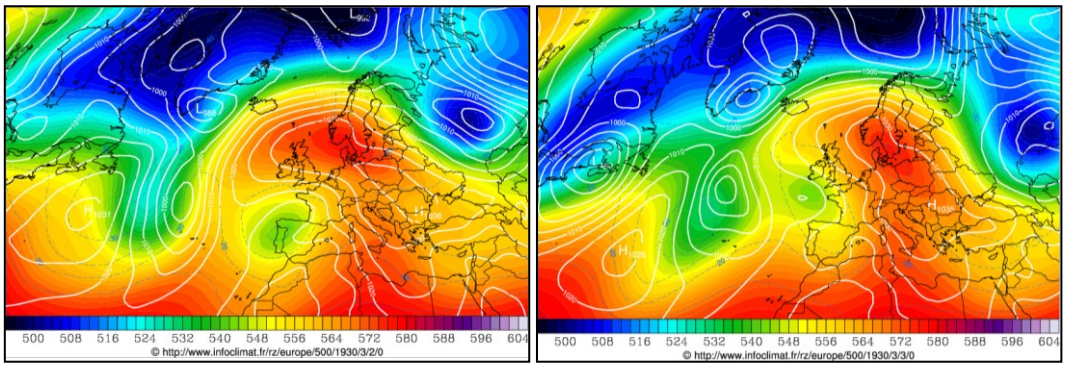


Figure III.7 Géopotentiel (500hPa) – (a) le 2 mars à 0h ; (b) le 3 mars à 0h (Source : Infoclimat)

3.2.2. Intensité de l'aléa pluviométrique du 25 février au 4 mars 1930

L'analyse spatiale des cumuls bruts précipités durant l'épisode offre plusieurs constats (Figure III.8). Tout d'abord, l'étendue de l'épisode pluvieux est limitée géographiquement, avec une frontière au Gard à l'est, et à la Haute-Garonne à l'ouest. Les cumuls pluviométriques enregistrés du 25 février au 4 mars sont par ailleurs particulièrement importants. En effet, il est tombé plus de 200 mm sur une zone s'étendant du bassin versant de l'Orb à la limite avec la rivière Tarn à proximité de Millau au nord (471mm tombés à Alban dans le Tarn). La valeur maximale de l'épisode s'élève à 694 mm en 7 jours à la station de Saint-Gervais-sur-Mare située au droit des sources de l'Orb. Si l'on s'intéresse aux cumuls journaliers, 192 mm sont relevés au maximum en 24 heures entre le 28 février (6h) et le 1er mars (6h) toujours à

Saint-Gervais sur Mare. Dans un même ordre de grandeur, près de 170 mm sont mesurés entre le 2 et le 3 mars à Anglés dans le bassin du Thoré (Dougados et Gaussen, 1930).

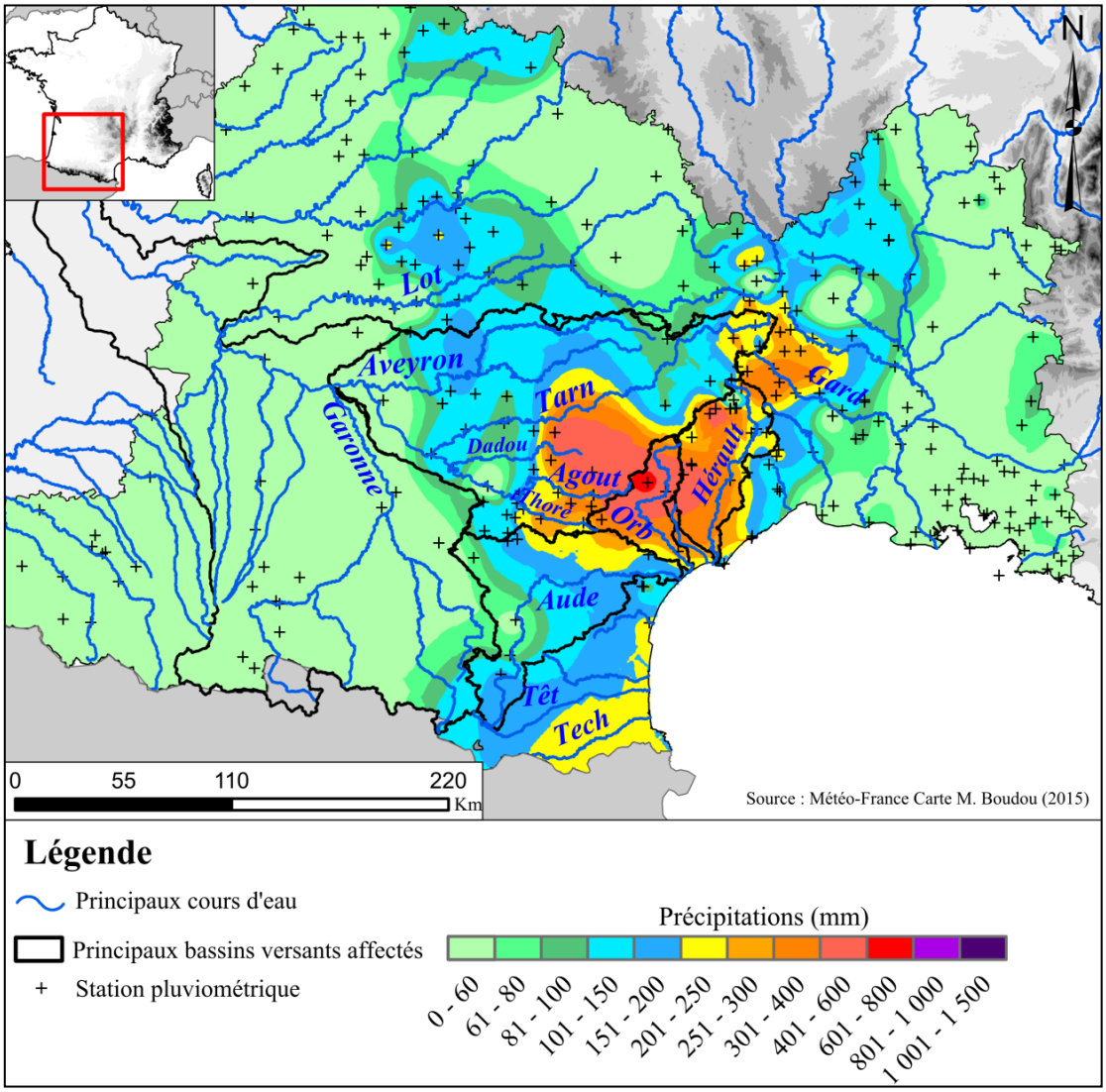


Figure III.8 Cumul des précipitations du 28 février (6h) au 3 mars 1930 (6h)

Un autre facteur important à prendre en compte pour caractériser la particularité de l'évènement est l'étendue spatiale du phénomène météorologique. En effet, l'épisode pluvieux de début mars se distingue par une typologie correspondant à une averse « méditerranéenne extensive », soit un épisode méditerranéen de grande emprise spatiale. Il est rare que les averses méditerranéennes remontent si haut vers le nord. Cependant, les flux atmosphériques, canalisés à l'est par l'anticyclone, ont renforcé l'extension spatiale des précipitations. Près de 200 mm sont par exemple relevés en 3 jours à Gramat dans le Lot, dans une zone rarement impactée par les averses méditerranéennes Au final, 3 départements reçoivent plus de 400 mm de pluie en 3 jours du 1er au 3 mars 1930, 6 reçoivent plus de 200 mm et 15 plus de 80 mm (
Figure III.9).

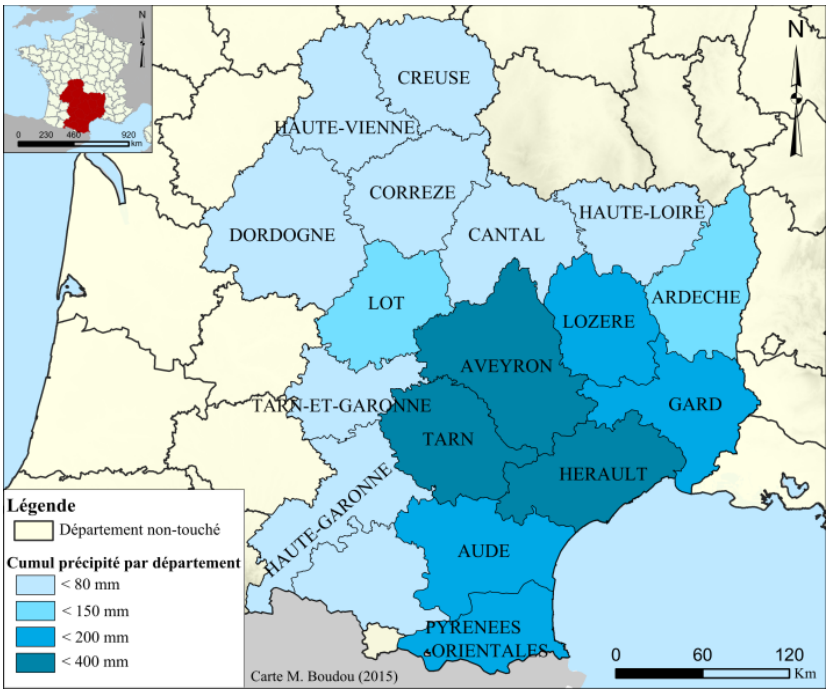


Figure III.9 Cumul de précipitations par département du 1er au 3 mars 1930 (Source : MétéoFrance)

► Un épisode pluvieux exceptionnel ?

Si les valeurs des cumuls pluviométriques paraissent exceptionnelles, elles demeurent relativement communes dans la région durant la saison automnale. Il est par exemple tombé 424 mm en 24 heures dans le massif des Corbières lors de l'épisode du 12 au 13 novembre 1999 tandis que les cumuls de l'épisode de mars 1930 n'atteignent que 192 mm. L'exceptionnalité de l'épisode pluvieux ne réside cependant pas dans l'intensité des cumuls précipités mais davantage dans sa date d'occurrence. L'épisode pluvieux survient en effet à la fin de l'hiver et incrimine de fait des conditions climatologiques initiales défavorables. En automne les sols sont généralement secs après les fortes températures estivales et absorbent une quantité non négligeable de la lame d'eau écoulée (en particulier sur des sols karstiques). En mars c'est généralement l'inverse, en particulier dans ce cas où l'hiver a été plus pluvieux que la normale et marqué par de fortes chutes de neige. L'état de saturation avancé des sols va accentuer le coefficient d'écoulement des précipitations tombées dans les bassins versants affectés par l'épisode. Ce dernier serait ainsi passé de 30% (habituellement lors d'une crue automnale) jusqu'à 90 à 100% environ ce qui explique en grande partie la forte réaction des cours d'eau affectés (Lambert, 1991).

Les conditions météorologiques à l'œuvre lors de l'évènement de mars 1930 apparaissent finalement profondément singulières. Les averses méditerranéennes de cette importance survenant en mars sont rares (Antoine *et al.*, 2001). Du fait de cette date tardive l'épisode pluvieux intervient alors que les sols des bassins versants sont déjà saturés par les pluies hivernales et marqués par la présence d'une épaisse couche de neige. Ces derniers facteurs ont directement contribué à l'ampleur des réactions hydrologiques.

3.3. L'intensité de l'aléa hydrologique

Après avoir étudié le phénomène météorologique dans son ensemble, nous nous intéressons à ses répercussions d'un point de vue hydrologique : quels ont été les cours d'eau les plus impactés ? Les répercussions hydrologiques sont-elles proportionnelles à l'intensité de l'épisode pluviométrique ?

3.3.1. Une durée de submersion atypique pour un phénomène méditerranéen

[Indice correspondant : 1/4]

Dès le 28 février des réactions hydrologiques sont relevées sur les cours d'eau méditerranéens. C'est le cas par exemple de l'Orb qui connaît une crue dès cette journée avant d'atteindre progressivement son plus haut pic connu depuis un siècle (Pardé, 1930f). Le Tarn amont amorce quant à lui une crue dès le 2 mars avec un maximum enregistré à Millau dans la matinée et une hauteur proche du maximum à Albi. La crue se propage vers l'aval en se renforçant par l'apport des affluents successifs. C'est à partir de la nuit du 3 au 4 mars 1930 que l'évènement hydrologique atteint son maximum à Montauban. C'est également le cas à Albi (Figure III.10) avec un deuxième pic de crue supérieur à celui enregistré dans la nuit du 2 au 3 mars. L'onde de crue va ensuite gagner la vallée de la moyenne Garonne à partir du 4 mars avec un pic atteint à Agen à 18 heures, le 5 mars à Tonneins et Marmande, et enfin le 6 à La Réole (Pardé, 1930c).

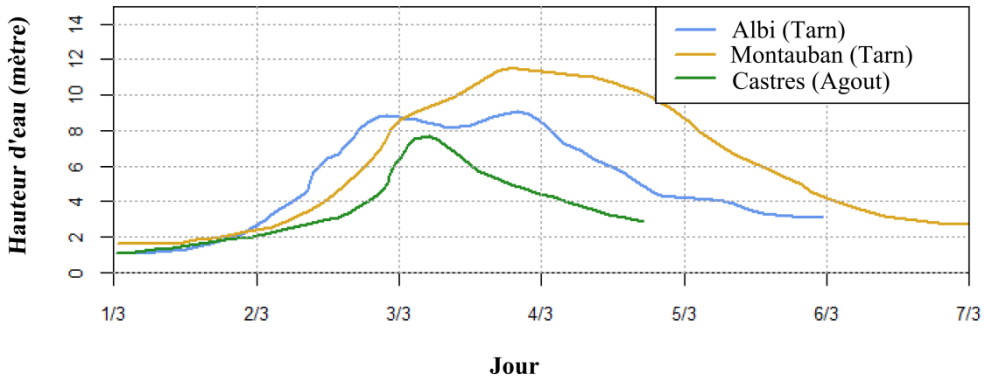


Figure III.10 Limnigrammes de la crue de mars 1930 dans le bassin versant du Tarn et de la Garonne (Source : données issues de Lambert, 1991)

La durée de submersion peut être évaluée d'après les documents récoltés : localement entre 48 à 72 heures environ, et jusqu'à 7 jours si l'on considère le début et la fin de l'évènement. Cette durée correspond à une faible valeur de l'indice (**1**) selon les critères de la grille de lecture. Mais elle est plutôt atypique pour un phénomène méditerranéen et s'explique par la longue durée de l'épisode pluviométrique déclencheur. Localement plusieurs effets de concomitances ont contribué à soutenir les débits pendant une durée importante. La longueur de l'étale de crue est particulièrement importante pour une inondation de ce type (Pardé, 1930c). Par exemple, la hauteur d'eau est restée proche de son maximum durant près de 48 heures à Montauban, engendrant de nombreux dommages.

3.3.2. Des périodes de retours exceptionnelles

[Indice correspondant : 4/4]

La cartographie de la période de retour du débit de pointe lors de l'évènement de mars 1930 offre plusieurs constats (Figure III.11). Tout d'abord, les périodes de retour les plus significatives sont localisées principalement sur le Tarn après la confluence avec l'Agout et sur l'Agout après la confluence avec le Thoré. Les valeurs de périodes de retour sont ici exceptionnelles. A Moissac, la période de retour est par exemple estimée entre 250 et 300 ans (DREAL Midi-Pyrénées, 2014). A propos du débit instantané maximal, Pardé estime que « *le chiffre de 8000m³/s paraît un minimum et celui de 8500 m³/s n'est pas invraisemblable* », ce qui est considérable pour un cours d'eau de cette taille (15 000 km²). L'Aveyron et le Dadou, importants affluents du Tarn sont touchés par des crues dont la période de retour est comprise entre 50 et 100 ans. De son côté, la crue de la Garonne, encore de faible importance à Toulouse (période de retour inférieure à 10 ans), devient exceptionnelle lors de sa jonction avec le Tarn. Le débit apporté par ce dernier engendre une crue dépassant la fréquence centennale à Valence-d'Agen. Le débit n'augmente plus ensuite et la fréquence repasse à un niveau centennal à partir de la ville d'Agen où l'inondation de juin 1875 reste l'aléa de référence (Ville d'Agen, 2012). Plus en aval la crue de la Garonne est renforcée par les apports du Lot qui connaît une crue non négligeable. Elle reste voisine de la centennale à Tonneins (Pardé, 1930b) puis diminue en intensité, la période de retour étant comprise entre 10 et 50 ans à La Réole.

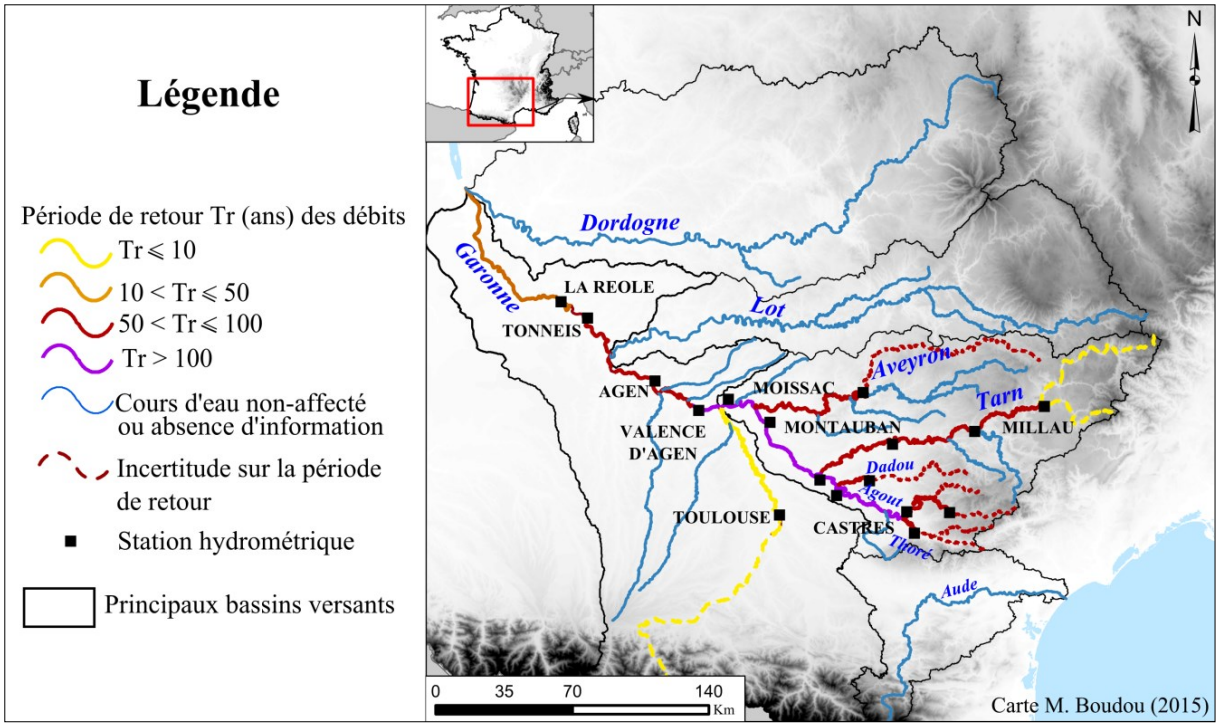


Figure III.11 Période de retour des débits lors de l'évènement de mars 1930

Bien que l'estimation précise du débit de pointe de la crue réalisée par Pardé puisse soulever des interrogations comme le soulignent Roche *et al.* (2012), il n'y a pas de doute sur le caractère exceptionnel de l'aléa, avec des périodes de retour qui ont dépassé significativement 100 ans sur une grande partie du linéaire du Tarn et de l'Agout. A l'heure actuelle, de nombreux PPRI prennent en compte la crue de mars 1930 comme crue de référence. C'est le cas pour les communes le long du Tarn et de l'Agout, mais également pour la Moyenne Garonne à l'exception de la commune d'Agen. Cette dernière vient récemment de changer de crue de référence pour celle de juin 1875 qui atteignit une hauteur d'eau plus importante sur la commune (Dépêche, 06/03/2013). Dans la vallée du Thoré, la crue de 1930 est la référence en aval de Labruguière. Pour la partie amont, c'est cependant l'inondation de novembre 1999 qui constitue la crue de référence (DDE du Tarn, 2001).

3.3.3. Des hauteurs d'eau exceptionnelles : le record de Saint-Sulpice-la-Pointe

Afin d'apprécier l'exceptionnalité de l'aléa hydrologique de mars 1930, il s'est avéré intéressant de s'attarder sur les hauteurs d'eau atteintes localement. En effet, cet évènement constitue encore à l'heure actuelle le plus haut niveau d'eau connu (ou PHEC) sur bon nombre de stations hydrométriques. La crue de mars 1930 constitue de ce fait l'une des plus fortes connues et enregistrées sur le bassin du Tarn. C'est en particulier le cas à la station limnimétrique de Saint-Sulpice, située à la confluence avec l'Agout, qui enregistre « le record européen » de montée des eaux évalué à 19,5 mètres selon les experts (Pardé, 1930c). Cette valeur, exceptionnelle lorsque l'on observe la chronique de hauteurs d'eau (Figure III.12) illustre l'intensité de l'aléa, déjà démontrée par les périodes de retour atteintes par les débits instantanés maximaux. Une telle hauteur d'eau a eu des répercussions sur le bon fonctionnement de l'annonce de la crue (page 170), en endommageant gravement les infrastructures télégraphiques et téléphoniques normalement hors d'atteintes et renforçant l'isolement des villages impactés.

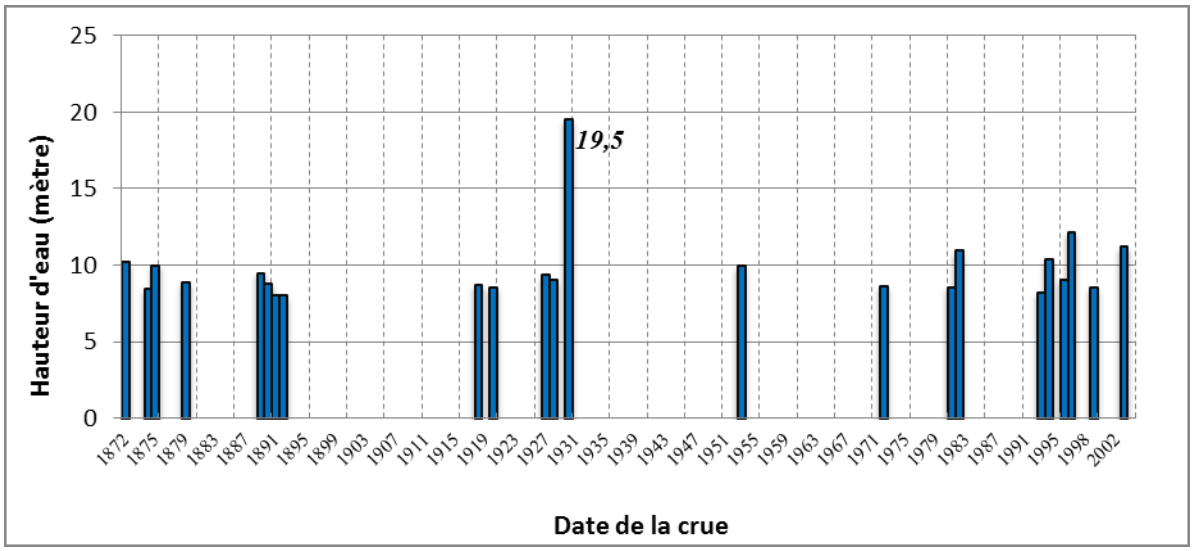


Figure III.12 Crues de plus de 8 mètres à Saint-Sulpice-Sur-Tarn (1872-2004)
(Source : DREAL Midi-Pyrénées)

Si la hauteur d'eau atteinte à Saint-Sulpice est, sans contestation possible, le record absolu pour la station, il apparaît cependant nécessaire de relativiser sa dimension européenne. En effet, la hauteur d'eau est une variable difficilement comparable d'un bassin à l'autre car étroitement liée à la morphologie du lit et aux contraintes techniques associées à l'emplacement de l'échelle limnimétrique. Par ailleurs, la hauteur d'eau de Saint-Sulpice ne semblerait pas le record de hauteur d'eau lors de l'évènement de mars 1930. La station de Saint-Juéry, située au Saut-de-Sabo en amont de la ville d'Albi, aurait enregistrée une hauteur d'eau supérieure à celle de Saint-Sulpice avec environ 20,4 mètres. Cette cote aurait déjà été franchie auparavant d'après une étude de la DREAL Midi-Pyrénées (1998), notamment durant la crue du 18 novembre 1766 avec une hauteur d'eau maximale estimée à environ 22 mètres.

3.3.4. L'importance de facteurs d'aggravation de l'aléa

[Indice correspondant : 4/4]

Si l'intensité de l'évènement de mars 1930 sur le bassin du Tarn et de la Garonne a été évaluée comme exceptionnelle, il faut également mentionner de nombreux facteurs qui ont contribué à aggraver l'aléa, modifiant localement les conditions d'écoulement. A titre d'illustration, nous présentons les conditions de submersion dans la ville de Moissac où l'ampleur de la catastrophe résulte en grande partie de la rupture du remblai de chemin de fer.

► Reconstitution de la chronologie à Moissac pour illustrer le rôle des ruptures de digues

Moissac est située à proximité de la confluence du Tarn et de la Garonne (Figure III.13). Le Tarn forme à cet endroit un coude, avec au sud un champ d'inondation rejoignant la Garonne, et au nord une zone de faible relief. Etant limité au nord par le relief, le champ d'expansion du Tarn concerne la quasi-totalité de la commune. L'écoulement en cas de crue vient principalement de l'est, séparé de la ville par un remblai de la ligne de chemin de fer Bordeaux-Sète ainsi que par la digue de la « Cartonnerie » située en aval de celui-ci. La digue dite de « La Palissade » protège quant à elle le quartier Sainte-Blanche des eaux par le sud et par l'est, plus en aval encore que les digues décrites précédemment. Ces différentes digues ont été construites afin de réguler le cours du Tarn (Ena, 1980).

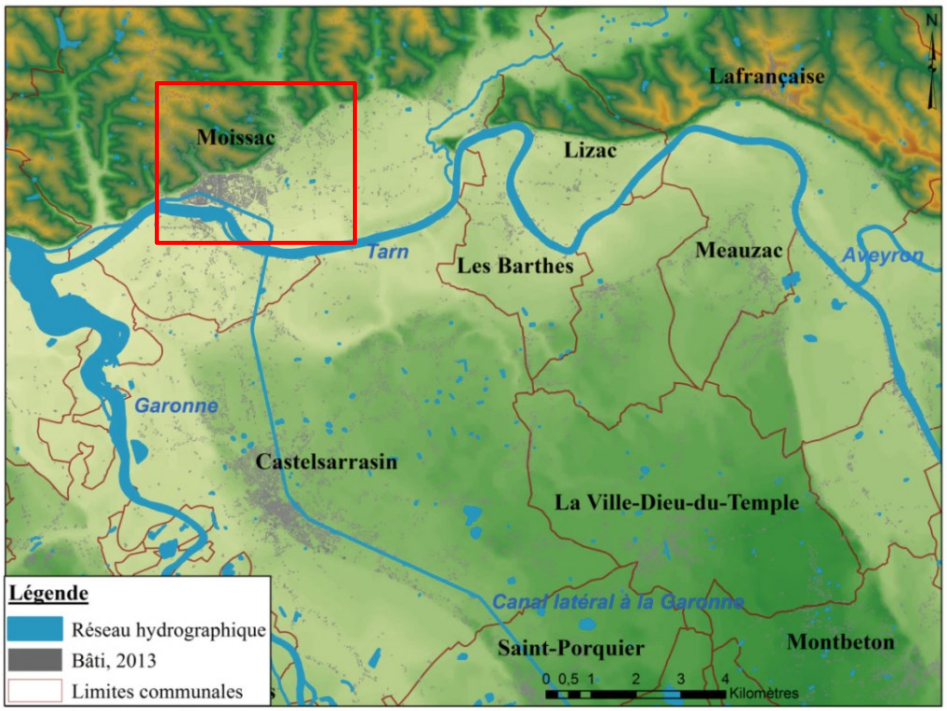


Figure III.13 Localisation de Moissac dans les vallées du Tarn et de la Garonne (Source: BD Alti, BD Topo IGN)

L'inondation du 3 au 4 mars 1930 s'effectue dans la ville par une succession de ruptures de digues et peut être assimilée à un remplissage dit « par casiers ». En exploitant les sources documentaires relatives à l'évènement, il a été possible de reconstituer la chronologie de submersion dans la ville. Trois phases principales peuvent être distinguées. Elles sont représentées dans la Figure III.14 en fonction de la zone touchée par la submersion :

- **Zone 1** : Dès le lundi 3 mars à 14 heures, les eaux du Tarn parviennent jusqu'au remblai de chemin de fer qui dévie le courant vers le nord (Figure III.14). Il remplit dans le même temps la partie située entre la digue de la Cartonnerie et la voie ferrée, ainsi qu'au Sud dans la partie située entre le canal latéral et le Tarn à l'extérieur de la ville (Ena, 1980).
- **Zone 2 :** A partir de 18 heures 30, les eaux contournent la digue de la Cartonnerie par le Nord, sous le pont de chemin de fer de Montauban. Le flot envahit ainsi l'espace entre la digue de la Cartonnerie et la digue de la Palissade (Pardé, 1930c), se rapprochant du centre-ville de Moissac. L'inondation est alors encore contenue par l'endiguement et seules quelques maisons éparses situées à proximité du quartier Sainte-Blanche s'écroulent.
- **Zone 3 :** La 3ème et dernière phase de submersion est décisive quant à la tournure dramatique que revêt l'inondation à Moissac. A environ 23 heures, le niveau de l'eau augmentant toujours, le Tarn atteint une hauteur proche de son maximum et crée trois brèches (longues de 100 à 150 mètres) dans le remblai de chemin de fer. Ces brèches engendrent la rupture de la digue de la Cartonnerie puis la brusque submersion de la zone Est de la ville, alors déjà en partie inondée. Par effet de « domino », la vague induite par la rupture du remblai détruit la digue de la Palissade

et celle formée par le Canal Latéral, alors derniers remparts de la ville face aux eaux (Ena, 1980). Les récits témoignent d'un véritable « mascaret » qui vient envahir le centre-ville.

« En cinq minutes, des vagues d'un mètre de haut déferlent, après que le Tarn ait rompu la digue de la Palissade » : Témoignage d'un conseiller municipal de la ville (Lagarrigue, 2009).

La rupture des digues de la Cartonnerie et de la Palissade finissent de faire entrer Moissac dans la catastrophe comme le souligne Gazelle (1997) dans sa thèse : « *Sapé par cet océan liquide, le remblai de chemin de fer céda. La vague acheva Moissac.* »

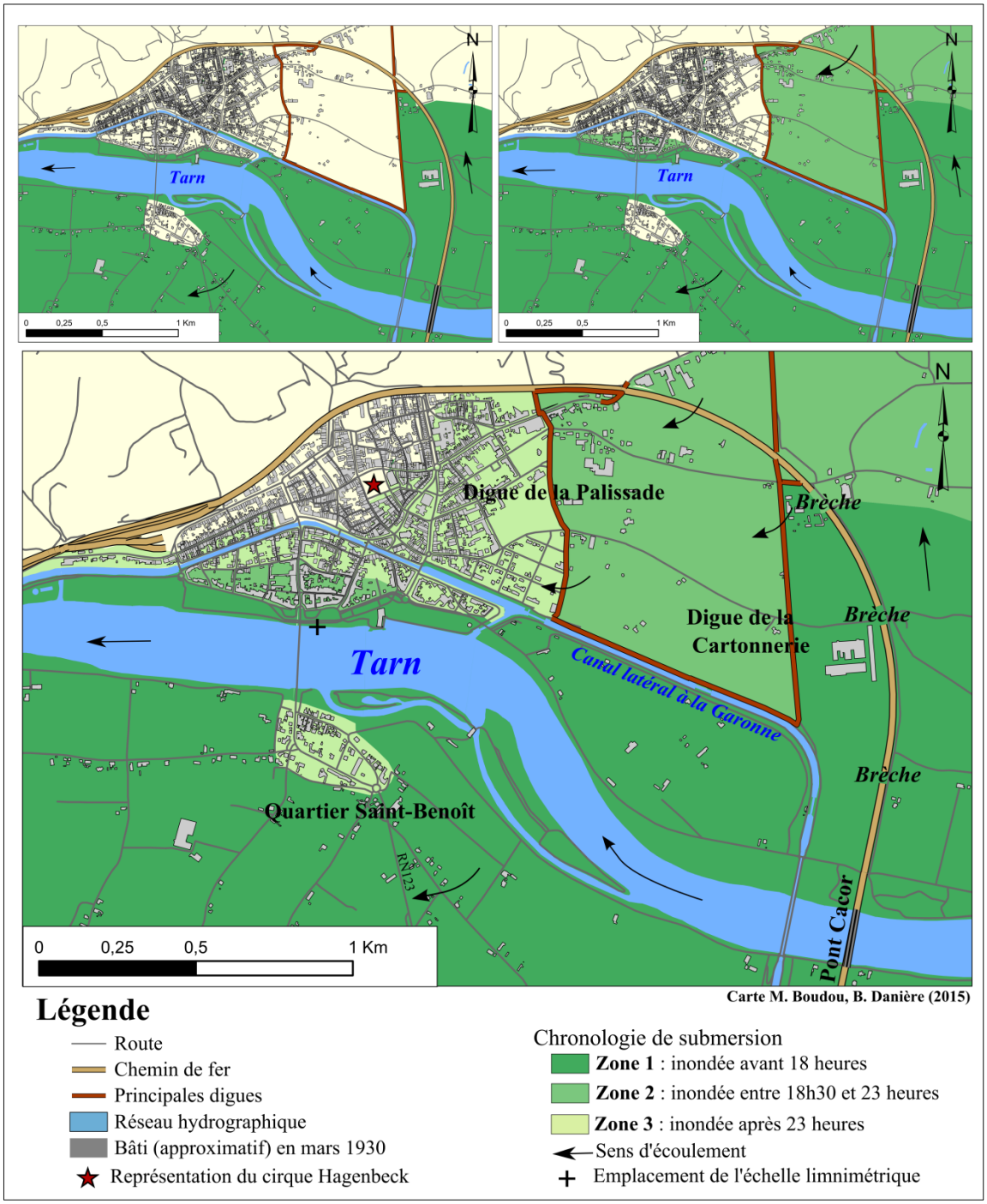


Figure III.14 Chronologie de la submersion à Moissac avec les différentes ruptures de digues

► Une polémique autour du rôle du pont Cacor

En parallèle des brèches dans le remblai de chemin ferré, il faut également souligner la rupture du pont de chemin de fer : le Pont Cacor. Vers 23 heures, la crue atteint et dépasse le tablier du pont, générant une forte pression sur l'ouvrage, pression accrue par la quantité considérable de matériaux et de débris que transporte la rivière. Du fait de cette pression trop importante deux piles du pont cèdent en entraînant la chute dans le Tarn de la moitié de l'ouvrage qui sera emportée un peu plus loin par le flot (Pardé, 1930c). Cette destruction du pont Cacor (Photo III.1 et III.2) a longtemps été considérée comme l'élément déclencheur de la rupture de la digue de la Palissade et du caractère catastrophique de l'inondation à Moissac :

« *Le pont de la voie ferré, bloqué par des troncs d'arbres et des débris de toutes sortes charriés par la rivière, s'est rompu brusquement et c'est une vague de mascaret qui passe, fauchant des rues entières, comme cette rue du Général Gras où 5 maisons restent debout sur 65* » (La Dépêche, 06/03/1930).

« *Le sinistre a été provoqué par le pont du Cacor. Ce pont est un pont tubulé. Lorsque l'eau est arrivée à la hauteur du tablier, le tablier du pont a formé un barrage et l'eau s'est déversée immédiatement dans la plaine en amont de Moissac ; en submergeant le canal et provoqué l'inondation de la ville, ce qui fut la cause immédiate de la catastrophe* » (L'Ami du Peuple, 1930).

L'effondrement du pont, souvent mis en avant, notamment par les médias, en tant que cause majeure de l'inondation doit toutefois être relativisé. Celui-ci ne semble en effet pas significatif pour l'inondation de la ville. En effet, la conséquence directe de la chute du pont est surtout la déviation du flot vers la rive gauche (quartier Saint-Benoît), dans la « *direction naturelle de la rivière* », emportant par la même occasion la route nationale 123 (Ena, 1980). La destruction s'effectue par ailleurs de manière quasi-simultanée avec les brèches du remblai en provoquant un « *bruit de tonnerre* » entendu dans toute la cité. Ce bruit (souvent rapporté par les médias pour décrire le cataclysme soudain provoqué par la submersion du centre de Moissac) ainsi que la synchronicité des ruptures d'ouvrages portent à confusion quant à la responsabilité des deux facteurs dans la catastrophe. Au regard de la chronologie de l'évènement, ce sont cependant bien les brèches du remblai ferré qui doivent être mentionnées en tant que cause des ruptures de digues à Moissac. Roger Delthil, sénateur et maire de la ville lors des inondations plaide dans ce sens : « *Les désastres de 1930 (à Moissac) sont la conséquence directe du détournement du cours naturel des eaux par la digue du chemin de fer, peut-être même par les digues du canal et le canal en lui-même* » (Ena, 1980).

Photo III.1 Le Pont Cacor après la crue à Moissac
(Source : AD Tarn-et-Garonne Série Fi, 3Fi 52)

Photo III.2 Les débris du pont Cacor emportés par la crue non-loin du Pont Canal
(Source : AD Tarn-Et-Garonne, Série Fi, 3Fi53)

Le film du déroulement de la crue à Moissac illustre parfaitement l'importance des ruptures d'ouvrages. Sur le niveau d'aléa d'une part : en augmentant le débit soudain lors d'une rupture de digue et en submergeant brutalement des zones jusque-là préservées. Sur la gravité de l'évènement d'autre part : Moissac comptabilise le nombre le plus élevé de victimes et de destructions imputables aux crues de mars 1930. Ce bilan est en effet indissociable du caractère brusque et violent de la submersion engendrée par les ruptures de digues et donc des facteurs aggravants.

Outre le cas de Moissac d'autres brèches et ruptures d'ouvrages sont identifiables localement durant l'évènement de mars 1930. Tel est le cas à Marmande, « *où seule la rupture des digues de rive gauche empêcha le flot de parvenir à 11 m. 70* » et ainsi de dépasser les crues exceptionnelles de 1770 et 1875 (Pardé, 1930b). A Trèbes dans l'Aude les inondations ont également provoqué une brèche dans le Canal du Midi, entraînant l'inondation des terres situées à proximité (Cadihlac, 15/03/1930). Les digues de protection semblent avoir joué un rôle souvent négatif si l'on observe l'évènement dans son ensemble. Pardé (1930c) souligne cet aspect dans son analyse :

« *Ainsi, l'absence de débordement en amont de Montauban eût élevé la cote de 1 m. 50 ou plus sous le Pont Vieux. Et la vague qui s'engouffre soudain à travers une brèche (on l'a bien éprouvé à Moissac) exerce bien plus de ravages que la nappe d'eau librement étalée à travers la plaine sans avoir forcé des obstacles artificiels.* »

La non-prise en compte des communes en aval dans les projets d'endiguement et d'artificialisation du Tarn est ici clairement mise en avant par l'auteur, qui insiste une fois de plus sur le rôle qu'ont joué les digues dans la catastrophe qu'a connue Moissac. La présence de digues permet de gérer le risque dans une certaine mesure. Cependant, passé un certain seuil, qui dépend non seulement de l'intensité de l'aléa hydrologique mais aussi de l'état d'entretien des ouvrages, la rupture brutale ou la création de brèches peuvent être à l'origine de désastres, comme celui de Moissac en mars 1930.

4. Gravité de l'évènement de mars 1930 dans le sud-ouest de la France

4.1. Les décès imputables aux inondations de mars 1930

[Indice correspondant : 4/4]

4.1.1. Nombre et répartition générale des décès

Le nombre de victimes liées aux inondations est l'un des critères permettant d'évaluer le degré de gravité d'un évènement. Concernant l'évènement de mars 1930, les chiffres varient suivant les sources utilisées et ce pour plusieurs raisons. Tout d'abord, le nombre élevé de morts est difficilement appréciable du fait de l'appropriation de l'évènement par les médias, qui ont tendance à le surévaluer. De plus, en raison de la violence des eaux et des nombreuses destructions de maisons, beaucoup de corps ont pu être emportés ou dissimulés sous les décombres, rendant difficile l'établissement d'un bilan exact. Après un travail d'analyse centré sur le croisement des sources documentaires et détaillé dans le Chapitre V (section 2.2.1.), nous avons estimé à **230** morts le nombre de victimes imputables à l'évènement. Ce nombre est supérieur à celui généralement renseigné pour qualifier l'évènement à savoir 210. La répartition géographique de ces victimes est visualisable sur la Figure III.15.

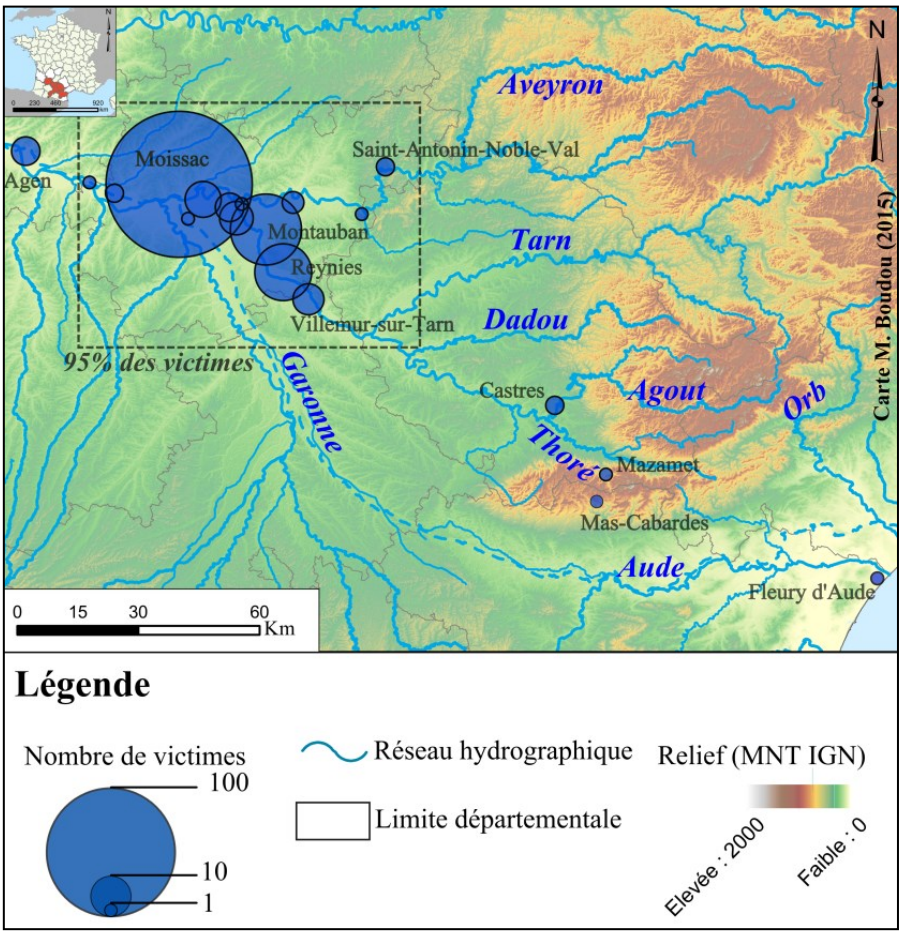


Figure III.15 Localisation des décès imputables aux inondations de mars 1930

Le nombre de décès est largement concentré dans le département du Tarn et Garonne. Les quelques décès qui surviennent en dehors de ce département sont répartis de la manière suivante :

- Dans le **Lot-et-Garonne**, 5 décès (3 hommes et 2 femmes) sont à déplorer, tous dans la ville d'Agen (Blanc, 2002).

- Dans le **Tarn**, 3 personnes ont trouvé la mort. Un homme et une femme lors d'une opération de secours effectuée par les pompiers à Castres et un homme à proximité de Mazamet dans la vallée de l'Arnette (Blanc, 2002).

- En **Haute-Garonne**, peu après la confluence du Tarn et de l'Agout, 6 personnes ont péri à Villemur-Sur-Tarn, village véritablement ravagé par les inondations de 1930 (Senges, 2010).

- Dans le département de l'**Aude**, deux autres victimes sont recensées.
  Une femme a trouvé la mort à Mas-Cabardés :
  « *L'Orbiel, sorti de son lit par suite de l'obstruction du pont qui lui barrait le passage, a transformé la route en torrent qui dès les premières heures coupa le village en deux. Les habitants fuirent, épouvantés. Ils allaient par groupes, à tâtons, le long de l'eau furieuse. Tout à coup, l'une des femmes qui donnait le bras à son mari lâcha prise et s'affaissa... La nuit était d'encre, la pluie plus violente, on ne la revit pas. Avait-elle buté contre une pierre ? Avait-elle perdu connaissance ? On ne sait. Son corps fut emporté* » (Blanc, 2002).
  A Fleury d'Aude, un septuagénaire a également trouvé la mort, emporté par les eaux :
  «*A Fleury, un cultivateur, Pierre Jourdet dit Favotte, 72 ans, en voulant ravitailler les habitants d'une ferme dite «Les Causse dans le Maritime » est tombé à l'eau et s'est noyé* » (L'Express du Midi, 07/03/1930b).

- Enfin, dans le **Lot**, une personne a succombé lors des inondations à proximité du village de Salviac dans la vallée du Céou (Pardé, 1930b).

4.1.2. *Analyse spatiale des décès dans le Tarn-et-Garonne*

La Figure III.16 permet de visualiser le nombre de victimes en effectuant un zoom sur le département du Tarn-et-Garonne qui concentre la majorité des décès.

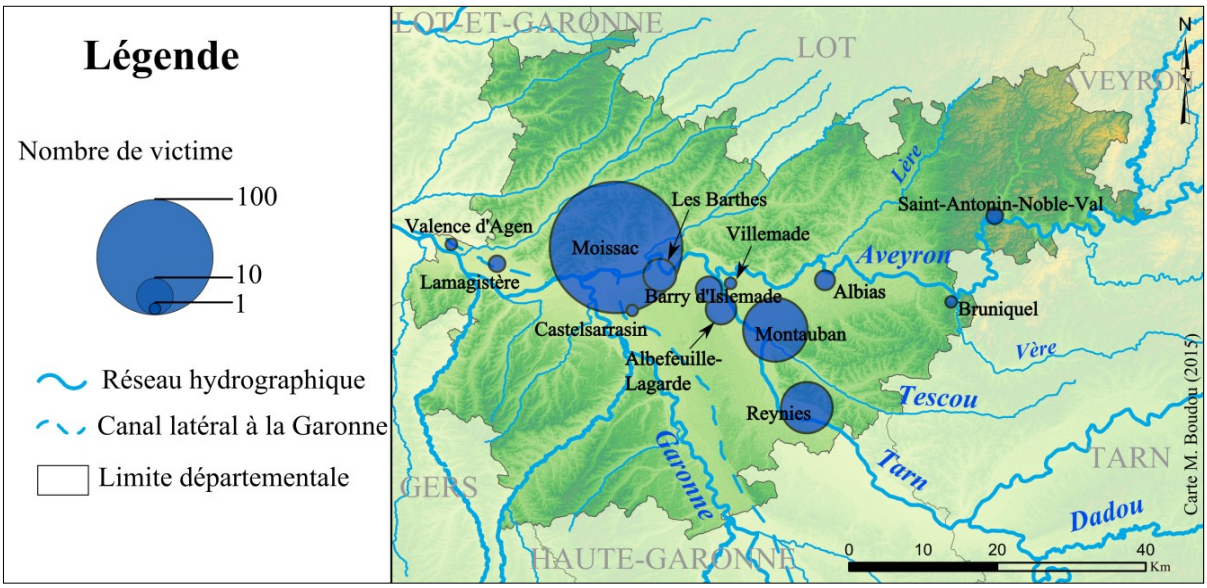


Figure III.16 Localisation des décès imputables aux crues de mars 1930, zoom sur le Tarn-et-Garonne

Ces derniers sont principalement relevés dans la partie la plus en aval du Tarn. Moissac paye le plus lourd tribut des inondations avec 130 victimes. La préfecture du département, Montauban, comptabilise 31 décès. Par ordre décroissant du nombre de décès viennent ensuite les communes de Reyniès (20), Les Barthes (8), Albefeuille-Lagarde (7), Barry d'Islemade (5), Albias (3), Saint-Antonin-Noble-Val (2), Valence d'Agen (2), Lamagistère (1), Villemade (1), Bruniquel (1), Castelsarrasin (1), et enfin Bioule (1). Au total, 213 victimes sur 230 sont recensées au sein du Tarn-et-Garonne soit plus de 92% du nombre total de décès. Ce bilan illustre bien la gravité des inondations dans ce département. Il demeure cependant étroitement lié aux nombre de décès enregistrés dans la ville de Moissac, qui représente 56% du bilan humain final.

4.1.3. *La mortalité des inondations à Moissac : l'importance des ruptures de digues*

Comme pour l'analyse de la chronologie de la submersion (Figure III.14), nous allons centrer l'analyse spatiale des décès sur la ville de Moissac. Le nombre conséquent de victimes dans cette commune semble étroitement lié à l'incidence des ruptures de digues. En effet, sur la Figure III.17 est représentée la répartition géographique des décès enregistrés dans la ville de Moissac, selon la rue de l'habitation. La plupart des victimes de Moissac se trouvent dans la zone 3 du champ d'inondation correspondant au centre-ville submergé suite à la rupture de la digue dite de la Palissade. Ce fait, qui sera détaillé au sein du chapitre V relatif à la mortalité, confirme le rôle prépondérant de facteurs aggravant l'aléa dans le nombre de décès et permet

de mieux comprendre les circonstances de la catastrophe dans la ville. Effectivement, la soudaineté de la submersion suite aux ruptures de digues a surpris beaucoup d'habitants dans leur sommeil. Il est intéressant de noter que la rue de la Briqueterie, où 16 personnes périrent durant l'inondation, a été renommée symboliquement « Rue de l'inondation 1930 » en souvenir du désastre, ce qui illustre bien l'importance et la répercussion que revêt l'inondation dans l'histoire de la ville, celle-ci faisant désormais partie intégrante du paysage urbain.

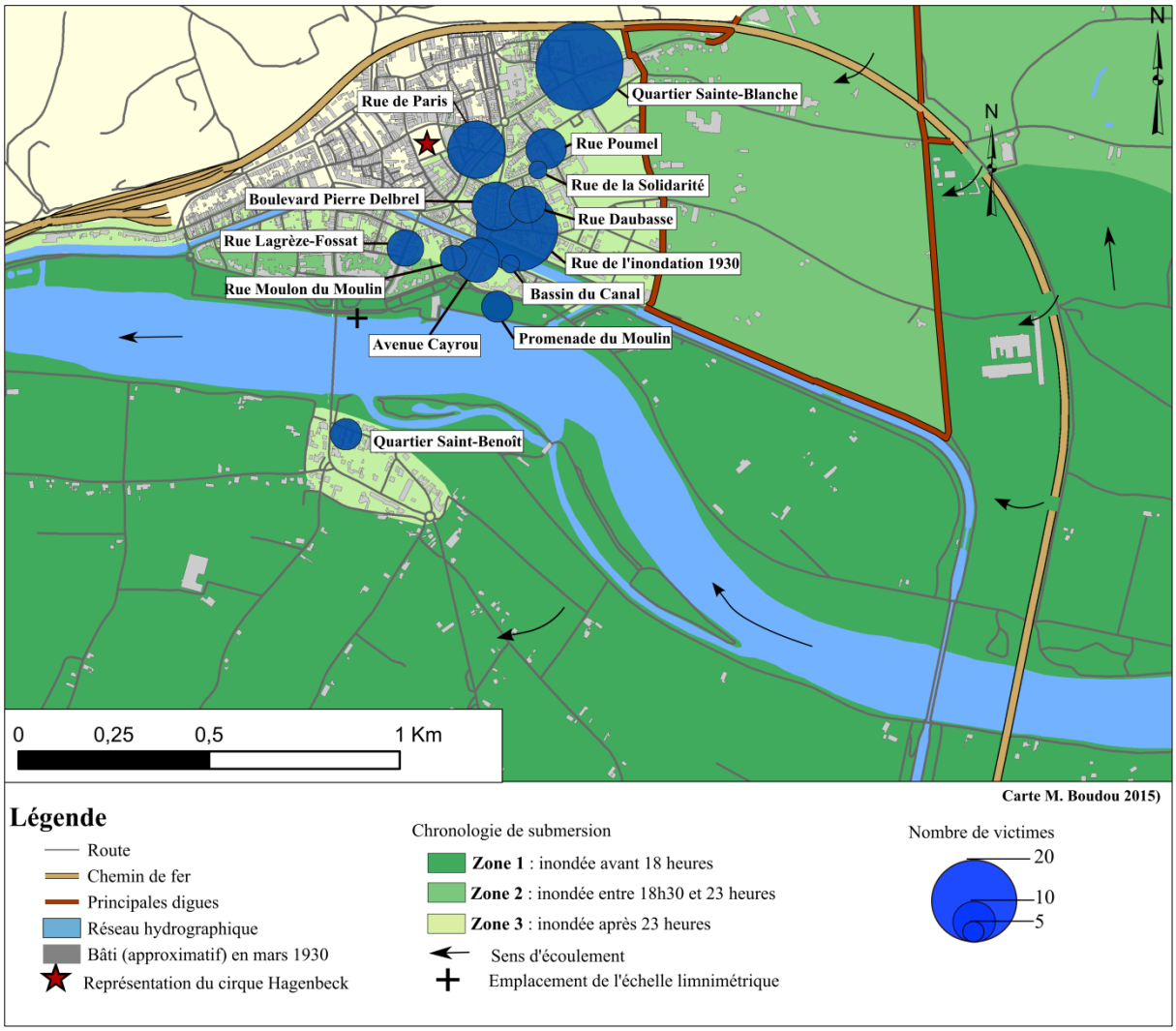


Figure III.17 Localisation des décès à Moissac en fonction de la rue concernée

Il faut toutefois signaler que, dans le cas de Moissac, la représentation du cirque Hagenbeck a été un facteur atténuant sur le nombre de décès dans la ville. En effet, le soir du pic de crue, une partie de la population assiste à la représentation du cirque (localisé dans la Figure III.17). Le spectacle s'achève à 23 heures, peu avant le maximum de la crue et la rupture soudaine des digues. Or une grande partie des décès a eu lieu au domicile des personnes : la représentation du cirque a ainsi permis à une partie de la population de ne pas se trouver dans leur habitation, diminuant indirectement le nombre déjà élevé de morts sur la commune (section 4.5.5).

« Elle (la catastrophe) *aurait été plus considérable encore s'il n'y avait pas eu une représentation du cirque Hagenbeck* » (L'Ami du Peuple, 1930).

4.1.4. Les circonstances de décès lors de l'inondation

D'après les écrits relatant l'évènement, une grande part des décès aurait eu lieu au domicile, suite à la destruction de l'immeuble d'habitation. Afin d'expliquer ces décès, la vulnérabilité du type de bâti peut être évoquée. Dans le Tarn-et-Garonne en 1930, le bâti est principalement constitué de maisons fabriquées en briques crues. Or ce type de matériau a pour caractéristique d'absorber l'eau en cas de submersion prolongée, fragilisant l'édifice et provoquant parfois sa destruction. Lors de l'inondation de 1930, la longueur inhabituelle de l'étale (niveau supérieur à 9 mètres durant 18 heures à Moissac) et les fortes hauteurs d'eau, ont contribué à fragiliser les fondations et à provoquer l'effondrement des bâtiments : « […] *c'est l'action prolongée de l'humidité qui a ruiné par la base bon nombre de maisons qui se sont ensuite écroulées sous leur propre poids* » (Faucher, 1930).
Les habitants, surpris par les ruptures de digues, n'ont pas eu le temps de quitter leur domicile. Ils ont ainsi été piégés par les eaux et ont péri lors de la destruction de leurs habitations. A l'inverse les constructions en « dur » de la vallée de la Moyenne Garonne ont mieux résisté à la pression de la crue ce qui explique le faible nombre de victimes malgré des hauteurs d'eau quasi-similaires à juin 1875.

« *Or, presque toutes les maisons bâties en bonne maçonnerie et non en briques crues ou en torchis ont supporté sans faiblir des courants très agressifs. On l'a constaté à Agen, en particulier, et ailleurs, sur les rives de la Garonne* » (Pardé, 1930b).
La vulnérabilité du bâti de l'époque doit donc être évoquée afin d'expliquer le nombre élevé de décès non seulement à Moissac mais également dans le reste des communes du Tarn-et-Garonne.

La vulnérabilité des matériaux utilisés pour la construction des habitations avait pourtant déjà été constatée lors des inondations de juin et septembre 1875 à l'origine d'un grand nombre de destructions dans cette même région. A Toulouse, un arrêté du maire daté du 14 août 1875 recommande : « *les fondations des maisons à réparer et à reconstruire, à suite de l'inondation du 23 juin dernier, devront être faites en mortier de chaux* » (Astrié, 1875). Des réductions de prix étaient alors prévues en faveur des sinistrés en charge de la reconstruction de leurs habitations, de façon à ce que « *dorénavant les habitations exposées aux inondations fussent construites, au moins à la base, en matériaux solides* » (Astrié, 1875). En dépit de ces subventions les constructions dites « en dur » demeurent chères et par souci d'économie, il semble que ces recommandations n'aient pas été respectées. Faucher (1930b) souligne cet aspect dans l'étude monographique publiée par la Revue des Pyrénées-et-du-Sud-Ouest : « […] *même dans la basse plaine de la Garonne, des fermes ont été construites en terres crues après le désastre de 1875, en des points où fatalement elles devaient être quelque jour cernées par les eaux* ».

Un autre facteur important à prendre en compte pour étudier la mortalité lors des inondations est la gestion de l'alerte à la population. Celle-ci n'est pas appréhendée directement ici, mais fait l'objet d'une section spécifique plus tard dans notre analyse (section 4.5).

4.1.5. L'analyse des profils de victimes

Toujours au sujet de Moissac, il est possible d'approfondir l'analyse des décès liés aux inondations. Le travail de Ena (1980) et la collecte de sources complémentaires en archives ont en effet permis de recenser l'âge de la quasi-totalité des victimes recensées dans la cité de Moissac. Ces informations sont représentées dans la Figure III.18.

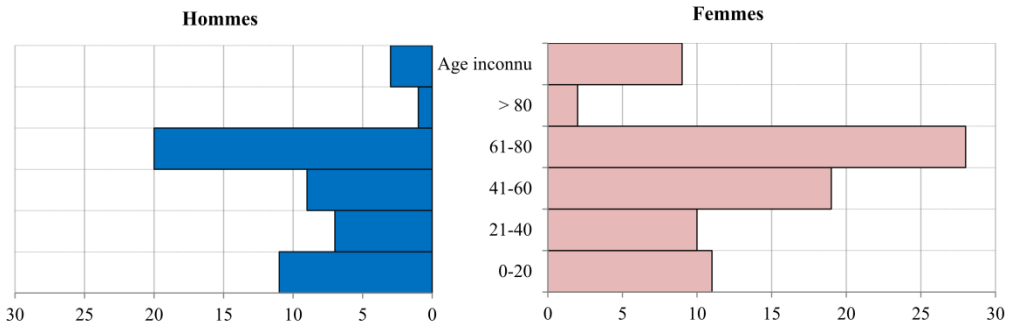


Figure III.18 Pyramide des âges des décès imputables aux inondations à Moissac

La pyramide d'âge des décès lors des inondations de mars 1930 à Moissac met en exergue le poids plus important des décès correspondant à des femmes. Ces derniers, au nombre de 79, représentent en effet 60 % du nombre total de victimes. On constate par ailleurs que la population ayant un âge situé entre 61 et 80 ans est plus touchée : 37% des décès correspondent à des personnes appartenant à cette tranche d'âge.

A l'inverse de Moissac, l'analyse du profil des victimes à Montauban (Figure III.19) montre une part légèrement plus importante de décès correspondant à des hommes (environ 56 %). Cette mortalité supérieure des hommes peut toutefois être en partie éclairée ici et fera l'objet d'une analyse plus poussée dans notre étude.

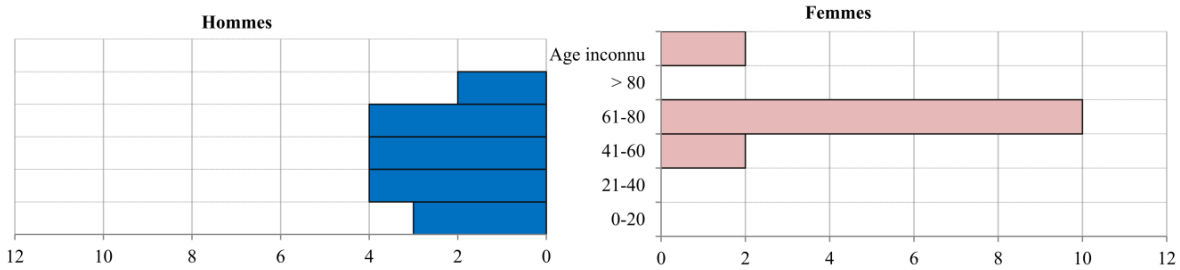


Figure III.19 Pyramide des âges des décès imputables aux inondations à Montauban

Durant l'inondation à Montauban de nombreux hommes ont péri durant les opérations de secours. Figure emblématique de la mort tragique de certains sauveteurs, Adolphe Poult, fils d'un notable de la ville, s'est noyé après avoir secouru un grand nombre de personnes. La légion d'honneur lui sera remise à titre posthume et un quai sera renommé en son honneur. Parmi les compagnons de Poult il est également intéressant de noter la présence de René Bousquet, fils du jeune directeur de cabinet du préfet et tristement célèbre pour ses exactions durant la Seconde Guerre Mondiale (Blanc, 2002, Humbert, 2010). Si l'on excepte la majorité

masculine, des ressemblances se dessinent avec la pyramide d'âge des décès dressée pour la ville de Moissac. La tranche d'âge 61-80 est ici aussi fortement affectée et représente 45 % des victimes ce qui permet de s'interroger sur les facteurs de vulnérabilité des individus appartenant à cette catégorie de la population.

4.2. Dommages économiques liés à l'inondation

[Indice correspondant : 4/4]

L'évènement de mars 1930 est intéressant à étudier sur de nombreux aspects et notamment sur la reconstruction post-catastrophe, seule opération d'envergure nationale ayant eu lieu durant l'entre-deux guerres. L'analyse des dommages sera faite au niveau global, puis par poste d'activité (industrie, commerce, agriculture, réseaux). C'est le terme de *Reconstitution* qui est choisi par les pouvoirs publics de l'époque pour désigner la phase de reconstruction. Une hypothèse peut être émise à ce sujet : le terme de *reconstruction* aurait pu revêtir une connotation négative en rappelant les souvenirs de la guerre (Gazelle, 1997).

Dès le 7 mars 1930, soit 1 jour après le pic d'intensité de l'inondation à Agen, cent millions de Francs de « premiers secours » sont accordés aux départements sinistrés en vue de leur indemnisation (Gazelle, 1997). Le 13 mars, la zone couverte par le régime d'indemnisation est délimitée (Figure III.2). Puis, le 8 avril 1930, une loi est votée, portant à 1 milliard de francs (≈ 570 millions d'euros, valeur 2015) la valeur totale de l'indemnisation décidée par l'Etat :

« *Un fonds provisionnel d'un milliard de francs est constitué en vue de la réparation des dommages de caractère exceptionnel causés aux particuliers, aux départements, aux communes et aux établissements publics par les orages et les crues qui se sont produits du 1er au 10 mars 1930 dans la zone délimitée par l'arrêté du 12 mars 1930 et ses additifs. Ce fonds est destiné à l'attribution d'allocation gratuite et à des avances à long terme et à intérêts réduits* » (Article 1er de la Loi, Journal Officiel de la République Française du 11 avril 1930, page 3970).

L'évènement de mars 1930 semble marquer un tournant dans la politique d'indemnisation menée par l'Etat. De non-interventionniste celui-ci devient « providence » et prend à sa charge le coût de l'endommagement. Nous pouvons aussi supposer que l'importance des dégâts, en partie liée aux normes de constructions obsolètes (en dépit des recommandations formulées suites aux inondations de 1875), a fait prendre conscience à l'Etat qu'il était nécessaire de prévenir une nouvelle catastrophe en contrôlant la reconstruction (Barthet, 1930).

Le montant d'un milliard de francs décidé par l'Assemblée Nationale est souvent retenu comme l'estimation globale du coût des inondations de 1930. Il est notamment repris par Pardé mais également pour la description de l'évènement dans les notes de présentations des PPRI de la vallée du Tarn. Afin de voir si ce montant peut être jugé comme réaliste, il apparaît nécessaire de retrouver la répartition des sommes allouées. L'exploration des archives a permis d'en savoir un peu plus sur la nature des dommages causés par les inondations.

Sur le département du Tarn-et-Garonne pour lequel une analyse plus fine est possible, au moins 66 communes recensent des déclarations de sinistrés (Figure III.20). Cela concerne l'ensemble des communes situées le long du Tarn, de l'Aveyron et de ses affluents (Bonnette, Lère, Vère). La Garonne ne semble avoir eu un impact sur les communes riveraines qu'à partir de la confluence avec le Tarn à Saint-Nicolas-La-Grave, illustrant bien le rôle décisif des inondations du Tarn et de l'Aveyron dans l'endommagement du département.

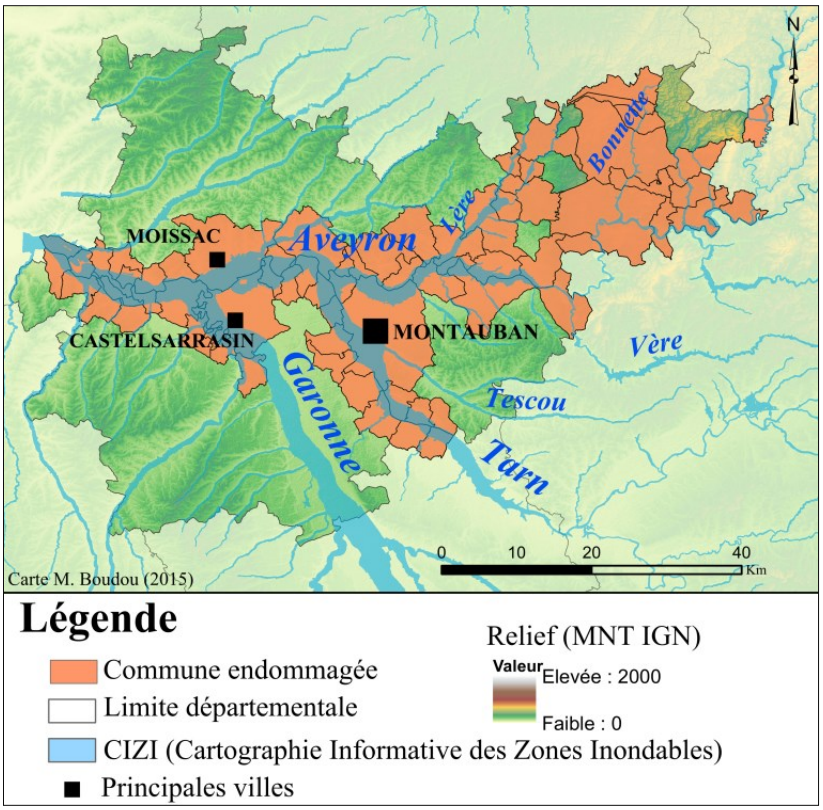


Figure III.20 Communes impactées par les crues de mars 1930 sur le Tarn-et-Garonne (Source : AD Tarn-et-Garonne, Série M)

La répartition des sommes accordées par la commission d'évaluation des dommages sur ces communes est représentée par la Figure III.21[23]. Au total, 430 millions de francs ont été accordés au département suite aux déclarations des sinistrés (auxquels il faut ajouter les dommages généraux aux communes qui ne font pas l'objet d'une déclaration : curage et déblaiement des cours d'eau, réparation des réseaux…). Les dommages au bâti représentent la majorité des sommes versées soit 64 % du coût total des indemnisations. Les indemnisations cumulées des dommages commerciaux, agricoles, et industriels représentent de leur côté 13 % du montant total, soit une part sensiblement moins importante. Cet aspect illustre bien le fait que l'inondation de mars 1930 dans le Tarn-et-Garonne est avant tout une catastrophe « urbaine », principalement liée à la destruction massive des immeubles

[23] Source : archives départementales du Tarn-et-Garonne, Série Ms3003

d'habitations. Enfin 13 % sont également accordés aux immeubles non-bâtis[24] et 10% au mobiliers et divers.

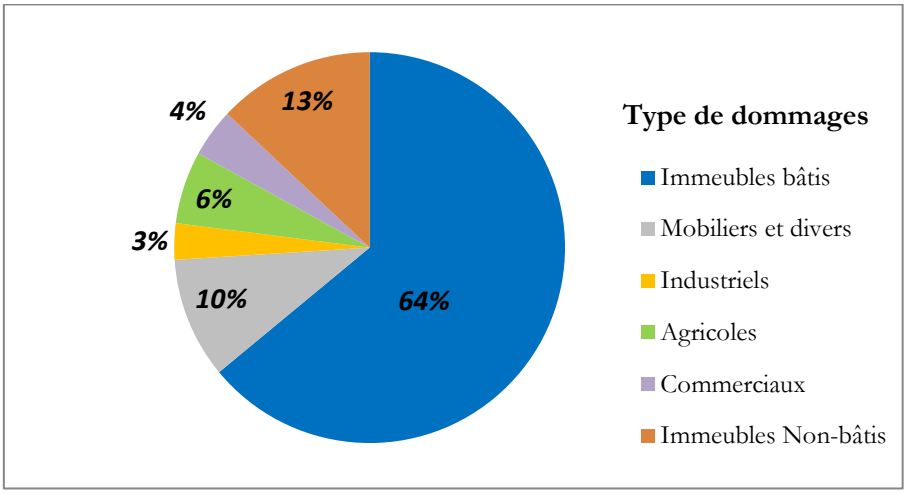


Figure III.21 Répartition des indemnisations dans le Tarn-et-Garonne

4.2.1. Estimation du montant total des dommages

Il est possible d'établir une répartition du montant de 1 milliard de francs disposé aux départements par l'arrêté ministériel du 8 avril 1930 :

- Sur le département du Tarn-et-Garonne environ 430 millions furent accordés pour l'indemnisation suite aux déclarations des sinistrés.
- Sur le département du Tarn, environ 100 millions (avec toutefois une plus grande incertitude) ont été mobilisés pour la réparation et la reconstruction des dommages aux industries dans la région de Castres-Mazamet.
- Environ 100 à 125 millions de francs sont attribués au titre des dommages agricoles sur le département du Lot-et-Garonne (avec la aussi une certaine incertitude suite au manque de recul lors de l'estimation suite à l'évènement (Guy, 1930)) .
- Au niveau global, environ 40 millions de dégâts concernant l'indemnisation des dommages aux réseaux ferrés (19 millions de dommages au réseau et 21 millions pour la reconstruction du Pont Cacor).

Ceci laisserait, sur 1 milliard, environ 305 millions de francs de dommages à répartir entre les autres types de dommages et les départements (autre que le Tarn-et-Garonne) pour lesquels nous n'avons pas de vision exhaustive. Cette estimation nous semble relativement pertinente notamment sur sa répartition dans les différents départements. Il est toutefois indispensable de la nuancer. Le milliard de francs officiellement accordé par l'Etat n'est pas « certifié » par la suite. En raison de la date éloignée de l'évènement, il est difficile d'attester que celui-ci couvre la totalité des dommages. Il se peut également que l'évènement ait causé un coût moindre que le milliard annoncé. Nous savons par exemple qu'une partie des fonds a servi à la protection des villes impactées contre le risque d'inondation. L'idée première était à

[24] Précision : Faute d'information précise sur la nature de ces dommages, nous supposons qu'il s'agit d'immeubles à usage agricole.

l'origine la construction d'un sanatorium pour limiter les risques d'épidémie, notamment de tuberculose. Mais il a été par la suite décidé, pour le Tarn-et-Garonne, qu'une partie du fonds d'indemnisation serait attribué aux départements pour la réalisation de travaux de protection comme cela a été le cas à Moissac ou à Montauban. En tenant compte des limites et incertitudes liées à l'estimation globale, le coût de l'inondation est de toute manière supérieur à 300 millions d'euros actuels et entre donc dans la catégorie « la plus forte » de la grille de lecture.

Afin d'analyser plus en détail les dommages économiques de l'inondation, un découpage entre les principaux types de dommages est possible :

- Les dommages au bâti résidentiel (immeubles, bâti urbain) ;
- Les dommages industriels ;
- Les dommages commerciaux et dommages agricoles (cultures, bâtiments agricoles) ;
- Les dommages aux réseaux (ferrés, routiers…).

4.2.2. Analyse des dommages au bâti dans le Tarn-et-Garonne

► **Répartition des déclarations de dommages aux immeubles**

Les dommages aux immeubles sont nombreux lors des inondations de mars 1930 sur le Tarn-et-Garonne. En effet, comme souligné précédemment (section 4.1.4), la vulnérabilité du bâti a engendré un grand nombre de destructions d'immeubles. La Figure III.22 représente le nombre de constats de dommages aux immeubles dans le département. Les communes les plus touchées sont Moissac (1600 constats) et Montauban (2100 constats), c'est-à-dire les principaux centres urbains de l'époque avec Castelsarrasin mais également les plus grandes en superficie. Saint-Antonin-Noble-Val (482 constats), Lamagistère (450 constats), ou encore Reyniès (184 constats) enregistrent également un grand nombre de dommages aux immeubles résidentiels.

A la date du 1er avril 1930, il est fait état de 2693 immeubles détruits dans les départements endommagés (Minvielle, 1931) dont au moins 1700 pour le seul département du Tarn-et-Garonne selon les documents d'archives[25]. Les principaux centres touchés sont Montauban avec 713 maisons détruites, Moissac avec 646 maisons détruites (Ena, 1980), et Reyniès avec 150 maisons, soit la totalité du village (Senges, 2010).

[25] Source : AD Tarn-et-Garonne, série M, sous-série Ms 3003.

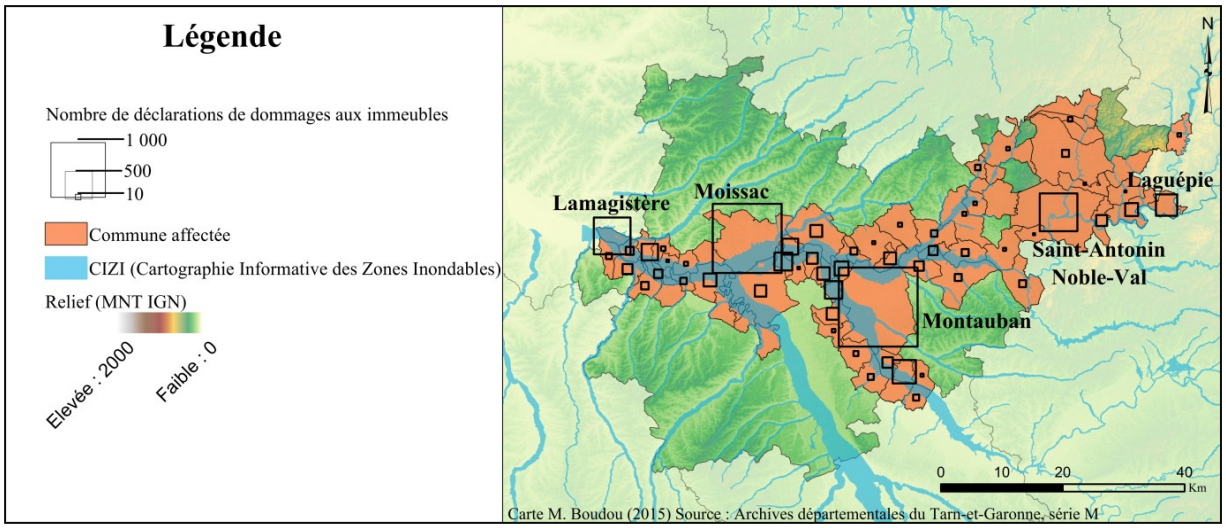


Figure III.22 Nombre de déclarations de dommages aux immeubles dans le Tarn-et-Garonne

► Répartition des indemnisations au bâti dans le Tarn-et-Garonne

Sur 330 millions de francs indemnisés pour des dégâts au bâti, 276 millions sont alloués par la Commission d'Evaluation aux habitations des communes touchées du Tarn-et-Garonne. La Figure III.23 illustre leur répartition spatiale, réalisée à partir du montant des indemnisations alloué par communes pour ce type de dommages. Cette représentation ne tient cependant pas compte des principales communes touchées à savoir Moissac, Montauban et Reyniès (l'information n'étant pas disponible sur ces communes).

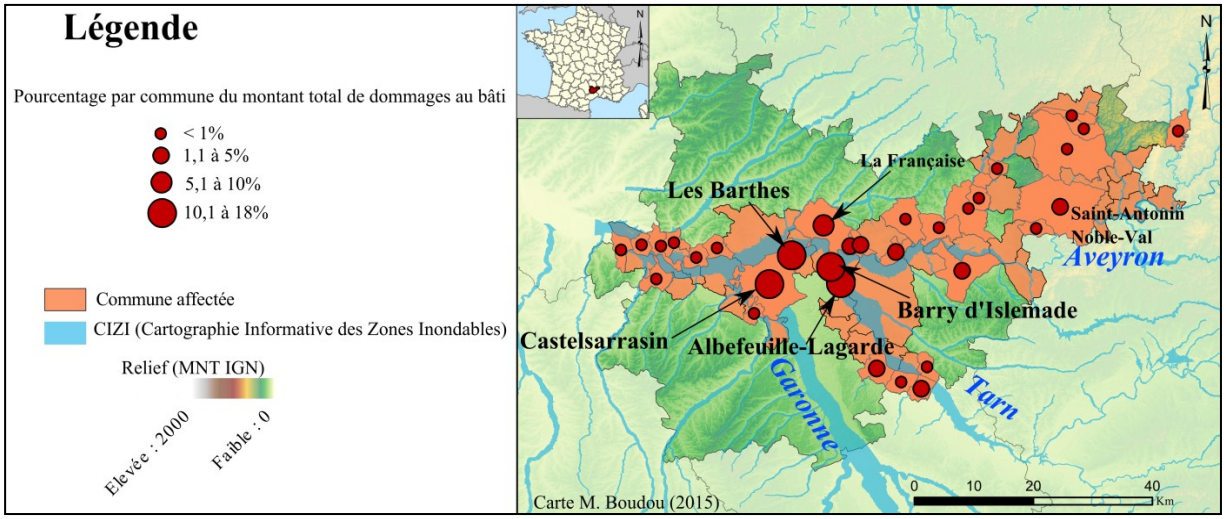


Figure III.23 Répartition des indemnisations aux immeubles bâtis par communes dans le Tarn-et-Garonne

Le rôle des confluences dans la répartition des dommages est ici clairement identifiable. En effet, les communes situées à la confluence du Tarn et de l'Aveyron, du Tarn et de la Garonne se caractérisent par un montant élevé de dommages indemnisés sur le bâti : c'est le cas de Les Barthes, Albefeuille-Lagarde ou de Castelsarrasin. La commune de Saint-Antonin-Noble-Val, avec 102 maisons détruites (Senges, 2010), semble être la commune la plus touchée en dehors des villes citées précédemment.

Une estimation du montant des dommages indemnisés à Moissac et Montauban est possible à partir du nombre de déclarations faites. En effet, si l'on se fonde sur les données disponibles pour les autres communes, le montant moyen indemnisé par déclaration de dommages au bâti s'élève à 64 000 francs. Rapporté au nombre de déclarations à Montauban (2100) et à Moissac (1600), le montant des indemnisations accordées équivaudrait respectivement à 140 et 107 millions de francs. Ce montant équivaudrait à la quasi-totalité des indemnisations allouées au reste des communes touchées du Tarn-et-Garonne, illustrant la concentration de l'endommagement dans ces deux communes.

4.2.3. Des dommages industriels majeurs dans le Tarn

Des dommages aux industries sont constatés dans le Tarn-et-Garonne mais leurs montants sont relativement peu élevés comparativement aux autres types de dommages. Au total, 13 millions de francs d'indemnités ont été accordés pour le remboursement de matériels industriels (ce chiffre n'inclut cependant pas les montants liés à la réparation des bâtiments d'usines). Montauban, Saint-Antonin-Noble-Val et Valence-d'Agen comptent le plus grand nombre de déclarations de dommages industriels : 45, 25 et 15 constats respectivement. Au niveau de la valeur indemnisée (sur les communes où l'information est disponible), Les Barthes et Saint-Antonin comptabilisent 1,5 millions et 700 000 Francs de dommages.

Contrairement aux autres types de dommages, les dommages aux industries sont plus conséquents dans le Tarn. Les inondations provoquées par les crues du Thoré et l'Arnette, son affluent, ont fortement impacté les exploitations lainières de la vallée. C'est en particulier le cas sur le secteur de Mazamet.

« *L'Arnette, petite rivière ordinairement si paisible, qui arrose Mazamet et meut ses usines aux eaux de laquelle on prête généreusement la vertu du délainage des peaux expédiées de tous les coins du globe, l'Arnette, la richesse depuis des années de Mazamet, est en quelques heures devenue sa ruine* » (Bichambis, 1930).

Beaucoup d'usines de lainages ont été endommagées voire détruites durant les inondations du 1er au 2 mars sur ce secteur. Sur 100 usines, près de 50 sont en incapacité de fonctionnement, entraînant un fort chômage : « *les usines en sommeil ou en agonie. Des hommes, des femmes rôdent autour des murs et paraissent anxieux de leur oisiveté* » (Le Petit Parisien, 09/03/1930).

L'urgence de la reconstruction pour la vallée du Thoré est mise en avant par le gouvernement et par la chambre de commerce et d'industrie. Le 8 mars cette dernière estime que les dégâts dans la région de Mazamet s'élèvent à environ 100 millions de francs soit environ 5,5 millions d'euros actuels (L'Humanité, 09/03/1930). Les dommages aux industries lainières apparaissent d'autant plus graves qu'ils interviennent dans un contexte économique déjà marqué par la crise. Le 24 octobre 1929 (le fameux « jeudi noir »), la bourse et les marchés se sont effondrés, touchant fortement le secteur des exportations de laine qui font la renommée des vallées de la Montagne Noire (Brenac, 1932). L'inondation de mars 1930 vient s'inscrire comme une nouvelle difficulté pour les mégisseries Tarnaises et comme un facteur d'aggravation du contexte socio-économique. Il faudra attendre plusieurs mois avant la reprise totale des activités et patienter jusqu'en 1933 pour relever un véritable sursaut de

l'activité économique. Ce contexte défavorable explique la préoccupation particulière et fortement relayée dans la presse de l'Etat pour les zones impactées du Tarn en dépit d'un faible nombre de victimes.

4.2.4. Dommages commerciaux et agricoles

Concernant les dommages commerciaux, le montant total accordé par la commission s'élève à environ 14 millions de francs (valeur 1930). Nous ne disposons pas d'informations économiques précises sur la répartition de ces montants. Comme pour les autres types de dommages, nous pensons que ces derniers touchent principalement les communes de Montauban et Moissac, qui recensent le plus grand nombre de déclarations : 330 constats de dommages commerciaux à Montauban et 125 à Moissac.

Pour le secteur agricole la situation semble plus complexe. Effectivement, il faut prendre en compte non seulement les dommages aux cultures, difficilement estimables, mais également les dommages aux élevages (pertes de bétails). Les hauteurs d'eau exceptionnelles atteintes lors des crues de mars 1930 ont considérablement impacté l'agriculture des zones concernées. C'est en particulier vrai pour les départements du Tarn-et-Garonne et du Lot-et-Garonne qui possèdent une forte activité maraîchère et fruitière. Dans le Tarn-et-Garonne environ 5500 agriculteurs sinistrés sont ainsi recensés pour un montant total indemnisé évalué à 26 millions de francs (Demarty, 1930). Dans le Lot-et-Garonne ces dommages se situent dans une fourchette de 120 à 125 millions de francs (Guy, 1930).

Les conséquences des inondations sur l'agriculture sont diverses. Il faut dans un premier temps relever l'impact des dépôts sédimentaires sur les terres cultivées. Si certains dépôts de limons peuvent avoir une rétroaction positive sur la culture en enrichissant le sol de matière organique, le dépôt de sédiments grossiers, comme le sable ou les graviers, a un impact négatif. Or de nombreux dépôts, liés notamment à la destruction des chemins vicinaux et remblais de voie ferrées, ont été enregistrés suites aux crues de mars (Guy, 1930). Dans un second temps, en raison des fortes hauteurs d'eau, de nombreuses plantations fruitières ont été asphyxiées et un nombre important de terres cultivées ont absorbé une grande quantité d'eau (l'aération des sols est alors nécessaire afin de favoriser le développement des micro-organismes (Guy, 1930)) . Enfin de nombreuses têtes de bétail ont également trouvé la mort durant l'inondation : 3,5 millions de francs sont à ce titre alloués par le fonds provisionnel aux sinistrés du Tarn-et-Garonne, soit environ 13% du montant lié aux dommages agricoles.

4.2.5. Des réseaux fortement touchés

► **Dommages recensés dans les départements**

Les réseaux routiers et ferrés, construits en grande partie dans les plaines d'inondation du Tarn et de la Garonne, ont été fortement touchés lors des inondations de mars 1930. Au moins 11 grands ponts, dont le fameux pont Cacor à Moissac, ont été emportés et une vingtaine de lignes de chemins de fer ont subi une interruption de trafic. C'est notamment le cas des lignes Bordeaux-Sète à Moissac (Conseil général du Tarn-et-Garonne, 1932) et Paris-Toulouse à Saint-Antonin (Pardé, 1930c). Au total, 40 millions de francs de dégâts sont estimés par la compagnie des Chemins de Fer du Midi (Boudou, 1931), dont 21 millions alloués pour la seule reconstruction du Pont Cacor[26] (le Pont Canal de Moissac sert temporairement de point de passage sur le Tarn). La Figure III.24 illustre la répartition des dommages au réseau ferré par commune (hors prix de la reconstruction du Pont Cacor). La distribution spatiale du montant des dommages suit en toute logique les principales vallées affectées, à savoir le Tarn, l'Aveyron, le Thoré, la moyenne Garonne... Sans surprise, les principaux dommages concernent le Tarn-et-Garonne, et notamment Moissac et Montauban qui comptabilisent près de 70% du montant total des dommages à elles seules.

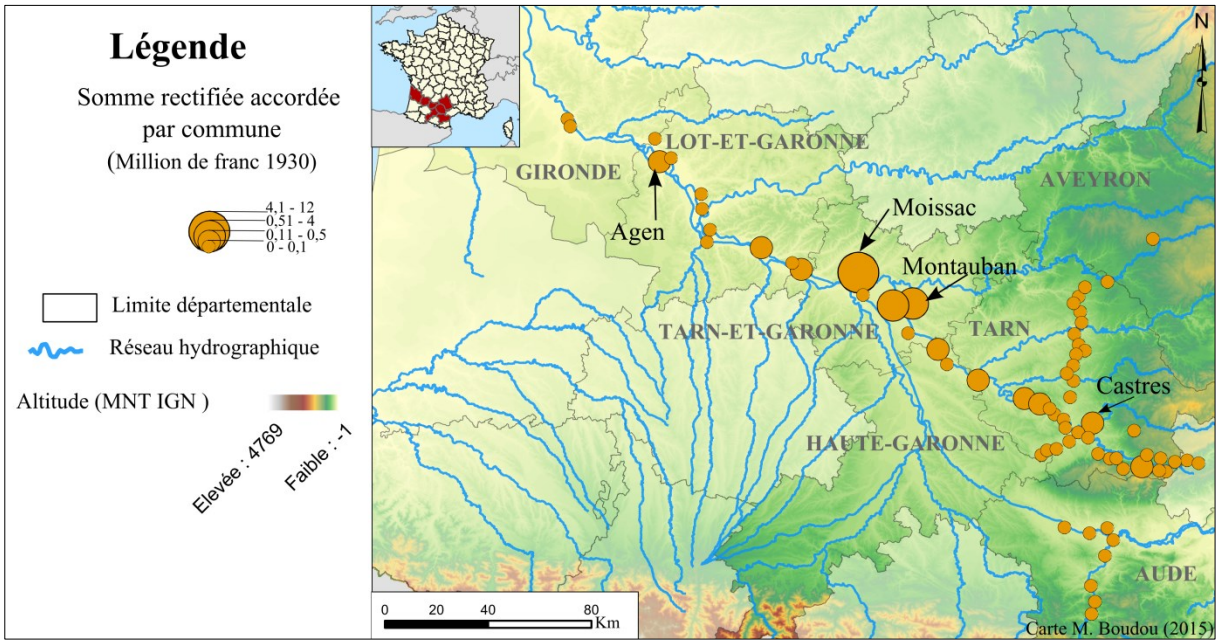


Figure III.24 Dommages aux voies ferrées par communes
(Source : AD Tarn-et-Garonne, série M)

[26] Rapport de l'ingénieur des Ponts-et-Chaussées daté du 09/12/1948, Archives du Tarn-et-Garonne, série S, sous-série Ss167

► **Les dommages aux voies ferrées dans le Tarn**

Si les dommages au réseau ferré concernent principalement le Tarn-et-Garonne, ceux relevés dans le Tarn marquent une forte extension spatiale. Si l'on effectue un zoom sur ce département on s'aperçoit que les cours d'eau secondaires ont été impactés par les crues de mars 1930 comme l'illustre la présence de dommages aux voies ferrées dans des communes situées loin du Tarn ou de ses principaux affluents. Le rôle des confluences dans l'aggravation des dégâts est clairement visible sur la Figure III.25, comme à Castres (Agout-Thoré) ou à Saint-Sulpice (Agout-Tarn), qui enregistrent des dégâts bien supérieurs aux autres. Si beaucoup de lignes ferroviaires ont depuis 1930 cessé toute activité en raison du déclin des activités industrielles de la Montagne Norie, la répartition des dommages offre une image de la vulnérabilité du réseau ferré dans ce département.

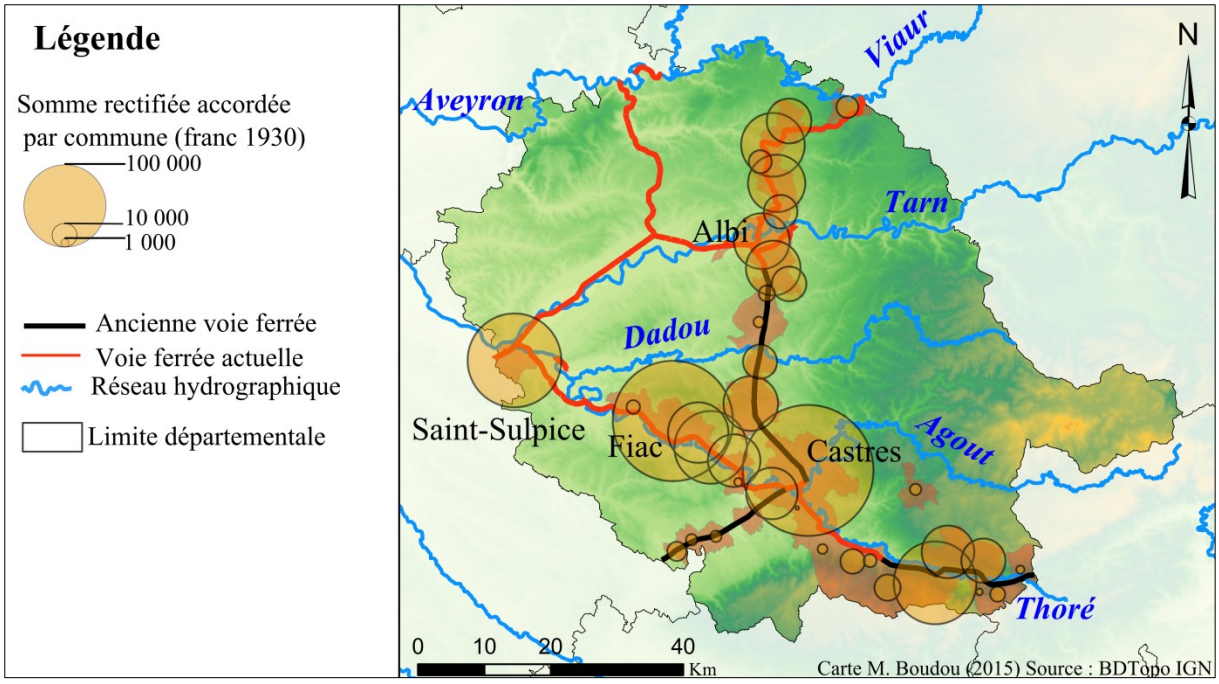


Figure III.25 Dommages au réseau ferré par communes, zoom sur le département du Tarn (Source : AD Tarn-et-Garonne, série M)

4.3. Les répercussions à court et moyen termes

[Indice correspondant : 4/4]

4.3.1. Des inondations médiatisées

Les inondations de mars font très vite les unes des presses locales et nationales. Les inondations du Languedoc sont décrites dès le 2 mars à travers les submersions engendrées par l'Orb et l'Orbiel. A partir du 3 mars, la presse suit avec attention l'inondation et son évolution. Les inondations font les gros titres des principaux journaux de l'hexagone durant près de 15 jours. C'est le cas dans Le Petit Parisien, L'Humanité, L'Ouest Eclair, ou dans Le Figaro pour ne citer que les principaux. Un numéro spécial de l'Illustration consacré aux

désastres est également publié le 15 mars, contribuant à donner une ampleur nationale à la catastrophe (Cadihlac, 15/03/1930).

L'inondation est souvent associée aux désastres causés par la Première Guerre Mondiale dans les médias. Les paysages dévastés par les inondations sont en effet fréquemment assimilés à ceux du nord-est après les conflits : « *Il n'est pas exagéré d'évoquer le souvenir de nos paysages du front après le bombardement, et il n'est pas sacrilège de comparer aux seules horreurs de la guerre la désolation qui règne sur ces départements* » (Le Figaro, 11/03/1930).
Les médias ont par ailleurs tendance à majorer l'ampleur de l'inondation notamment à propos du nombre de victimes. A titre d'illustration, les journaux du Figaro et de l'Humanité parus le 7 mars (Figure III.26), mentionnent tous deux 700 morts, bilan qui sera néanmoins rapidement revu à la baisse.

Sept cent morts
M. Doumergue et M. Tardieu
vont visiter les régions dévastées

L'effroyable dévastation du Sud-Ouest
SEPT CENTS MORTS ?...
Le gouvernement s'efforce de cacher la vérité
pour masquer ses responsabilités écrasantes

Figure III.26 Titres de deux articles du 7 mars 1930 (a) dans le Figaro ; (b) dans l'Humanité

Les discours médiatiques se penchent, dans les jours qui la suivent, sur les causes de l'inondation et mettent en particulier l'accent sur l'importance du déboisement. Les crues sont considérées par les médias comme une conséquence directe des campagnes de déboisement :

« […] *si nous n'avions pas déboisé avec tant d'entrain, les inondations seraient moins fréquentes, moins désastreuses... L'arbre est un grand buveur d'eau et la forêt mouillée vaut tous les parapets, tous les barrages, toutes les digues.*[…] » (L'Excelsior, 16/03/1930).
Cette opinion est cependant rapidement remise en question par les experts qui, au vu de l'intensité de l'aléa hydrométéorologique atteinte, relativisent l'incidence des zones forestières pour diminuer les crues.

« *Ce n'est pas, comme on l'a dit parfois, par le reboisement qu'il sera possible de supprimer les grandes inondations* » (Ligou, 1932).
Dans une même optique, Faucher (1930b) rappelle que « […] *la forêt ne peut pas donner aux régions menacées par des inondations du genre de celles dont nous avons déploré les terribles effets, la sécurité qu'elles cherchent.* »
En dépit de l'attention particulière portée à cette question dans les jours qui ont suivi l'inondation, le reboisement n'a pas été considéré comme une réponse plausible face à des inondations d'une ampleur similaire à celle de mars 1930.

4.3.2. Répercussions politiques

Différentes répercussions politiques de court, moyen et long terme, sont imputables aux inondations du Sud-Ouest.

► **L'intervention de l'armée**

L'envoi de militaires pour contenir la crise est l'une des premières réactions des autorités politiques. Ce déploiement de l'armée, relativement rare au XXe siècle, illustre l'incapacité des autorités locales à prendre en main la situation. Les tirailleurs sénégalais basés à Castelsarrasin sont ainsi réquisitionnés par l'Etat pour porter secours aux sinistrés de Moissac et Montauban (Lagarrigue, 2009).

► **La visite d'hommes politiques suite à l'inondation**

Autre répercussion politique majeure à court terme : la visite de politiques aux régions sinistrées. Le président de la République, Gaston Doumergue se déplace les 9 et 10 mars. Cette visite est suivie de celle du Président du Conseil nouvellement nommé, André Tardieu (Versavel, 2001). D'autres hommes politiques tels que le ministre des Travaux Publics, M. Pernot, à Agen, ou le ministre de l'Instruction Publique M. Marraud, se rendent également dans les territoires inondés (La Dépêche, 08/03/1930).

► **Des solidarités venues d'autres villes et de l'étranger**

Par arrêté ministériel, le 9 mars 1930 est déclaré journée de deuil national en hommage aux victimes de la catastrophe. Cette journée s'inscrit dans une démarche d'expression de compassion et de solidarité nationale envers les victimes sinistrées du sud-ouest. C'est la première fois que cette mesure est prise en France ce qui souligne l'impact de l'évènement pour l'Etat mais également pour la population française.

Dans une optique similaire, une souscription nationale de solidarité est lancée afin de venir en aide aux sinistrés (Cadihlac, 15/03/1930). De nombreuses collectivités, particuliers, mais également des pays étrangers répondent à cet appel par des dons d'argent à destination des services de secours d'urgence et de reconstruction des villages sinistrés. De nombreuses communes affectées sont « adoptées » par des pays étrangers ou par d'autres communes Françaises. Villemur-Sur-Tarn est ainsi adoptée par la ville de Lyon qui apporte des vivres et fournitures à la commune sinistrée et lui attribue un don d'argent. La commune de Moissac a quant à elle été adoptée par la ville de Paris (La Dépêche, 21/03/1930) tandis que les Pays-Bas prennent Albefeuille-Lagarde sous leur aile (elle sera reconstruite avec les normes architecturales de ce pays). Fait intéressant à souligner, les « sinistrés de guerre » des régions du nord-est sont appelés à un élan de solidarité envers les sinistrés du « *Midi* » par le Président Doumergue, considéré comme un « *juste retour* » de la solidarité qui s'était exercé en 1918 (Le Figaro, 11/03/1930). Les inondations de mars 1930 et les nombreuses conséquences qu'elles occasionnent sont ainsi un moyen de consolidation de l'unité nationale.

4.3.3. Répercussions sociales : un grand nombre de sinistrés et de chômeurs

Les inondations de mars 1930 ont de fortes répercussions sociales. Tout d'abord, en raison du grand nombre de bâtiments détruits par l'inondation, une part importante de la population est sinistrée et sans logement. On compte ainsi près de 10 000 sans-abris à Montauban (Boudou, 1931), 5896 à Moissac (Bichambis, 1930), 205 à Villemade, ou encore 115 à Meauzac (Blanc, 2002). La ville de Villemur-sur-Tarn possède également un grand nombre de sans-abris sur une population totale de 3000 habitants (Blanc, 2002). Le nombre de sinistrés impactés directement par les inondations est particulièrement important dans le Tarn-et-Garonne. Ce nombre peut être relié aux déclarations de dommages au bâti : visualisables sur la Figure III.27.

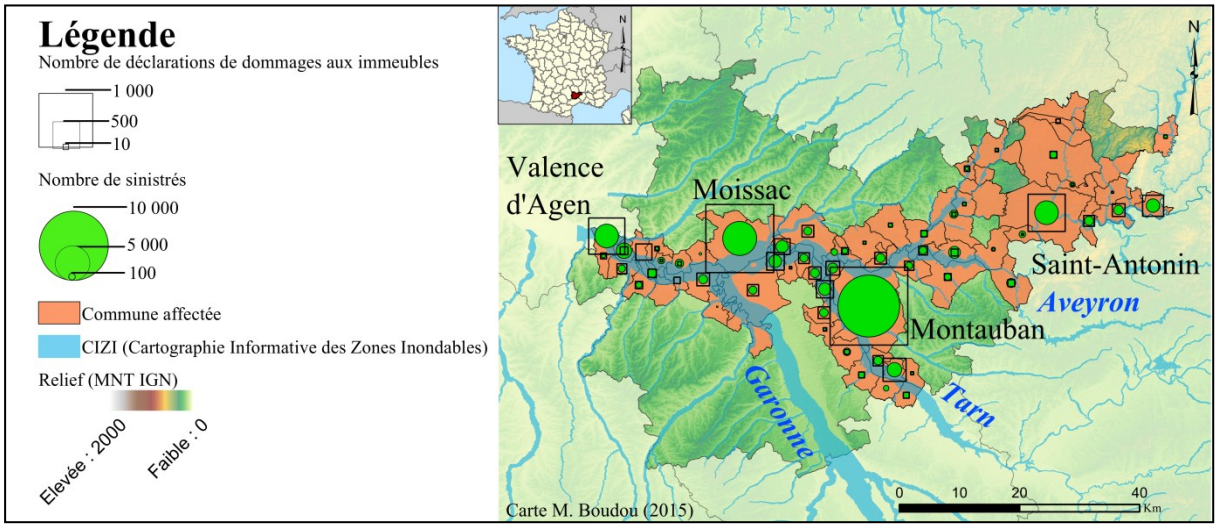


Figure III.27 Nombre de sinistrés et nombre de déclarations de dommages aux immeubles (Source : AD Tarn-et-Garonne, série M)

Les secteurs comportant le plus de sinistrés apparaissent ici relativement identiques à ceux comptabilisant les plus forts dommages au bâti. Ils sont principalement situés à proximité des confluences des principaux cours d'eau (Tarn-Garonne-Aveyron), illustrant à nouveau l'intensité de l'évènement dans ces endroits fortement exposés. De plus, un nombre important d'habitants se retrouve au chômage suite aux dégâts causés aux industries, aux cultures ou encore aux commerces. C'est en particulier le cas dans le département du Tarn, et plus précisément dans les vallées fortement industrialisées du Haut-Tarn et du Thoré.

« *La catastrophe pose donc dans le Tarn, plus que dans les départements voisins, un grave problème qui intéresse l'avenir d'une industrie française jusqu'ici prospère et le sort de plusieurs milliers d'ouvriers* » (Le Petit Parisien, 09/03/1930).

Dans les autres départements touchés, le problème du chômage existe dans une moindre mesure, les mégisseries et laineries (exposées à l'aléa de par l'utilisation de l'énergie hydraulique) étant en grande partie situées dans le département du Tarn. On dénombre malgré tout 176 chômeurs à Montauban le 5 mars 1930[27] et près de 500 à Villemur en Haute-Garonne (Senges, 2010). Certains chômeurs se sont vus proposer de travailler pour la

[27] Source : AD du Tarn-et-Garonne, Série M, sous-série Ms3003.

réhabilitation et le déblaiement des régions inondées. C'est par exemple le dégagement du lit du Tarn avec la démolition d'un « duit »[28], retenu dans le cadre du plan d'ensemble de défense de la ville de Moissac contre les inondations et promu par la Commission des Grands Travaux contre le chômage[29]. Le sort des chômeurs préoccupe l'Etat ainsi que cela est mentionné dans plusieurs départements fortement touchés. C'est le cas dans l'Hérault suite aux inondations de l'Orb à Béziers où « *le préfet a donné des instructions aux agents voyers pour prendre les mesures urgentes en vue de la réfection des routes et chemins et d'utiliser les chômeurs nombreux surtout parmi les ouvriers agricoles* » (Parisien, 06/03/1930).

Les répercussions sociales des inondations du Tarn en mars 1930 sont finalement particulièrement fortes. Le nombre important de chômeurs et de sinistrés suite à l'intensité exceptionnelle et la grande extension de l'évènement illustre les impacts à court et moyen termes pour la société de l'époque.

4.4. Les répercussions à long terme

4.4.1. Le procès de Moissac (1931)

Dans les archives départementales du Tarn-et-Garonne, un document que nous avons consulté fait état d'un procès intenté par 33 habitants de Moissac à l'encontre de la commune et de l'Etat. Cette instance judiciaire est motivée par la recherche de responsabilité dans le désastre humain qu'a connu la ville. Les plaignants demandent notamment des indemnisations pour les proches qu'ils ont perdus durant l'évènement. L'accusation s'articule autour de deux faits principaux :

a. L'Etat est accusé d'« avoir commis diverses fautes dans l'exécution, en amont de la ville, de travaux publics et de n'avoir pas fait disparaître certains atterrissements qui se sont formés dans la dite rivière. »

b. La commune de Moissac est quant à elle accusée « de ne pas avoir entretenu en bon état, et au besoin fait renforcer et surélever les digues connues sous le nom de la digue de La Palissade, et la digue de la Cartonnerie, ainsi que de n'avoir avisé dans la journée du 3 la population du danger qu'elle courait ni pris de mesure pour assurer la sécurité des habitants. »[30]

La défense des deux parties s'articule de la manière suivante d'après l'échange de courriers. Concernant l'Etat, il est mis l'accent sur le caractère remarquable de la crue de 1930 qui ne permettait pas de garantir la solidité des ouvrages ainsi que sur la contribution minime des atterrissements dans l'intensité du phénomène. Le degré d'aléa de l'évènement constitue pour l'Etat la principale ligne de défense : l'exceptionnalité des inondations, du « jamais-vu », ne permettait pas d'anticiper la catastrophe. Pour la commune, la ville aurait déployé tous les moyens mis à sa disposition afin d'avertir les populations. Au sujet de l'entretien des digues,

[28] Définition du dictionnaire Larousse : « Duit », Lit artificiel d'un cours d'eau, créé à l'aide de digues
[29] Source : AD Tarn-et-Garonne, Série S, sous série Ss 367
[30] Source : AD Tarn-et-Garonne, Série S, sous série SSpt 368.

la ville de Moissac stipule qu'aucune loi ne reconnaît l'obligation de l'entretien ou de la surélévation des digues. Au final, c'est le cas de force majeure qui est requis par la défense d'après un courrier du préfet du Tarn-et-Garonne à l'adresse du Conseil de Préfecture Interdépartementale de Toulouse (en charge de l'instruction du dossier en raison des enjeux du procès) :

« *S'agissant d'un évènement de force majeure, l'Etat décline toute responsabilité quant à ses conséquences. Il ne peut s'opposer, si les requérants persistent dans leur demande, à ce qu'une expertise soit ordonnée par le Conseil de Préfecture. Mais il tient à insister sur l'inutilité d'une telle expertise qui ne pourra que confirmer les résultats acquis par les études effectuées immédiatement après le désastre par des spécialistes éminents, et qui démontrent avec évidence le caractère de force majeure de la crue de mars 1930* »[31]

Les documents consultés mentionnent la tenue effective d'une expertise en charge de juger de l'état des ouvrages mais nous n'avons pas eu connaissance des résultats de leurs investigations ni de l'issue finale du procès. Il paraît toutefois probable que ce soit bien le cas de force majeure qui ait été finalement retenue afin de légitimer l'absence de responsabilités des acteurs concernés.

4.4.2. L'établissement des Plans de Surfaces Submersibles, une loi impulsée par les inondations de 1930 ?

Il est possible de s'interroger sur l'influence des inondations de mars 1930 dans la loi du 30 octobre 1935 portant sur la création de Plans de Surfaces Submersibles (PSS). D'un point de vue historique, cette loi reprend en l'étendant le principe du décret-loi du 28 mai 1858 (issues des inondations de mai-juin 1856) portant sur les travaux de défense contre les inondations. Ce dernier décret est l'une des nombreuses conséquences des inondations catastrophiques de mai-juin 1856 qui ont touché une grande partie du territoire français et ont fait l'objet d'une attention politique particulière (telle que la visite de Napoléon III aux régions sinistrées). Cette mesure visait la protection des villes contre les inondations et la réglementation des ouvrages de protection sur les principales vallées du territoire (suite au constat de l'influence parfois négative des « levées » sur la Loire lors des inondations de 1856). Afin d'atteindre ces objectifs, la réalisation de plans de surfaces dites submersibles est prévue sur les cours d'eau décrits par l'article 6. Pour le bassin de la Garonne, cela concernait : la vallée de la Garonne, les affluents du Gers et de la Baïse. Suite à cette loi de 1858 sont ainsi décidés les premiers établissements de surfaces submersibles (l'objectif sous-jacent de la loi étant de délimiter la zone pour lesquelles toute nouvelle construction de digue devra être préalablement autorisée).

« *Dans les vallées protégées par des digues, sont considérées comme submersibles les surfaces qui seraient atteintes par les eaux, si les levées venaient à être rompues ou supprimées. Ces surfaces seront indiquées sur des plans tenus à la disposition des intéressés.* » (Extrait de l'article 6, loi du 28 mai 1858).

[31] Courrier du préfet de Tarn-et-Garonne au Conseil de la Préfecture de Haute-Garonne : Défense, Préfecture de Tarn-et-Garonne, source : AD Tarn-et-Garonne, Série S, sous-série SSpt 368, 1933.

La mise en application de la loi souffre cependant de lenteurs et les plans tardent à être mis en œuvre. Par exemple le plan concernant la vallée du Rhône (de la ville de Lyon à la mer) fut décidé en 1911 (décret du 3 septembre 1911), soit près de 50 ans après le décret de la loi. Seules les vallées du Rhône et la vallée aval de la Seine ont fait l'objet d'une application de la loi de 1858 lors des inondations de 1930 (Figure III.28).

La loi du 30 octobre 1935, appliquée par le décret du 20 octobre 1937, apparaît comme la réactivation des lois de 1858, avec des objectifs non plus limités à la sécurité des digues mais au maintien du libre écoulement dans le lit majeur des grands cours d'eau. L'objectif premier édicté par la loi de 1935 est la représentation des différentes zones d'écoulement lors de crues sur toute la partie du linéaire fluvial concernée par le décret :

« *Ce plan indique par une teinte spéciale les surfaces devant être considérées comme submersibles par application de l'article 2 du décret-loi du 30 octobre 1935. Il indique également des digues, remblai, dépôts de matières encombrantes, clôtures, plantations, construction et tous autres ouvrages susceptibles de faire obstacle à l'écoulement des eaux, ou de restreindre d'une manière nuisible le champs des inondations* » (extrait du bulletin annoté des lois et décrets, 1937).

Bien qu'il n'y ait aucune mention précise au sujet des crues de 1930 dans l'article de loi, les crues du Tarn et de la Garonne ont directement influencé la prise de décision des dirigeants politiques. L'évènement et ses répercussions, à la fois nationales et internationales, ont exercé une pression indéniable sur les autorités, les poussant à réagir et à promulguer la loi de 1935. Cette relation est confirmée par un extrait du Traité administratif des Travaux Publics :

« *Les crues désastreuses du printemps de l'année 1930 ont nettement mis en évidence les graves inconvénients résultant, pour le libre écoulement des crues, de l'encombrement du champ d'inondation des rivières par les constructions, plantations ou ouvrages divers établis par les riverains* » (Courcelle, 1937).

Le rôle d'autres ouvrages pouvant gêner l'écoulement, absent de la règlementation de 1858, est ici clairement mis en avant. C'est par exemple le rôle du bâti, problématique soulevée par l'extension urbaine croissante depuis la fin du XIXe siècle (extension qui va de pair avec l'augmentation des enjeux et donc des dommages potentiels en zone inondable).

Les lenteurs d'application de la loi de 1858 ainsi que ses limites géographiques d'application sont également pointées du doigt par le texte de 1935. En effet, nombre de cours d'eau, pourtant réputés tumultueux, n'ont pas été visés par la loi de 1858 (dont le Tarn, principal acteur des inondations de mars 1930). Pourtant, certains de ces cours d'eau ont connu depuis des inondations exceptionnelles : inondations de l'automne 1907 dans le Languedoc, inondations de janvier 1910 sur le bassin de la Seine, de la Saône ou du Doubs, inondations de décembre 1919 sur la Meurthe-Moselle... Au regard de ces inondations catastrophiques, la loi de 1935 propose une nouvelle liste des vallées soumises aux PSS et visualisable sur la Figure III.28 (Courcelle, 1937). Le bassin de la Garonne et les cours d'eau méditerranéens sont particulièrement ciblés par la nouvelle loi. C'est notamment le cas du bassin du Tarn et de ses affluents (Dadou, Thoré). Fait curieux, l'Agout, acteur majeur lors des inondations de mars 1930, demeure absent de cette liste. Cet oubli peut s'expliquer par des conséquences économiques et humaines moindres (seules 2 victimes sont recensées le

long de l'Agout) en comparaison du Tarn (où est recensée la majorité des victimes) ou au Thoré (qui concentre les dommages industriels).

La loi de 1937 se révèle finalement être une avancée par rapport à la loi de 1858, tant du point de vue de la zone couverte par le décret d'application que de ses objectifs. En effet, l'accent n'est pas seulement mis sur la sécurité en cas de rupture de digues, comme pour la loi de 1858, mais aussi sur la présence d'obstacles dans le champ d'inondation, avec une distinction des différentes zones d'écoulement lors de crues. La loi de 1935 figure comme l'ancêtre des politiques de gestion du risque entreprises par la suite tels que les Plans d'Occupations du Sol (POS) ou les Plans de Prévisions du Risque (PPR).

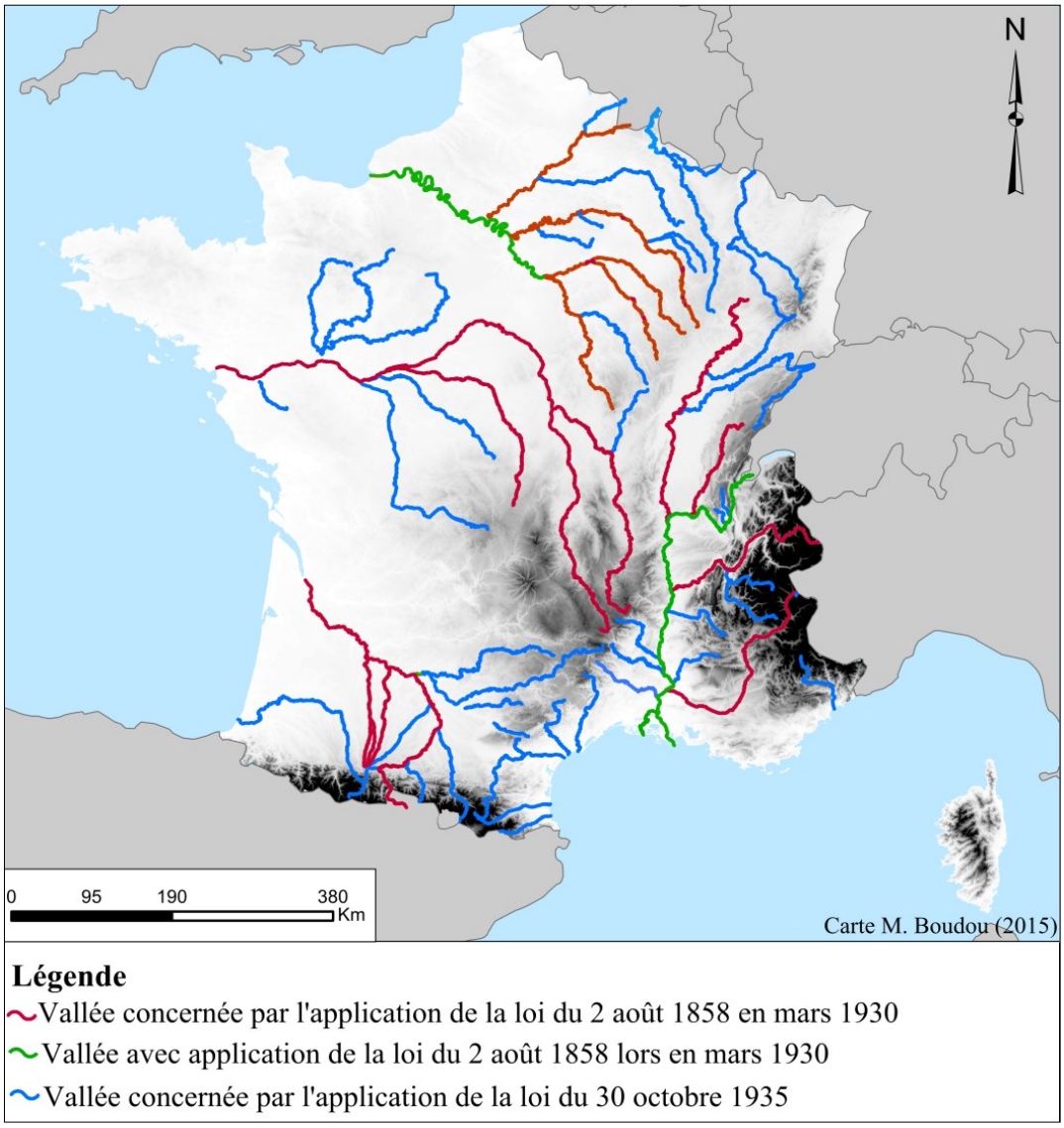


Figure III.28 Vallées concernées par la loi d'aout 1858 et degré d'application lors des crues de 1930

4.5. Facteur aggravant des dommages : absence ou insuffisance dans l'annonce des crues et de l'alerte aux populations

[Indice correspondant : 2/2]

L'annonce de la crue et l'alerte à la population sont des points clés à étudier afin d'expliquer le degré de gravité des inondations de mars 1930 dans le bassin du Tarn. Celles-ci se sont révélées défaillantes sur de nombreux aspects et peuvent en partie expliquer l'ampleur des bilans humains et économiques de l'inondation.

4.5.1. Fonctionnement de l'annonce des crues et de l'alerte aux populations en mars 1930

Avant de revenir sur l'importance de la gestion de l'alerte lors des inondations de mars 1930, il est opportun de décrire son fonctionnement au moment de la catastrophe. A l'époque l'annonce des crues se fonde sur des informations hydrométriques et pluviométriques, transmises principalement à travers le réseau télégraphique. Les stations en amont sont chargées d'envoyer des dépêches télégraphiques aux stations de l'aval, à partir d'une certaine cote d'eau atteinte ou d'une quantité de pluie conséquente. Le téléphone, en plein essor, demeure alors un objet rare (surtout dans les campagnes) et reste peu utilisé pour l'annonce des crues. Pour chaque station hydrométrique, un observateur est chargé de relever l'évolution des hauteurs d'eau, soit bénévolement, soit en étant rattaché à cette fonction par le ministère des Travaux Publics[32]. Il incombe ensuite aux ingénieurs du Service Hydrométrique d'interpréter les données transmises par les différents postes d'observations afin de prédire l'évolution du niveau d'eau. Ceux-ci envoient ensuite des dépêches aux stations situées en aval ainsi qu'aux autorités compétentes pour alerter les populations en cas de forte crue (préfet, sous-préfet, et maires, par le biais de la gendarmerie). Appliquant les instructions données par les autorités, un garde champêtre se charge enfin d'alerter les habitants des communes (tournées au tambour, annonce publique).

4.5.2. Un bref rappel des faits lors de l'annonce des crues de mars 1930

Dans le haut-bassin du Tarn, l'alerte aux communes riveraines du Thoré, de l'Arnette ou de l'Agout peut être jugée insuffisante. Cela s'explique en grande partie par la soudaineté de la crue, caractérisée dans cette région par un régime torrentiel des cours d'eau affluents de la Montagne Noire et des Cévennes. Le ruissellement et la rapide montée des eaux n'ont pas permis de déclencher l'alerte en temps utile. De surcroît une certaine lenteur de réaction et une annonce des crues parfois défaillante sont relevées sur cette partie du bassin. C'est le cas

[32] C'est par exemple le rôle de certains cantonniers.

notamment pour la ville industrielle de Mazamet où certaines usines ont été envahies par les eaux sans la moindre annonce.

« *Le service durant la journée du 2 mars a fonctionné d'une manière défectueuse, certaines agglomérations situées sur les rives du Thoré n'ont pas été prévenues de la crue de cette rivière* » (Conseil général du Tarn, 1930).

Dans le Tarn moyen et inférieur, le Service Hydrométrique a vraisemblablement bien fonctionné en dépit d'une existence relativement récente et d'une interprétation des données parfois difficile (Pardé, 1930b). En effet, des estimations relativement exactes sont produites lors des prémices de la crue. Dès le soir du 2 mars à Montauban la crue du Tarn est estimée avec une intensité équivalente à celle de septembre 1875. Dès le lundi 3 mars à 10 heures 30 à Moissac, l'estimation porte le niveau de hauteur des eaux à niveau supérieur à 3 mètres de celui enregistré en septembre 1875, constituant donc une estimation relativement proche de la réalité (Pardé, 1930b). L'annonce de la crue aux habitants semble toutefois avoir souffert en général de lenteurs et de défaillances. A Lavaur par exemple :

« *C'est le tocsin de la cathédrale qui a, vers 1 heure du matin, prévenu la population dont une partie impuissante assistait aux furieux assauts des eaux, au milieu des cris des inondés se démenant dans l'obscurité la plus profonde, piquée ca et la par les rares points lumineux de lanternes* » (La Dépêche, 04/03/1930).

Dans le bassin versant de la Garonne, les estimations sont plus complexes à réaliser en raison de l'absence de réaction du fleuve avant la confluence avec le Tarn. Les cités de Lamagistère et de Valence d'Agen reçurent ainsi une estimation faussée et en deçà de la réalité de la crue. Pour la Garonne moyenne, les données reçues du bassin versant du Lot ainsi que des stations à proximité de la confluence avec le bassin du Tarn ont permis d'anticiper une crue d'environ 11 mètres à Agen (pour une cote de 10,86 mètres au final (Pardé, 1930b). L'alerte semble ici avoir bien été entendue par les populations, limitant grandement le nombre de victimes. Au regard de ces différents aspects, la prévision faite par le service hydrométrique n'a pas connu de défaillances majeures. En dépit de cette prévision relativement exacte de nombreux habitants ont été surpris par les eaux comme en témoignent l'ouvrage de Bichambis (1930), d'où la présence de nombreuses victimes à domicile (section 4.1.4). Ce constat permet de s'interroger sur les défaillances potentielles de l'alerte aux populations.

4.5.3. Une temporalité rendant difficile l'alerte aux populations

Outre le fait que l'inondation apparaît en mars, mois peu courant pour une crue méditerranéenne, il convient de souligner que les pics de crues dans les principales communes affectées surviennent en fin de semaine. En effet, la crue prend véritablement de l'ampleur le dimanche 2 mars dans le département du Tarn-et-Garonne et plus précisément dans les communes de la basse vallée du Tarn telles que Moissac et Montauban. Or le dimanche est un jour de repos pour les bureaux de postes télégraphiques ce qui a compliqué la communication de l'arrivée de la crue. A Rabastens par exemple, station stratégique située peu avant la confluence du Tarn et de l'Agout, l'alerte n'a pas pu être transmise du fait de ce

repos dominical (Lagarrigue, 2009). La date de l'intensité maximale de la crue, qui survient hors jour ouvrable, constitue par conséquent l'un des éléments participant à la défaillance de l'alerte aux populations.

4.5.4. Une intensité exceptionnelle de l'évènement : la vulnérabilité des réseaux

Comme dit précédemment, les communications sont principalement transmises par le télégraphe et plus rarement par téléphone. Or ces réseaux sont principalement situés le long des cours d'eau et sont en grande partie voire totalement détruits par la montée des eaux, enlevant la possibilité d'alerter les populations vivant en aval. Cette vulnérabilité structurelle est également transférable au réseau routier principal, qui longe le linéaire fluvial et est rapidement submergé par les crues. Cette montée des eaux, si soudaine et si conséquente dans le Haut-Tarn (alors inconnue de « mémoire d'homme »), explique que les infrastructures normalement hors d'atteinte par les crues habituelles se soient retrouvées sous les eaux, paralysant la transmission de l'alerte aux communes de l'aval. C'est le cas également pour les stations hydrométriques nécessairement aux abords des cours d'eau. Avec la hauteur des eaux enregistrée, notamment sur l'Agout, ces stations ont été envahies par les eaux et ont empêché la bonne communication des informations. Ce fut par exemple le cas de la station de Saint-Sulpice-Pointe (qui relève le record européen de montée des eaux) où toute communication est interrompue à partir de 23 heures le 2 mars. La cabane de l'observatrice titulaire était alors submergée, forçant celle-ci à fuir.

« *A partir de onze heures, le registre reste muet… Il y avait à cette heure-là un mètre d'eau dans la maison de l' « observatrice »…* » (La Dépêche, 24/10/1930).

Or ce poste, malgré sa situation à 18 mètres au-dessus du zéro de l'échelle limnimétrique (Ena, 1980), revêt une importance capitale pour le service hydrométrique du bassin du fait de sa localisation à la confluence du Tarn et de l'Agout, l'un de ses principaux affluents.

4.5.5. Une crue exceptionnelle difficilement prévisible et souvent sous-estimée

En tant que plus forte inondation connue, l'évènement de mars 1930 dans le bassin du Tarn constitue un phénomène inédit pour les populations riveraines. Cette intensité exceptionnelle a souvent été sous-estimée, que ce soit par les autorités ou par les habitants.

► **Pour les autorités**

En 1930, les autorités publiques, et en particulier les maires, ont un rôle important à jouer dans la communication de la crue aux populations. Une fois les dépêches hydrométriques en main, les responsables des collectivités doivent décider d'avertir ou non la population. Or, il peut régner une certaine réticence à mettre en garde la population en cas de fausse alerte, afin d'éviter un effet de panique.

« *La plupart des municipalités ont fait preuve, en l'occurrence, d'un zèle et d'un esprit d'initiative infiniment louables. Quelques autres, assez rares il est vrai, ont craint d'affoler la population et leurs avis sont alors venus trop tard…* » (Pardé, 1930c)

Cela peut expliquer la lenteur des autorités hésitant parfois à communiquer l'importance de la crue aux habitants. A Saint-Sulpice, c'est ainsi une crue banale qui est annoncée par les autorités malgré une hauteur d'eau sans précédent.

« *Certains habitants de la localité se plaignent, à tort ou à raison, de l'insuffisance du service d'annonce des crues. À les en croire, ils furent prévenus trop tard et on ne les avisa que d'une crue « moyenne* » (Le Petit Parisien, 14/03/1930).

► **Pour les populations**

En dehors d'une alerte donnée par les autorités de manière parfois tardive et ne faisant pas état de l'ampleur de l'intensité, il convient également de souligner le sentiment d'incrédulité des habitants face au phénomène. Les riverains du Tarn, habitués aux caprices de la rivière, ne sont pas en mesure d'imaginer une telle catastrophe, avec un aléa d'une ampleur jusque-là inconnue. Ceux-ci ont ainsi pu de ne pas prendre au sérieux l'alerte donnée par les autorités. Le cas le plus frappant de cet effet de surprise est relaté pour la ville de Moissac. En effet, dès le 2 mars, des télégrammes furent envoyés par les postes en amont pour annoncer la montée de la crue dans les autres villes du bassin versant. Les pronostics du Service Hydrométrique indiquent déjà l'arrivée d'une crue supérieure à celle de septembre 1875. La population de la ville a alors été avertie à partir du 3 mars dans l'après-midi, alors que Montauban est déjà plongé dans la catastrophe. Cependant, ces derniers ne paraissent pas avoir pris la mesure du danger qui arrive et une partie des habitants décident de rester au domicile.

« *A Moissac, malgré l'importance de la crue on ne peut imaginer dans la journée du 3 que l'on soit réellement en danger* » (La Dépêche, 06/03/1930).

Fait marquant qui témoigne l'effet de surprise des Moissagais face à l'arrivée de la crue, une grande partie de la ville assiste à la représentation du Cirque Hagenbeck en dépit de la montée des eaux et de l'annonce du danger. Ce n'est qu'à la fin du spectacle (aux alentours de 22 heures) que ces derniers découvrent la catastrophe et commencent à donner l'alerte aux populations restées à domicile.

« *On commença à s'alarmer, et, tant bien que mal les habitants se résolurent à quitter leur domicile où ils étaient menacés* » (Bichambis, 1930).

Il est cependant trop tard et, peu après le constat de la tournure exceptionnelle que revêt la crue, le remblai de la voie ferrée et le pont Cacor cèdent tous deux face à la pression de l'eau. La vague de submersion qui s'ensuit (avec la rupture des digues) surprend les habitants demeurés dans leur domicile, souvent dans leur sommeil. La représentation du cirque s'inscrit comme un facteur minorant de la gravité de l'inondation à Moissac.

« *De ce fait une quantité de personnes n'étaient pas encore rentrées chez elles lorsque l'alarme a été donnée.* » (L'Ami du Peuple, 1930)

« *Un sinistré de Moissac, nous racontant les phases du désastre, ne dissimulait pas qu'une heure ou deux avant la rupture des digues, les gendarmes parcouraient les rues menacées et invitaient les habitants à fuir. Mais, en général, on refusait d'obéir à leurs avis. On s'est félicité qu'une partie de la population de la malheureuse ville ait eu, ce soir-là, la bonne fortune d'assister à un spectacle dans un cirque de passage. Pourtant, le Tarn, à la tombée du jour, dépassait déjà de 30 à 40 centimètres* » (Pardé, 1930a).

Cet évènement social a ainsi contribué à diminuer le nombre de décès potentiels dans la petite ville de Moissac. Les ruptures de digues et la submersion soudaine de la ville auraient pu avoir des impacts bien supérieurs sans la représentation donnée par le cirque.

4.5.6. Des défaillances humaines ?

Lors du procès intenté à la ville de Moissac et à l'Etat (section 4.4.1), les sinistrés accusent le manque d'alerte à la population. Les autorités en charge nient cependant ce manque de communication et invoquent la responsabilité des populations locales.

« *La crue du Tarn existait depuis 2 jours, et déjà, dans la journée, l'eau avait envahi la ville en plusieurs quartiers si bien que la ville avait réquisitionné la troupe de Castelsarrasin, qu'un bataillon de tirailleurs sénégalais était arrivé dès 21 heures pour organiser les secours ; que la population était bien avertie, mais qu'elle n'a pas voulue croire au danger* »[33].

Ce fait divers relate bien l'incrédulité des habitants de Moissac face à la catastrophe imminente. A Montauban, il semble que l'alerte ait également été donnée. Le garde-champêtre de la ville témoigne dans la presse : « *J'ai fait la tournée au tambour, partout, pour donner l'alarme, et quand j'ai eu fini, je n'ai eu que le temps de sauver ma « jardinière » et de me sauver au trot, le cheval avait les jambes dans l'eau* » (La Dépêche, 14/03/1930). Cependant, comme à Moissac, l'annonce de la crue aurait été négligée ou sous-estimée par une partie de la population.

Photo III.3 Le garde-champêtre annonçant la crue devant le panneau du Cirque Hagenbeck à Moissac le 3 mars 1930 (Source : Bichambis, 1930)

Pardé (1930c) souligne que l'annonce tardive ne saurait s'expliquer par la présence de défaillances humaines, pourtant mises en avant par les médias. Le propos de l'hydrologue doit à notre sens être nuancé. Il a en effet pu exister certaines défaillances humaines en mars 1930, s'expliquant par l'organisation du système d'annonce des crues de l'époque. En effet, les observateurs des différentes stations hydrométriques sont à ce moment détachés par les Ponts-et-Chaussées et effectuent cette mission de façon bénévole ou en parallèle d'autres

[33] Source : Archives départementales du Tarn-et-Garonne, Série S, sous-série SSpt 368

activités rattachées au ministère des Travaux-Publics. Ceux-ci ne sont donc pas totalement affectés aux relevés hydrométriques, parfois considérés comme activité secondaire. Suite à l'inondation de 1930, une lettre de l'Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées du département du Tarn-et-Garonne, M. Baron, et adressée à Maurice Pardé mentionne cet aspect au sujet du poste d'observation de la Salvetat-Sur-Agout (située au droit des sources de la rivière Agout).

« *Cet observateur a manqué complètement à ses obligations le 1er, le 2 et le 3 mars. Quand on lui a demandé des explications, il a répondu qu'il ne voulait plus s'en occuper.* »[34]

Cette lettre illustre les défaillances qui ont pu exister lors des inondations de mars 1930. Ces dernières doivent cependant être associées davantage à l'organisation générale du service, souffrant de lenteur et de désorganisation, qu'à des erreurs individuelles.

La gestion de l'alerte et l'annonce lors de la crue de mars 1930 semblent ainsi avoir souffert d'un certain nombre de lacunes. Si les prévisions hydrométriques ont été globalement précises la communication de celles-ci aux autorités puis aux populations a rencontré des difficultés non négligeables, liées notamment à l'intensité exceptionnelle de l'aléa. La gestion de l'alerte et de l'annonce des crues doivent ici être vues comme un facteur explicatif déterminant, en particulier sur le bilan humain.

[34] Source : Correspondance personnelle de M. Baron à Maurice Pardé, 1931, Fonds Pardé, Grenoble.

5. Les enseignements apportés par la monographie de mars 1930

5.1. Mars 1930 : un évènement assurément remarquable

La synthèse détaillée rédigée au sujet de l'évènement de mars 1930 a permis de souligner son caractère exceptionnel qui transparaissait déjà de sa position dans le classement des évènements de l'EPRI. Sur de nombreux aspects, l'inondation de mars 1930 constitue un phénomène sans précédent connu. C'est en premier lieu en raison de l'intensité hydrologique de l'aléa, perceptible à travers le renseignement des périodes de retour du débit instantané. En second lieu, l'évènement s'avère être une véritable *catastrophe* pour les territoires sinistrés en termes d'endommagement. Ces derniers comptent en effet un nombre important de décès et des dommages économiques de grande ampleur suite à la destruction de nombreuses habitations. C'est en particulier le cas dans le Tarn-et-Garonne et notamment dans les villes de Moissac et Montauban qui, profondément dévastées, capitalisent l'essentiel des pertes humaines et économiques. Au travers de ses répercussions, la monographie a également montré que l'évènement de mars 1930 dépasse les frontières des territoires endommagés et s'articule sur une dimension nationale. Les nombreuses réactions médiatiques et sociales ont suscité de vives polémiques quant à la gestion des inondations majeures et de leurs impacts. Ces préoccupations ont localement souligné la nécessité de construire des habitations moins vulnérables à la submersion, constat pourtant déjà effectué lors des inondations de 1875 mais par la suite oublié ou négligé par les populations locales. L'incidence de la rupture du remblai ferré à Moissac, a également rappelé aux autorités le besoin de contrôler et évaluer les effets potentiellement négatifs des ouvrages de protection. La politique initiée à ce sujet en 1858, quelque peu oubliée depuis son déploiement, s'est dans cette optique trouvée directement relancée par les inondations de mars 1930 qui ont conduit à l'adoption du décret-loi de 1935 portant sur l'établissement des PSS. Cette mesure politique, découlant des inondations du sud-ouest, vient inscrire un tournant dans la politique de gestion du risque inondation et participe à la mise en mémoire de l'évènement.

5.2. Un retour sur l'enjeu méthodologique d'une démarche monographique

► Une monographie contribuant à la vision holistique de l'évènement d'inondation

La réalisation d'une monographie sur l'évènement de mars 1930 permet d'avoir un premier recul critique sur l'emploi de cette méthodologie pour la caractérisation des évènements remarquables. Ce document a éclairé les nombreux avantages de ce type d'étude. La monographie a tout d'abord permis d'analyser une grande diversité des caractéristiques de

l'évènement d'inondation (exploration des paramètres de l'aléa, des principaux types de dommages rencontrés ou encore des modalités de gestion de l'inondation par la société). Bien que cette démarche demeure avant tout géographique, elle a également permis d'employer des critères multidisciplinaires au sein d'une même analyse : la période de retour de l'aléa, indicateur couramment utilisé par les hydrologues et météorologues, a par exemple pu être utilisée afin de comprendre l'endommagement des zones fortement affectées. Comme postulé au début de la présente partie, cette démarche monographique s'est dans le même temps révélée pertinente pour appréhender les différentes échelles de l'évènement d'inondation. L'aléa perturbateur a été étudié au même titre que les répercussions sociales ou politiques à long terme imputables à l'inondation. Afin de prendre en compte ces effets d'échelles, la cartographie a été largement sollicitée et s'est révélée être un outil avantageux, en particulier pour retranscrire spatialement l'aléa ou les dommages.

Ces différents aspects permettent d'attester de l'intérêt de la monographie pour rendre compte de la complexité de l'évènement. En intégrant les différents aspects de l'évènement et ses multiples échelles spatio-temporelles elle offre ainsi un outil adapté et permet d'acquérir une vision holistique de l'évènement d'inondation.

► **Un recul critique sur les indicateurs de la grille de lecture**

L'articulation de la monographie s'est fortement appuyée sur les axes et indicateurs choisis lors de l'établissement de la grille de lecture et a permis par la même de statuer sur la pertinence de la méthodologie employée. L'illustration présentée au sujet des inondations de mars 1930 tend à légitimer le choix des indicateurs utilisés pour caractériser l'évènement remarquable. L'étude des dommages s'est par exemple révélée être une étape essentielle pour comprendre les répercussions socio-politiques de l'évènement et souligne donc l'importance de prendre en compte ce critère dans la grille. Sans la mesure des funestes impacts des ruptures de digues sur la population de Moissac il aurait ainsi été plus ardu de comprendre l'ampleur des réactions politiques et les nombreuses polémiques qui ont suivi l'évènement (tel que la tenue du procès, ou la déclaration d'un jour de deuil). Dans un même ordre d'idée, l'analyse de la durée de submersion a pointé du doigt la longueur exceptionnelle de l'étale lors des inondations de mars 1930, paramètre par ailleurs déterminant dans l'effondrement de nombreux bâtiments. Au regard de ces différents éléments, la méthodologie employée pour la rédaction de la monographie, et par extension de la définition de la grille de lecture, offre une vue d'ensemble des différents paramètres caractérisant l'évènement.

► **Une monographie demeurant attachée à une finalité particulière**

Si la monographie revêt de nombreux apports pour la caractérisation d'un évènement, elle présente toutefois certaines limites. En s'attachant à comprendre la remarquabilité de l'évènement, certains aspects ont pu être mis de côté. L' « avant-évènement » n'est pas directement apprécié dans cette étude. Or ce paramètre peut influer grandement sur la trajectoire de l'évènement. Sur l'aléa, l'analyse des chroniques de crues locales pourrait permettre de mieux réévaluer l'exceptionnalité apparente de mars 1930. Dans un même ordre

d'idée l'analyse de l'évolution des facteurs de vulnérabilité et d'exposition, variables essentielles du risque inondation, pourrait contribuer à mieux cerner les facteurs explicatifs de l'endommagement. La fragilité du bâti de Moissac a par exemple été mise en lumière comme un facteur de mortalité. Cependant comment expliquer l'emploi de ces matériaux dans un secteur reconnu en zone inondable ? N'y a-t-il pas de raisons plus profondes que l'argument économique mentionné ici ? Dans une même optique, la défaillance de l'alerte a montré que la culture du risque peut être incriminée pour expliquer l'absence de réaction des habitants malgré l'annonce de l'arrivée du danger. Pour comprendre l'origine de ce comportement, une étude des représentations du risque est nécessaire mais n'est pas directement abordée ici.

► Une méthodologie porteuse de nombreux avantages et généralisable

Ces différents aspects montrent finalement que la monographie, appréhendée en tant qu'outil de travail pour répondre à un but spécifique, ne peut pas être considérée comme totalement exhaustive ni objective, rejoignant de ce fait le postulat dressé par Bertrand et Bertrand (2002). Certains paramètres sont délaissés en raison d'une absence de données disponibles (telle que des chroniques locales de crues), d'un manque de compétences (comme l'évaluation de paramètres socio-culturels) mais également (et surtout) au regard de la finalité de notre étude, à savoir la compréhension du système de l'évènement remarquable d'inondation. Ce constat en apparence *négatif* sur la monographie ne permet toutefois pas de rejeter ce type d'étude. La monographie est, nous l'avons mentionné, pertinente pour acquérir une vision holistique de l'évènement d'inondation et s'inscrit ainsi comme une méthodologie innovante dépassant la vision segmentée des inondations. Si l'étude du territoire n'est pas directement abordée, la monographie permet néanmoins de progresser dans la caractérisation de la remarquabilité et s'oriente constitue un outil adapté à notre étude. En dépit de certaines limites la monographie se définit donc comme une « *interprétation subjective mais cohérente d'une situation à partir d'une analyse de système* » (Bertrand et Bertrand, 2002) et son utilisation peut être jugée légitime dans le cadre de notre thèse. L'apport de ce type de document, assimilable à un retour d'expérience long-terme, offre des perspectives pour valoriser la connaissance des inondations passées. Des séries de monographies sur des évènements majeurs passés pourraient ainsi être engagées auprès des gestionnaires de bassins puis vulgarisées en vue de contribuer à l'amélioration de la culture du risque.

► Des monographies à l'origine de questionnements *transversaux*

En tant qu'étude d'un sous-système, l'un des enjeux de la monographie était l'identification d'axes de questionnements transversaux faisant appels à plusieurs champs de connaissances associés à l'inondation. L'examen de ces questions vise à terme à progresser dans la compréhension du caractère *remarquable* d'une inondation. La monographie de mars 1930 a, à ce titre, fait émerger une série de questions de ce type. Parmi elles trois principales ont été retenues et sont chacune traitées dans les chapitre IV à VI.

1. Tout d'abord, l'analyse de mars 1930 a montré que l'explication de l'intensité de l'aléa est parfois complexe. De multiples facteurs entrent en jeu et sont souvent imbriqués avec d'autres paramètres de l'évènement. Cet aspect nous pousse à nous interroger sur les caractéristiques hydrométéorologiques à l'œuvre lors d'une inondation remarquable. De quelle manière peut-on caractériser le processus à l'origine de l'aléa lors d'une inondation remarquable ? L'identification des principaux facteurs permet-elle d'éclairer les caractéristiques de l'aléa lors d'un évènement remarquable ?

2. Dans un second temps, la monographie de mars 1930 a montré la difficulté d'une estimation exhaustive et impartiale des dommages économiques, soumise à de nombreuses incertitudes et à des informations souvent variables. Par contre, l'analyse de la mortalité s'est révélée plus aisée à réaliser et a permis de soulever une série de questions portant sur les facteurs de mortalité lors d'une inondation remarquable. L'analyse d'évènements remarquables permet-elle d'éclairer les principaux facteurs à l'origine de la mortalité lors d'une inondation remarquable ? Quels enseignements peut-on tirer d'une analyse rétrospective de la mortalité ? Y-a-t-il une évolution des facteurs de mortalité entre évènements anciens et récents ?

3. L'évènement de mars 1930 a finalement mis en lumière les nombreuses réactions de la société. L'inondation a en effet fait l'objet d'une forte appropriation médiatique et politique, menant parfois à des prises de décisions. Ce constat questionne sur les modalités de gestion d'un évènement remarquable par la société. De quelle manière la société gère-t-elle un évènement d'inondation remarquable ? Les répercussions socio-politiques, postulées comme témoins de cette gestion, ne sont-elles que de simples marqueurs de *remarquabilité* ou participent-elles également à la construction de l'évènement remarquable ?

Synthèse du Chapitre III

Nous nous sommes interrogés sur l'apport d'une étude monographique pour la caractérisation des évènements remarquables d'inondation en traitant d'un exemple particulier, à savoir l'évènement de mars 1930 sur les bassins du Tarn et de la Garonne. Après un bref rappel de la définition d'une monographie et de son intérêt pour l'étude d'une inondation, une analyse approfondie des différents axes de la grille de lecture sur l'évènement de mars 1930 a été effectuée.

L'analyse de l'extension spatiale a tout d'abord illustré l'étendue des dommages engendrés par l'inondation, généralisée à une grande partie du sud-ouest de la France.

L'exploration de l'aléa hydrométéorologique a pointé du doigt l'influence des conditions physiques initiales (forte pluviosité antérieure et présence d'un manteau neigeux) et des facteurs d'aggravation pour expliquer l'intensité des inondations rencontrées.

L'analyse de la gravité de l'évènement a par ailleurs permis de mettre en lumière les caractéristiques des dommages économiques et humains de l'inondation de mars 1930. Ces derniers sont particulièrement conséquents pour la ville de Moissac où se concentrent victimes et dégâts matériels. L'étude des répercussions a en outre révélé l'ampleur de cet évènement sur la société, fortement appréhendé par les médias et à l'origine d'une nouvelle mesure de gestion du risque à l'échelle nationale avec l'élaboration des PSS.

La méthodologie déployée sur l'évènement de mars 1930 a *in fine* offert une vision holistique de l'évènement d'inondation et souligné l'apport de la monographie pour caractériser les inondations remarquables. En mettant en relation les divers registres de l'inondation, des questionnements transversaux ont émergé, lesquels font l'objet des prochains chapitres.

Chapitre IV. Le « processus de production » de l'aléa lors d'un évènement remarquable d'inondation

Photographie Chapitre IV : Communes de la Faute sur mer (habitations à gauche) et de l'Aiguillon sur Mer (habitations à droite) après la tempête Xynthia - Source : DDTM 85.

Introduction du chapitre IV

La rédaction de monographies pour les neuf évènements d'inondations a été réalisée dans le cadre d'une démarche rétrospective et multidisciplinaire qui transparaît du choix des indicateurs utilisés pour l'établissement de la grille de lecture. L'illustration d'une monographie type à propos de l'évènement de mars 1930 révèle que ces indicateurs dégagent des pistes d'exploration pour identifier les facteurs à l'origine de la remarquabilité d'une inondation. Ces facteurs s'entrecroisent souvent et leur nature est diverse, soulignant le caractère complexe de notre objet d'étude. Ces synthèses d'évènements, bien que détaillées, demeurent en effet attachées à un contexte spatial et temporel rappelant le caractère singulier de l'évènement d'inondation (Dourlens, 2003). Afin de s'affranchir des spécificités de l'inondation, il convient d'éclairer le processus global menant à la remarquabilité de l'évènement.

Afin de répondre à cette problématique, située au cœur de notre projet de recherche, ce chapitre se concentre sur l'aléa. Effectivement, l'exemple de mars 1930 a montré que la genèse de l'inondation, en apparence sous le couvert d'un processus relevant du déterminisme naturel, n'est pas une question simple et soulève de nombreuses interrogations. Afin de mettre en lumière ce processus, un bref rappel de la pondération des évènements de la grille est tout d'abord effectué. La distribution des indices souligne en effet le caractère complexe de l'évènement si l'on se réfère à la théorie systémique. Dans cette optique, une approche systémique centrée autour de la notion de système de production est sollicitée afin de dépasser la complexité. En accord avec Vinet (2007) qui parle de « système de production du risque », ce type de système désigne un « *ensemble de facteurs interdépendants qui expliquent l'occurrence de dommages* » A travers cette définition, ancrée au cœur d'une démarche systémique et géohistorique, apparaît ainsi l'un des objectifs finaux de notre étude : l'identification des principales variables qui régissent le processus et font basculer le système du stade de l'évènement d'inondation à celui d'évènement remarquable et remarqué. Afin de retranscrire une partie du processus de production, une troisième étape consiste à caractériser les variables de l'aléa afin d'identifier des indicateurs de leur intensité et reconstituer le processus à l'origine de l'inondation remarquable.

1. Une approche systémique pour l'exploration du processus de production de l'aléa

1.1. Retour sur le poids et la répartition des critères de remarquabilité dans la grille de lecture

Les résultats d'application sur la famille d'évènements de l'EPRI de 2011 ont apporté un premier éclairage sur les facteurs pouvant contribuer à la remarquabilité d'un évènement (Figure II.14.). Parmi les constats offerts par la classification, nous avons pu voir que les trois inondations figurant « en tête » de classement sont liées à des débordements rapides issus d'épisodes atmosphériques soudains (averses méditerranéennes et submersions marines). En regard à cet aspect on pourrait penser qu'un évènement avec une vitesse de montée des eaux brutale serait davantage sujet à être *remarqué* par la société que d'autres évènements définis par une cinétique plus lente. Cela peut provenir d'un nombre important de décès lors d'un évènement rapide mais également d'un biais de la grille qui accorderait davantage de poids à ces inondations, nécessitant donc de relativiser ce premier a priori. Dans un second temps, la visualisation du poids des différents axes de remarquabilité (intensité – gravité – extension spatiale) a révélé qu'il est difficile d'établir une corrélation entre eux (chapitre II, section 3.2.3). Aucune tendance particulière ne se distingue entre grandes familles de critères. Par exemple, la gravité d'un évènement (sévérité des dommages et ampleur des répercussions) ne semble pas directement corrélée avec l'étendue spatiale des dommages. Afin de pousser l'analyse des résultats de la grille de lecture, un recul est possible sur la répartition des indices au sein des axes.

1.1.1. Appréhension des facteurs de causalité au sein des grandes familles de critères

La répartition des indices attribués à chaque critère utilisés dans la grille de lecture permet d'affiner les résultats apportés par le regroupement en axes de remarquabilité (
Tableau IV.1). La répartition des indices par critère apporte plusieurs constats sur les trois axes de remarquabilité.

Axes	Intensité			Gravité				Extension spatiale	
Critères / Evènement	Période de retour de l'aléa	Durée de submersion	Facteurs aggravants	Dommages économiques	Décès	Défaillance de l'alerte	Répercussions socio-politiques	Nombre de départements / communes touchées	Nombre d'UP où l'inondation est répertoriée remarquable
Seine et Doubs 1910	2/4	2/4	4/4	4/4	2/4	1/2	4/4	4/4	4/4
Garonne-Tarn 1930	4/4	1/4	4/4	4/4	4/4	2/2	4/4	4/4	2/4
Pyrénées-Orientales 1940	4/4	1/4	4/4	4/4	4/4	2/2	4/4	2/4	1/4
Nord-Est 1947-1948	4/4	1/4	4/4	4/4	2/4	0,5/2	2/4	4/4	2/4
Malpasset 1959	2/4	1/4	4/4	4/4	4/4	2/2	4/4	1/4	1/4
Hyacinthe 1980	4/4	2/4	2/4	2/4	4/4	2/2	2/4	1/4	1/4
Aude 1999	4/4	1/4	4/4	4/4	4/4	2/2	4/4	4/4	2/4
Bretagne et Somme 2000-2001	2/4	4/4	2/4	4/4	1/4	1/2	4/4	4/4	4/4
Xynthia 2010	4/4	1/4	4/4	4/4	4/4	2/2	4/4	4/4	2/4

Faible	Moyen	Fort

Tableau IV.1 Décomposition des indices attribués aux neuf évènements remarquables étudiés

- *Concernant l'intensité de l'aléa*

La majorité des cas d'étude possèdent un aléa (hydrologique, ou météorologique) dont la période de retour est nettement supérieure à 100 ans. C'est le cas pour six évènements sur neuf, ce qui permet de les considérer à première vue comme relativement exceptionnels à l'échelle du territoire touché.

Dans un autre temps, la durée de submersion ne revêt un poids véritablement significatif que pour les inondations de 2000-2001 dans la Somme et dans une moindre mesure de janvier 1980 à la Réunion. Ce point laisse à penser que la durée de submersion a finalement peu d'influence sur le caractère remarquable d'une inondation.

Des facteurs aggravant l'aléa sont par ailleurs systématiquement renseignés. L'incidence de ces facteurs a été jugée significative dans sept cas sur neuf (c'est-à-dire lorsque les conséquences de ce facteur impliquent des dégâts sur les enjeux exposés). Bien que le choix de ce critère puisse être considéré comme un parti-pris afin de mettre l'accent sur l'incidence des effets induits ou effets dominos de l'aléa, force est de constater que chacune des inondations étudiées possède des facteurs de ce type. Ce constat semble légitimer le choix de cet indicateur.

- *Concernant la gravité, c'est-à-dire le degré d'endommagement des enjeux et l'ampleur des répercussions*

La quasi-totalité des évènements possède un indice de dommages économiques correspondant à la classe forte. Cela signifie que pour ces évènements d'inondation, le préjudice financier imputable a dépassé le seuil de 300 millions d'Euros (pour les évènements récents), ou que la nature des dommages correspond à des destructions ou à la submersion prolongée d'enjeux sur l'ensemble du linéaire fluvial affecté (pour les évènements anciens). Le montant de dommages serait ainsi comme l'une des conditions expliquant la remarquabilité de l'évènement. Ce constat doit toutefois être relativisé : l'estimation du coût économique n'est pas la seule variable à considérer dans l'évaluation de l'endommagement, d'autant plus que celle-ci souffre de nombreuses incertitudes relatives à la quantification des dégâts. La perception sociale qui revêt un poids important dans l'endommagement, n'est, de plus, pas abordée par ce critère.

En parallèle des dommages économiques, le nombre de victimes s'inscrit comme une variable clé de l'endommagement lors d'un évènement remarquable. Les résultats du Tableau IV.1 montrent que l'inondation entraîne au moins une victime dans huit cas d'étude sur neuf. Un lien peut ici être établi entre le critère « *facteurs aggravant les dommages* » relatif à la gestion de l'alerte et celui du « *nombre de décès* ». Effectivement, pour chaque inondation où est relevé un indice maximum de décès (plus de 10 victimes), une défaillance ou une absence d'alerte aux populations est notifiée. Bien que ce constat doive être relativisé, la défaillance de l'alerte s'inscrit donc un facteur récurrent lors d'évènement dits « *remarquables* » meurtriers. Au même titre que les facteurs aggravant l'aléa, une gestion défaillante de l'alerte relève d'un effet domino qui peut être induit par l'aléa ou par une désorganisation ponctuelle des acteurs territoriaux.

A propos des répercussions sociales, politiques ou médiatiques d'un évènement, les résultats du

Tableau IV.1 ne distinguent pas les répercussions à court-moyen terme de celles à long terme afin de ne pas surestimer le poids ce facteur par rapport à l'endommagement ou l'aléa. Le rôle de ces critères doit toutefois être considéré comme décisif dans le score de remarquabilité d'un évènement. Pour les neuf évènements, sept entraînent des répercussions qui dépassent le simple périmètre du territoire affecté. Cela peut être à court terme via une forte médiatisation de l'inondation à l'échelle nationale ou à plus long terme avec la promulgation de nouvelles mesures de gestion du risque dont l'origine découle directement de l'évènement.

- *Concernant l'extension spatiale de l'évènement.*

La qualification de l'extension spatiale de l'inondation s'est attachée d'une part à l'étendue des dommages sur le territoire et d'autre part aux nombre d'Unités de Présentation (UP) où l'évènement est jugé *remarquable*. Contrairement aux autres critères relatifs à la gravité de l'évènement, le nombre de départements touchés (qui constitue le critère le plus objectif), varie fortement selon le cas d'étude. Certains évènements sont en effet très localisés, tandis que certaines inondations telles que celles de janvier 1910 ou de décembre à mai 2001

affectent une grande portion de l'Hexagone. Cette extension spatiale des dommages peut être évoquée pour expliquer le nombre d'Unités de Présentation où l'inondation est considérée comme *remarquable* au sens de l'EPRI. En toute logique, plus l'évènement dommageable est étendu et plus il a de chances d'avoir été retenu comme remarquable dans plusieurs UP.

1.1.2. Des enseignements limités par la complexité de l'évènement d'inondation ?

Le décryptage du score de remarquabilité des neuf cas d'étude a permis d'établir un certain nombre de constats. Ainsi, l'estimation des dommages montre que l'endommagement influe à priori sur la remarquabilité d'un évènement. De même, la période de retour de l'aléa possède également un poids non négligeable au sein de l'évènement. Ces deux critères renvoient à deux disciplines distinctes, l'économie et l'hydrologie, et sont couramment utilisés par celles-ci en tant qu'outils d'évaluation de l'inondation. La présence de certains indicateurs choisis lors de l'élaboration de la grille s'avère par ailleurs quasi-systématique. C'est le cas des facteurs aggravants (les dommages ou l'aléa), communs à l'ensemble des inondations étudiées et permettant de s'interroger sur leur place au sein de l'évènement.

Malgré ce constat de répétition et d'émergence d'indicateurs communs, force est de constater que la distribution des indices ne permet pas d'établir un lien de causalité entre critères de la grille. Celle-ci correspond effectivement à un empilement d'indicateurs considérés comme indépendants et demeure limitée pour comprendre le passage d'un évènement que l'on pourrait qualifier de « banal » à celui d'évènement *remarquable* et *remarqué*. Cela résulte du choix restreint des critères mais également de leur nature différente qui font appel à un large éventail de disciplines.

La classification des neuf évènements a illustré d'un autre côté les nombreuses échelles qui gravitent autour de l'évènement remarquable. Certains critères renseignés renvoient à des indicateurs locaux tels que la période de retour de l'aléa (dont la valeur est jugée ponctuellement en fonction du maxima relevé lors de l'épisode hydrologique). A contrario, les critères renseignant les répercussions induites par l'évènement peuvent dépasser le contexte spatial du territoire affecté et s'exercer à l'échelle nationale voire internationale (comme l'expression d'une solidarité venue de l'étranger). Outre cette dimension spatiale, les critères de la grille de lecture renvoient à des temporalités diverses. Certains interviennent au moment de la perturbation physique (tels que les critères retenus pour l'aléa) alors que d'autres surviennent après le passage de l'inondation (répercussions socio-politiques). Ces différents constats questionnent l'intérêt d'une approche systémique pour comprendre l'évènement remarquable d'inondation. Déjà évoquée au sujet de la monographie, une telle approche sur l'aléa permet-elle de restituer la place des facteurs influençant le caractère remarquable d'une inondation ?

1.2. Le recours à l'approche systémique pour l'appréhension du système de production de l'aléa

1.2.1. Retour sur les concepts de l'approche systémique et légitimité dans le cadre de notre étude

► Les principes d'une approche systémique pour l'étude d'un évènement d'inondation

Afin d'aborder la complexité du processus à l'origine de la remarquabilité, il paraît judicieux de solliciter une approche systémique. Celle-ci se fonde sur quatre concepts principaux (Durand, 2013).

Il s'agit tout d'abord de la **globalité**, signifiant que la finalité du système ne peut se résumer à la somme de ses facteurs. L'action et les interactions des facteurs entre eux expliquent le comportement final du système. La notion de processus de production prend dans ce contexte tout son sens. L'approche systémique se veut ainsi holistique, générale. Dans le cadre d'un évènement d'inondation, une référence aux fonctions de transfert et de production est possible afin d'expliquer cet aspect. En modélisation hydrologique, la fonction de production permet le passage de la pluie précipitée à la pluie « efficace ». La quantité de pluie qui n'est pas interceptée par le bassin versant est ensuite transférée vers le cours d'eau (fonction de transfert) et participe à l'épisode de crue. La réponse du bassin versant n'est ainsi pas proportionnelle aux cumuls précipités, rappelant le principe de globalité de l'approche systémique.

Dans un second temps, l'approche systémique repose sur l'**interaction** des éléments du système, qui dépasse le simple lien de cause à effet. Tous les facteurs sont liés au sein du processus et l'altération de l'un d'eux affecte le comportement général du système. Cette interaction transparaît de la définition donnée à l'évènement d'inondation remarquable qui doit sa remarquabilité à l'intensité de son aléa, qui conditionne lui-même un degré d'endommagement et la capacité de gestion / perception de la société. Des interactions transversales entre les différents acteurs du système se manifestent alors. De même, des **rétroactions** apparaissent, par l'intermédiaire des effets dominos de l'aléa souvent à l'origine d'une aggravation de l'aléa inondation.

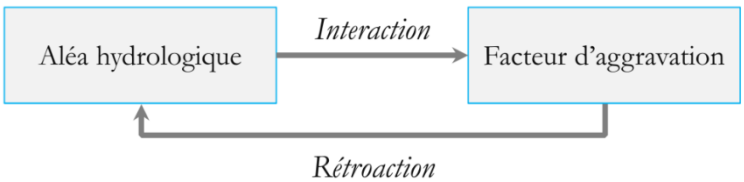


Figure IV.1 Rétroaction causée par un facteur d'aggravation de l'aléa hydrologique

Par cette rétroaction, les termes **d'effet domino** et de **facteur d'aggravation de l'aléa** hydrologique sont ainsi profondément ancrés dans la démarche systémique. L'interaction renvoie également à la notion **d'organisation** du système. Par définition un système socio-écologique tel que l'évènement d'inondation est en effet auto-organisé. Chaque facteur est organisé par rapport aux autres et peut ainsi être hiérarchisé en fonction de la finalité du système. Lors d'un évènement d'inondation, des facteurs déclencheurs, propres à l'aléa, peuvent par exemple être identifiés et organisés en fonction de facteurs territoriaux.

Un dernier principe et non le moindre de l'approche systémique se fonde sur la **complexité** du système. Longépée (2013) souligne que « *la complexité est au cœur de la théorie systémique* ». C'est en effet lorsque le système est trop complexe pour une simple démarche analytique que l'approche systémique est envisagée. Selon Durand (2013), la complexité d'un système réside dans trois paramètres, chacun illustré par l'évènement remarquable d'inondation.

- Il s'agit tout d'abord de la complexité liée aux facteurs du système. La grille de lecture a mis en évidence que des indicateurs multiples et de différente nature se côtoient. Certains appartiennent aux champs des sciences de la nature et de l'ingénieur tandis que d'autres font davantage appel aux sciences humaines et sociales. La remarquabilité d'un évènement est par exemple définie en fonction des répercussions socio-économiques. Cet aspect qui rappelle la nécessité de considérer les modalités de représentation de l'inondation (Quenet, 1999, Vasak, 2011) doit toutefois être lié aux paramètres physiques du phénomène, domaine généralement réservé à l'hydrologie ou à la météorologie (la perception de l'inondation demeure en effet étroitement corrélée à ses caractéristiques d'aléa).
- Le caractère complexe d'un évènement d'inondation réside par ailleurs dans sa complexité organisationnelle. La pondération des indicateurs de la grille a montré l'établissement impossible de liens entre des facteurs s'articulant sur différents niveaux d'organisation. Certains peuvent par être exemple être considérés comme **conjoncturels** et sont relatifs au passage de la perturbation. Leur occurrence demeure néanmoins indissociable de facteurs dits **structurels**, définis par les caractéristiques de l'environnement impacté par l'aléa (ici du bassin versant et des aménagements du territoire). Il s'agit par exemple de certains facteurs d'exposition ou de vulnérabilité du territoire, tel qu'un type de bâti particulièrement sensible à la submersion. Cette forme de complexité de l'évènement fait également appel à la notion d'**échelle**. En effet, la monographie de mars 1930 a montré que les conséquences d'une inondation s'articulent sur différents niveaux spatiaux et temporels et interrogent des effets d'échelles. L'un des enjeux de l'approche systémique développée ici sera par conséquent de s'interroger sur l'établissement d'une démarche permettant de comprendre le rôle des facteurs sur différentes dimensions spatio-temporelles.

- Enfin, la dernière forme de complexité réside dans **l'imprévisibilité** du système. Elle souligne le caractère incertain de certains impacts et rappelle le caractère singulier propre à l'évènement d'inondation et à la catastrophe (Dourlens, 2003, Vinet, 2007). A l'inverse du risque, la catastrophe et l'évènement remarquable résultent de la rupture du système (Leone et Vinet, 2007, Dauphiné et Provitolo, 2013). Sous l'impulsion d'une dynamique, les éléments composant le système de l'évènement d'inondation bifurquent, entraînant son changement de nature vers celle de l'évènement remarquable d'inondation. Cette **bifurcation** introduit par la même occasion la notion de **seuil,** à l'origine d'une nouvelle trajectoire du système. Pour illustrer l'importance de cette notion lors d'un évènement catastrophique, les géographes du laboratoire GEODE à Toulouse évoquent par exemple les circonstances de déclenchement de l'inondation du Gave de Pau en 1788 (Antoine *et al.*, 2010). Cet évènement d'inondation est consécutif à la rupture d'un lac naturel formé à la suite d'un éboulement en 1678. La pression générée par les blocs et l'action de l'eau a mis près d'un siècle avant de faire céder le lac, manifestant une rupture au sein de l'état d'équilibre du système et déclenchant l'évènement.

► Une boite à outils pour apprécier le processus de production

Le recours à l'approche systémique a permis de de dégager un certain nombre de ses outils. Ces derniers, tels que les effets de seuil, d'échelle, ou domino, peuvent être interrogés pour la caractérisation d'un évènement remarquable d'inondation. L'objectif de notre approche est ici de les solliciter ici afin d'arriver à une lisibilité du système, tout en conservant sa complexité. Pour ce faire, il est intéressant de faire référence à la notion de « système de production ». Ce concept ancré dans la théorie des systèmes considère le risque comme le produit de l'évolution dynamique et diachronique des facteurs du système de production (Vinet, 2007). Inscrit dans la lignée des travaux de Hewitt (1983), il autorise l'intégration de la société au sein de la dynamique du système, palliant de ce fait la tentation d'un déterminisme (tant naturel qu'anthropique) en considérant celui-ci dans sa globalité et sa complexité. Cette approche globale et diachronique transparaît également dans le concept de « *trajectoire de vulnérabilité* » (Magnan *et al.*, 2012). En accord avec ce dernier, le système socio-écologique suit une trajectoire singulière le conduisant vers l'état actuel de sa vulnérabilité et permet d'envisager des scénarios concernant son évolution. Dans la lignée du concept de « processus de production de risque » ce dernier permet de penser l'évènement remarquable comme un processus s'articulant sur une dynamique de long terme. En utilisant ces différents notions et concepts, ce chapitre vise à reconstituer une partie du processus à savoir celui de l'aléa.

1.2.2. Enjeux et méthodologie pour la caractérisation du processus de production de l'aléa

Il convient en premier lieu de revenir sur l'intérêt d'apprécier le processus d'aléa lors d'un évènement remarquable d'inondation. L'aléa inondation, en tant que phénomène perturbateur se prête plus facilement à une démarche analytique que des phénomènes appartenant aux registres sociaux. Il a depuis longtemps attiré l'attention des sciences de la nature. En raison de cette préoccupation, de nombreux indicateurs ont été développés afin de le caractériser (ils ont d'ailleurs été en partie repris au sein de la grille de lecture). Malgré cette attention particulière et la présence de nombreux outils à disposition, la monographie de mars 1930 a montré que l'identification des paramètres de l'aléa lors d'une inondation remarquable n'est pas pour autant une chose aisée. En effet, l'aléa apparaît éminemment complexe. C'est notamment en raison du caractère unique de l'évènement, mis en lumière par Le Bourhis (2007) lorsqu'il explique les difficultés inhérentes à la cartographie de l'aléa d'une inondation passée pour les gestionnaires : « *chaque inondation est un évènement singulier, fortement idiosyncrasique et dont la saisie ne va pas de soi* ». De nombreuses échelles s'articulent par exemple au sein de l'aléa. De même, via les phénomènes de rétroaction évoqués précédemment, le processus ne dépend pas seulement du phénomène déclencheur mais est également en lien étroit avec son environnement, physique ou socio-économique.

En utilisant les concepts attachés à l'analyse systémique, l'enjeu est ici de proposer une méthodologie adaptée permettant d'expliquer ces trois principales variables ainsi que leur position au sein du processus de production. Trois étapes principales ont été distinguées :

1. Une première consiste à proposer une représentation graphique du processus de production de l'aléa dont l'objectif est de hiérarchiser les différents facteurs identifiés dans les monographies ainsi que leurs possibles interactions.
2. Une seconde étape s'attache à identifier de nouveaux indicateurs permettant de qualifier le rôle des principales variables identifiées dans la représentation graphique.
3. Une dernière étape consiste finalement à croiser au sein d'une analyse cartographique les différents indicateurs préalablement distingués en vue d'expliquer la contribution de l'aléa hydrométéorologique au processus et d'éclairer le rôle éventuel de facteurs supplémentaires.

1.2.3. La représentation graphique du processus de production de l'aléa

► **Un sujet déjà traité par une analyse systémique**

Afin de mettre en lumière le processus de production de l'aléa lors d'un évènement remarquable d'inondation, des travaux ont particulièrement retenus notre attention. Il s'agit en premier lieu de ceux menés par Arnaud-Fassetta et Fort (2011) et de Menad (2009, 2012, 2013) au sujet des inondations de novembre 1999 dans l'Aude et de l'épisode de ruissellement de 2001 à Alger (à l'origine de près de 700 décès). Selon ces auteurs, l'analyse systémique et la modélisation permettent d'identifier **les facteurs de « contrôle »** qui jouent un rôle au sein

du processus de production d'un évènement exceptionnel (en termes d'aléa et de dommages), l'objectif étant à terme de dépasser la complexité du fonctionnement de l'hydrosystème.

« *La question des facteurs de contrôle est très complexe à démêler dans la mesure où l'objet d'étude est un hydrosystème dans lequel interagissent de nombreux processus, majeurs ou secondaires (qui plus est ubiquistes lorsqu'ils se combinent pour créer un processus majeur), aux effets distincts ou similaires et qui peuvent se substituer aux autres dans le temps* » (Arnaud-Fasseta, 2007).

Trois types de facteurs de contrôle sont identifiés et distingués selon leur origine anthropique ou naturelle :

- **Des facteurs de « prédisposition »**, relatifs aux caractéristiques naturelles du bassin versant à savoir, son exposition aux phénomènes climatologiques, sa morphologie, sa géomorphologie, sa géologie ou encore son orientation (Arnaud-Fassetta et Fort, 2011). Ceux-ci, présents en amont de l'aléa conditionnent l'intensité de l'aléa hydrométéorologique lors de sa survenance.
- **Des facteurs de « déclenchement »**, faisant référence aux facteurs de l'aléa hydrométéorologique à savoir les phénomènes physiques à l'origine de l'inondation (épisode pluvieux, saturation des sols, ruissellement ou encore intensité de l'aléa).
- **Des facteurs « d'aggravation »**, principalement liés à l'organisation anthropique du territoire (modes d'occupation du sol, imperméabilisation des sols…).

L'approche est ici multidisciplinaire et permet d'identifier et de hiérarchiser les variables entrant en jeu au sein de l'évènement catastrophique. Elle offre un cadre conceptuel intéressant notre étude.

Dans une même optique, il est possible de s'inspirer d'un rapport réalisé par le BRGM en 2000 au sujet du risque torrentiel en Haute-Savoie (Berthier *et al.*, 2000). Cette étude vise à identifier les processus hydrogéologiques impliqués lors d'évènements torrentiels passés, de façon à discerner leurs différentes interactions et possibles rétroactions. Les auteurs distinguent différents types de facteurs en fonction de leur temporalité : à court terme (éléments déclencheurs dont l'effet est immédiat), et à plus long terme (processus s'articulant sur une durée de quelques jours à plusieurs années jusqu'à son activation). Des agents anthropiques sont également identifiés mais dont la temporalité n'est pas précisée. L'originalité de ce travail réside en particulier dans l'identification de facteurs d'aggravation à l'origine d'une modification imprévisible de la réponse du système *bassin versant torrentiel*. Les évènements où des facteurs d'aggravation sont identifiés sont dénommés *anormaux*, et traduisent le changement de nature de l'évènement. Comme les travaux précédemment cités, ce rapport fait écho à la bifurcation du système et constitue une source d'inspiration pour notre étude, notamment pour la représentation systémique du processus de production de l'aléa.

► Essai de représentation graphique du processus de production de l'aléa

Au vu des différents travaux relatifs à la représentation graphique de l'aléa lors d'un évènement d'inondation, nous avons distingué :

- Les facteurs dits « **déclenchants** », relatifs à la temporalité de la perturbation dite physique à savoir le phénomène atmosphérique, l'épisode pluviométrique et l'évènement d'inondation qui en résulte.
- Les facteurs dits « **additionnels** », c'est-à-dire les facteurs ne s'articulant pas sur le même niveau d'organisation que les phénomènes déclencheurs. Ils sont davantage relatifs à l'idée de bifurcation du système et peuvent désigner des effets dominos de l'aléa à travers les facteurs aggravant de l'aléa, ou encore des conditions climatologiques initiales, déjà en place lors de l'arrivée de la perturbation.
- Le **bassin versant** est ici considéré comme un objet à part entière. En faisant référence aux fonctions de transfert et de production déjà évoquées (cf. page 191), le « bassin versant » est ici assimilé à un *réservoir* qui réagit à une sollicitation de l'aléa météorologique en fonction des facteurs déclenchant et des facteurs additionnels.

A chacun de ces facteurs sont associées leurs principales caractéristiques c'est-à-dire les variables pouvant jouer un rôle au sein du processus de production que nous avons identifiées dans les monographies. A titre d'illustration, le phénomène atmosphérique est décomposé en quatre caractéristiques à savoir : sa situation atmosphérique, sa trajectoire, sa date d'occurrence et son extension spatiale.

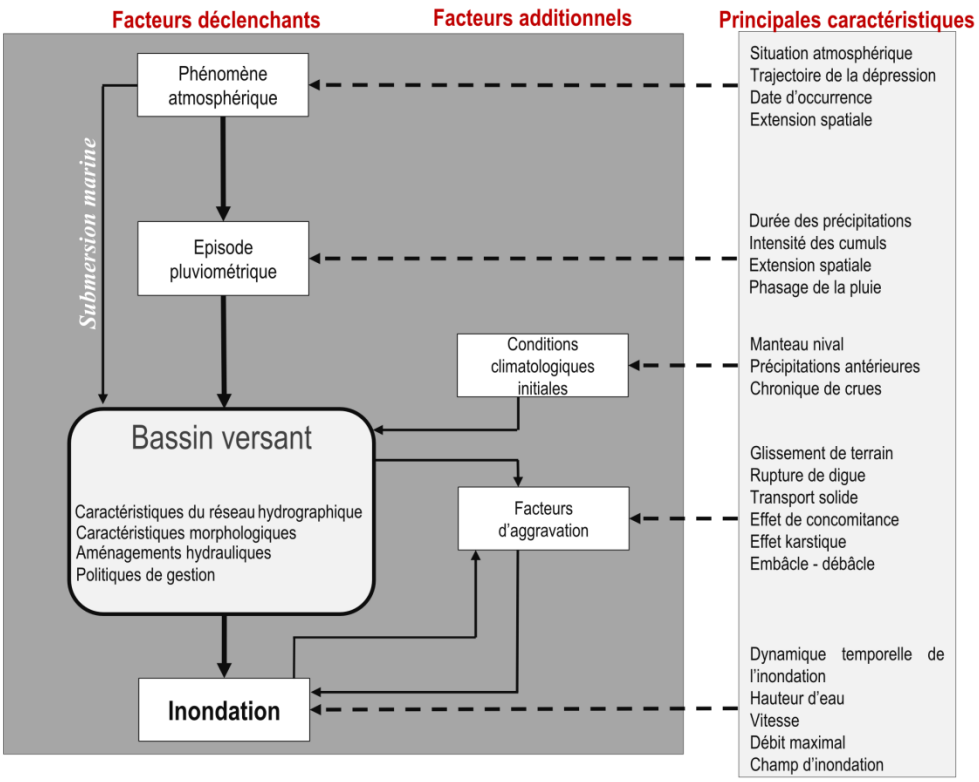


Figure IV.2 Représentation systémique du processus de l'aléa lors d'évènements remarquables d'inondations

2. Caractérisation de l'aléa hydrométéorologique

Afin de répondre à la problématique, une première étape de l'analyse consiste à borner spatialement et temporellement l'étude de l'aléa en identifiant les conditions météorologiques de déclenchement des inondations. Cette limitation est possible notamment à travers l'exploitation de sources documentaires relatives à l'évènement. Dans un second temps, il est possible de s'attarder sur la caractérisation des dynamiques de l'aléa météorologique de façon à distinguer les paramètres qui influent sur ses répercussions hydrologiques. Un même travail peut ensuite être réalisé sur le phénomène d'inondation lui-même, en identifiant en particulier les indicateurs qui permettent d'expliquer son intensité.

2.1. L'identification des conditions météorologiques de déclenchement

Suite à un phénomène naturel dommageable, les interrogations et la recherche des causes s'orientent rapidement vers l'explication du phénomène destructeur (Dourlens, 2003). La mise en évidence de ces facteurs de déclenchement constitue, dans le cadre d'une analyse systémique, une étape préalable et indispensable pour l'identification des variables explicatives de l'aléa hydrométéorologique et de leur potentielle exceptionnalité (Menad *et al.*, 2009). L'identification des facteurs déclenchants pose cependant plusieurs problèmes liés à la complexité de l'évènement remarquable. Si pour certains évènements issus d'un épisode pluvieux intense de courte durée la mise en évidence de l'aléa météorologique déclencheur paraît plutôt aisée, ce n'est pas le cas pour des inondations dont les origines sont plus complexes. Le retour d'expérience réalisé sur les crues de décembre 2000 à janvier 2001 résume parfaitement cette interrogation (Huet *et al.*, 2001). Les auteurs soulignent en effet que, prise isolément, l'intensité des épisodes pluvieux d'octobre 2000 à mai 2001 n'est pas exceptionnelle et n'explique pas les fortes inondations. Toutefois, la succession de ces épisodes pluvieux non-exceptionnels a induit un contexte de saturation quasi-permanent qui permet de comprendre l'ampleur des réactions hydrologiques qui s'en sont suivies. Si cette caractéristique est propre aux inondations océaniques et est relativement fréquente sur les bassins bretons (cf. évènements d'inondations des hivers 1994-1995, 2000-2001 ou 2013-2014), elle met néanmoins en évidence les différentes échelles qui gravitent autour d'évènements remarquables d'inondations. Dans le cadre de notre étude, nous nous sommes fondés sur deux outils permettant d'identifier les conditions météorologiques de déclenchement.

- *L'exploration de sources documentaires*

Après l'occurrence d'inondations jugées comme exceptionnelles, des analyses sont souvent réalisées afin de rechercher les causes de l'aléa hydrométéorologique. Ces travaux peuvent être des rapports produits par des scientifiques, ingénieurs hydrologues ou météorologues. C'est par exemple le cas des articles de Pardé qui s'attachent en premier lieu à la description des conditions météorologiques avant de revenir en détail sur leurs répercussions hydrologiques (Pardé, 1930e, Pardé, 1941a, Pardé, 1948). Les rapports gouvernementaux réalisés dans le cadre de retours d'expérience consacrent également les premières parties de leurs études à la description des caractéristiques de l'aléa dans le but d'éclairer l'origine du phénomène. Enfin, des documents scientifiques à portée plus générale tels que les annales du bureau central météorologique ou les annuaires hydrologiques constituent une source d'information complémentaire pertinente, en particulier pour les évènements anciens qui n'ont pas fait l'objet d'une analyse spécifique a posteriori.

- *L'analyse des bassins versants affectés*

L'objet de notre étude étant les inondations, l'analyse des conditions hydrologiques des principaux bassins versants affectés participe également au diagnostic des conditions météorologiques de déclenchement. Ces conditions sont tout d'abord liées aux caractéristiques structurelles du bassin versant (sa topographie, sa superficie, l'occupation du sol, sa géologie, sa localisation) et permettent d'associer un régime hydrométéorologique au bassin versant, en particulier utile pour légitimer le pas de temps utilisé lors de l'analyse météorologique. La dynamique des crues, identifiable grâce aux hydrogrammes ou limnigrammes répertoriés, permet en partie de juger de la fiabilité de l'échelle retenue dans l'analyse. A titre d'illustration, pour les inondations de plusieurs jours / semaines sur les grands bassins versants de fleuve, l'étude d'un épisode pluvieux de quelques jours ne paraît pas totalement significative afin de juger des conditions météorologiques déterminant l'aléa hydrologique. Dans ce cas, une étude des pluies antérieures précipitées avant l'évènement s'avère pertinente.

2.1.1. Description générale des conditions météorologiques à l'œuvre lors d'inondations remarquables

Grâce aux différents éléments de caractérisation de l'aléa météorologique cités précédemment, il est possible de préciser le ou les phénomènes météorologiques pouvant être considérés comme déclencheurs des inondations et par cette occasion préciser leurs caractéristiques temporelles. Quatre principaux types de conditions météorologiques de déclenchement ont été distingués.

► Des inondations liées à un épisode pluvieux déclencheur

Une première catégorie se dessine parmi les cas d'étude avec les évènements d'inondations liés à l'occurrence d'un épisode pluviométrique intense, clairement identifié comme l'élément déclencheur des inondations. Ce type d'aléa est principalement à l'origine de crues rapides telles que des inondations d'origine méditerranéenne, et correspondent à deux de nos cas d'étude :

- **Octobre 1940 :** Les inondations d'octobre 1940 surviennent à la suite d'une perturbation d'origine méditerranéenne relativement classique en termes de conditions synoptiques (Boutin et Pascual, 1990). Le passage de cette dépression engendre toutefois un épisode pluvieux particulièrement significatif du 16 au 20 octobre, à l'origine directe des débordements dans les bassins versants des Pyrénées-Orientales. Les conditions initiales de saturation ne semblent pas avoir eu d'influence lors de cet évènement (ou du mois un rôle très minime si l'on observe l'ampleur des cumuls précipités).

- **Novembre 1999 :** Les inondations de novembre 1999 résultent du passage d'une perturbation méditerranéenne les journées du 12 et 13 novembre 1999. Ces deux journées intègrent la totalité de l'épisode pluviométrique majeur à l'origine des répercussions hydrologiques le long des fleuves côtiers languedociens. Dans ce cas-là non plus les conditions climatologiques antérieures à l'épisode pluvieux ne peuvent pas être incriminées comme participant aux conditions météorologiques de déclenchement : l'automne 1999 a été en effet sec, entraînant une faible saturation des sols (Vinet, 2000).

► Des évènements d'inondations liés à la succession d'épisodes pluvieux

Des évènements liés à la succession d'épisodes pluvieux sont par ailleurs identifiés. Les conditions météorologiques déclenchant les inondations pour ces évènements sont généralement caractérisées par des cumuls plus modestes. C'est rarement le déclenchement du seul épisode pluvieux qui est à l'origine de l'inondation mais davantage la succession d'épisodes pluvieux qui contribue à la saturation des sols et accroît la sensibilité des bassins versants face à l'occurrence de nouvelles perturbations (Lang et Coeur, 2014). Cinq évènements d'inondations sont liés à ce type d'aléa météorologique :

- **Janvier 1910 (bassin du Doubs):** La genèse de l'aléa hydrométéorologique à l'origine des inondations de janvier 1910 du Doubs peut être étroitement corrélée à l'occurrence d'un épisode pluvieux du 17 au 20 janvier. Ce bassin versant, de taille plutôt modeste a subi une crue rapide, de l'ordre de 4 ou 5 jours, intervenant dans un contexte marqué par des conditions climatologiques initiales défavorables. Il s'agit d'une part du rôle des précipitations antérieures de décembre 1909 et de début janvier (Angot, 1915), et d'autre part de la présence de neige et d'une période de gel sur les sols du bassin.

- **Janvier 1910 (Seine) :** Bien que les inondations de janvier 1910 soient ici principalement appréhendées dans le bassin du Doubs, il est intéressant de détailler brièvement les conditions météorologiques à l'origine des inondations de la Seine. Les conditions météorologiques de déclenchement des inondations dans ces deux bassins de tailles différentes sont légèrement différentes : en plus de l'excédent pluviométrique des semaines et mois précédents, les inondations de la Seine sont liées à la succession de trois épisodes significatifs (les 10-12, 17-20 et 23-25 janvier).

- **Mars 1930 :** Les débordements du Tarn et de la Garonne en mars 1930 sont consécutifs au passage d'une dépression d'origine méditerranéenne générant de forts cumuls significatifs dans une grande partie du sud de l'hexagone du 25 février au 4 mars 1930. Dans les sources documentaires les précipitations de l'hiver 1929-1930 sont également évoquées comme conditions de déclenchement des inondations, au même titre que la fonte nivale (Pardé, 1930b). Cette dernière, associée au redoux de l'épisode pluvieux, aurait en effet contribué de façon significative à l'évènement hydrologique (Lambert, 1991).

- **Décembre 1947 et janvier 1948 :** L'évènement de décembre 1947 et janvier 1948 est constitué de deux phénomènes d'inondation à quelques semaines d'intervalles liés à deux situations météorologiques distinctes. Le mois de décembre 1947 est tout d'abord défini par des conditions globalement anticycloniques malgré le passage de quelques fronts pluvieux. Toutefois à partir du 25 décembre, une circulation océanique se met durablement en place en France. Le passage du front chaud de la perturbation entraîne un redoux généralisé très marqué le 27 décembre, accompagné de fortes précipitations qui perdureront durant quatre jours, jusqu'au 30 décembre. Cet épisode pluvieux, qui connait son intensité maximale la journée du 28 décembre, peut être considéré comme le phénomène météorologique responsable des inondations (Pardé, 1948, Rothé, 1948). Les inondations de janvier 1948, qui concernent davantage l'Alsace, sont quant à elles liées à un épisode pluvieux du 13 au 15 janvier qui est également caractérisé par le passage d'une perturbation océanique durant laquelle la succession des deux fronts génère des cumuls pluviométriques conséquents.

- **Décembre 1959 :** L'évènement du 1er décembre 1959 lié à la rupture du barrage de Malpasset s'inscrit dans une période agitée en termes de conditions météorologiques. Bien que la pluie ne puisse être considérée a posteriori comme le facteur responsable de la catastrophe, elle nécessite d'être étudiée en particulier car des inondations relativement rares en termes de fréquence s'opèrent sur le territoire lors de la rupture du barrage. Ces inondations sont principalement tributaires du passage d'une forte dépression méditerranéenne du 27 novembre au 2 décembre. Le passage de la tempête s'accompagne d'un épisode de précipitations qui connaît un pic d'intensité la journée du 1er décembre avant de s'atténuer progressivement pour disparaître le 2 décembre. Les conditions pluviométriques de l'automne-hiver 1959 doivent

également entrer en ligne de compte. Les hauteurs d'eau précipitées durant ces mois ont en effet contribué à la saturation générale des sols, impactés de nouveau par l'épisode de fin novembre (Foucou, 1978, Sarramea, 1999).

- **Octobre 2000 à mai 2001 :** L'évènement de la Somme se singularise des autres par sa typologie particulière principalement liée aux phénomènes de remontées de nappes. Dans ce cas la caractérisation de l'aléa météorologique responsable des inondations paraît plus compliquée que lors des simples phénomènes de débordements. Effectivement, ces inondations sont liées à l'élévation de la nappe piézométrique dans le sous-sol crayeux du bassin versant et sont par conséquent tributaires de la pluviométrie des mois mais aussi des années qui précédent l'évènement (AMEVA, 2009). Pour la Somme, l'aléa météorologique déclencheur peut toutefois être divisé en deux périodes distinctes : les précipitations antérieures à l'automne 2000, et la pluviométrie recensée d'octobre 2000 à mai 2001. Selon les divers retours d'expérience réalisés sur l'évènement, c'est bien la succession d'épisodes pluvieux d'origine océanique qui doit être considérée comme à l'origine des remontées de nappes (Deneux et Martin, 2001).

► Le cas particulier des évènements cycloniques

Les évènements d'inondations caractérisés par un aléa hydrométéorologique d'origine cyclonique peuvent être distingués des perturbations à l'œuvre sur l'hexagone (Lang et Coeur, 2014). Dans ces cas c'est l'extension spatiale et la durée de vie du phénomène cyclonique qui définit l'échelle d'analyse pertinente pour l'étude de l'aléa hydrométéorologique. Un phénomène cyclonique est à l'origine de plusieurs aléas (vent, houle cyclonique et précipitations). L'intensité de l'aléa pluvieux est particulièrement forte pour les phénomènes cycloniques affectant l'île de La Réunion, qui détient une grande partie des records mondiaux de pluviométrie.

- **Janvier 1980** : Les inondations de janvier 1980 à l'île de la Réunion naissent d'un épisode cyclonique fortement chargé en humidité, le cyclone Hyacinthe. Le météore prend forme le 15 janvier 1980 au sein de l'archipel des Mascareignes et affecte le territoire de l'île de la Réunion à partir de la journée du 16 janvier durant près de 12 jours (jusqu'au 28 janvier), avant de s'atténuer et de progressivement disparaître au sud-est de l'île (Service Météorologique de La Réunion, 1980).

► **Le phénomène de submersion marine : une typologie complexe**

Un dernier type d'inondation étudié est relatif aux submersions marines. Ce phénomène particulier naît de la conjonction entre de grandes marées et d'une tempête (associant vent violent et baisse de pression atmosphérique à l'origine d'une élévation du niveau marin moyen).

- **Février 2010 (littoraux Atlantique) :** Les submersions marines de 2010 font suite au passage de la tempête Xynthia dans la nuit du 27 au 28 février. Cette tempête d'origine extratropicale, dont l'intensité peut être analysée à travers l'étude de la vitesse des vents et de l'amplitude des baisses de pressions, s'est conjuguée à de forts coefficients de marée ce qui a engendré des submersions marines le long de la façade Atlantique.

2.1.2. Des conditions météorologiques diverses soulignant la complexité du système de production

La description des conditions météorologiques de déclenchement rappelle la complexité intrinsèque au système de l'évènement remarquable. De nombreuses variables entrent en jeu dans la caractérisation de l'aléa météorologique. Des évènements sont ainsi imputables à l'occurrence d'un épisode pluvieux intense, comme ceux d'octobre 1940, novembre 1999 ou janvier 1980. La durée de ces épisodes pluvieux varie toutefois sensiblement selon le cas d'étude. Par exemple, l'épisode pluvieux à l'origine des inondations sur la Réunion dure 12 jours tandis que l'épisode pluvieux lié aux inondations de novembre 1999 dans l'Aude dure 48 heures. Certains évènements d'inondations sont par ailleurs issus de la succession d'épisodes pluvieux. C'est le cas des évènements de janvier 1910, mars 1930, décembre 1959 ou de l'hiver-printemps 2001 dans la Somme. Le rôle des conditions initiales de saturation, perceptible à travers la pluviométrie antérieure, est ainsi souvent évoqué au sein des rapports post-inondations en tant que facteur de déclenchement. Bien que cela puisse être considéré comme une prédisposition classique pour des inondations lentes, l'importance des précipitations antérieures est également évoquée pour des inondations rapides liées à la survenance d'un seul épisode pluvieux intense comme en mars 1930 ou en décembre 1947-janvier 1948. Enfin, la présence de la fonte nivale est également récurrente (1910, 1930, 1947), ce qui soulève un questionnement sur le poids de ce facteur pour expliquer les réactions hydrologiques.

L'énumération des conditions météorologiques considérées comme responsables des inondations met ainsi en évidence l'importance du jeu d'échelles gravitant autour de l'aléa hydrométéorologique. Des conditions météorologiques sensiblement différentes sont relevées, reflétant également la diversité des types d'inondation. Pour des évènements liés à un même aléa météorologique, les facteurs déclencheurs peuvent ainsi varier d'un bassin versant à un autre. C'est le cas par exemple des inondations de janvier 1910 sur la Seine et le Doubs. Au vu de ces éléments une interrogation est possible sur le poids des différentes variables de l'aléa au sein du processus de production. Quelles sont les spécificités de l'aléa

météorologique à l'origine d'un évènement remarquable ? Les paramètres de cet aléa diffèrent-ils de ceux d'un évènement classique, *non-remarqué* par la société ? Pour répondre à ces questions, il est nécessaire de revenir sur les méthodes utilisées pour caractériser l'aléa météorologique en vue de distinguer son l'exceptionnalité et les facteurs responsables de la remarquabilité de l'évènement.

2.2. Caractérisation de l'aléa météorologique

Il ressort de la brève description des conditions météorologiques de déclenchement qu'un aléa météorologique est systématiquement à l'origine de l'inondation. Cet aléa est principalement lié à l'occurrence d'un ou plusieurs épisodes pluvieux à l'exception de Xynthia davantage issue d'un phénomène de tempête. Afin de caractériser la remarquabilité d'un évènement, il est néanmoins possible de s'interroger sur l'impact des précipitations. En effet, d'après un rapport gouvernemental, les précipitations et leur intensité sont reconnues responsables des principaux évènements d'inondations :

« […] *il est clair que ces inondations, comme d'ailleurs celles survenues dans le passé, ont pour cause principale des précipitations exceptionnellement élevées, tant par leur durée et leur intensité que par leur étendue géographique* » (Galley, 2001).

Selon cette affirmation, le poids de l'aléa pluviométrique serait ainsi déterminant. Cependant, dans le cas d'évènements remarquables, la pluie est-elle toujours le facteur déterminant lors d'un évènement remarquable ? Si oui, peut-elle être considérée comme exceptionnelle ? De même, de quelle manière l'aléa météorologique dans son ensemble participe-t-il à la remarquabilité de l'évènement ? L'influence d'autres variables permet-elle de relativiser l'importance des cumuls précipités ? Afin de répondre à ces différentes questions, il est tout d'abord nécessaire de caractériser l'aléa météorologique.

2.2.1. L'échelle synoptique : un premier élément de caractérisation de l'aléa météorologique

L'échelle synoptique constitue une première étape de caractérisation de l'aléa météorologique. Elle permet notamment d'identifier l'origine de la perturbation responsable du ou des épisodes pluvieux déclencheurs, démarche indispensable afin de comprendre l'ampleur des réactions hydrologiques.

► L'intérêt des réanalyses atmosphériques pour caractériser la dynamique atmosphérique

De nombreuses sources de données ont été explorées afin d'apprécier la situation atmosphérique lors du phénomène déclencheur. Il s'agit tout d'abord des réanalyses atmosphériques faites par la National Oceanic and Atmospheric Administration (ou NOAA) et plus précisément les réanalyses 20CR (Twentieth Century Reanalysis). Les données de ces réanalyses, disponibles en libre accès pour la période 1871-2011, sont jugées relativement fiables pour l'Hémisphère Nord en raison de la densité du réseau de mesure. Elles se fondent

sur des documents d'archives regroupant les mesures barométriques mises à disposition par les différents organismes météorologiques nationaux tel que Météo-France et sur des techniques d'assimilation de ces données dans un modèle météorologique global (Compo *et al.*, 2011). Grâce à ces réanalyses il est par exemple possible d'établir la chronologie des conditions atmosphériques à l'œuvre lors de l'aléa hydrométéorologique de façon à distinguer le type de perturbation et les valeurs des principales variables atmosphériques pour différentes altitudes (géopotentiel, température, vent…).

► La reconstitution de la trajectoire du météore : l'exemple de Hyacinthe (janvier 1980)

L'intérêt de l'échelle synoptique se fonde également sur l'appréhension de la trajectoire d'un aléa météorologique, importante notamment pour caractériser des épisodes cycloniques tels que Hyacinthe en janvier 1980 ou Xynthia en février 2010. Dans cette optique, certains organismes spécialisés tels que le « *European Wind Storms* »[35], *Joint Typhoon Warning Center* »[36], « *Australian Severe Weather Association* »[37] mettent librement à disposition des données relatives à la trajectoire d'épisodes cycloniques passés. Grâce à ces informations, complétées par des documents produits par des gestionnaires locaux, il a été possible de retranscrire cartographiquement la trajectoire du météore. La Figure IV.3 propose à ce titre une représentation cartographique de la trajectoire du cyclone Hyacinthe du 15 au 29 janvier 1980.

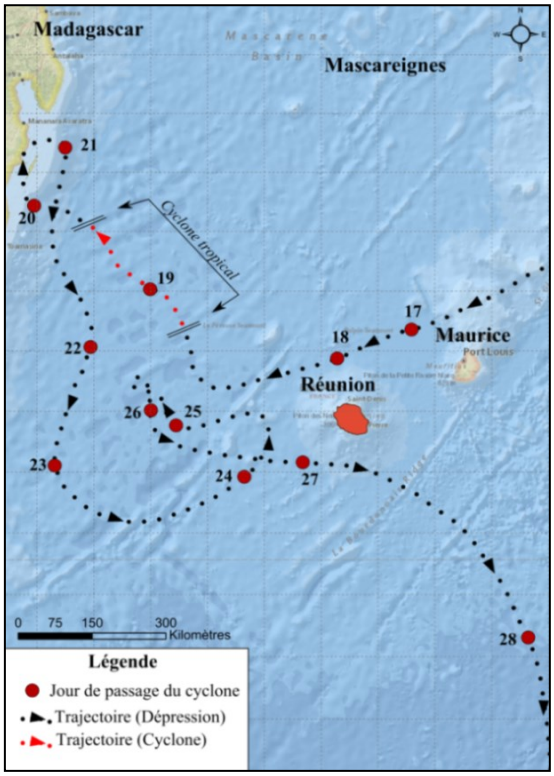


Figure IV.3 Trajectoire du cyclone tropical Hyacinthe (Source : DEAL Réunion)

[35] URL : http://www.europeanwindstorms.org/
[36] URL : http://www.usno.navy.mil/NOOC/nmfc-ph/RSS/jtwc/best_tracks/
[37] URL : http://www.australiasevereweather.com/cyclones/

La représentation de la trajectoire du cyclone Hyacinthe permet d'apprécier son caractère capricieux, avec de brusques changements de direction (six au total) pendant près de 13 jours. Le cyclone aborde les littoraux Réunionnais trois fois, et est à l'origine de pluies quasi-continues sur la période.

« *Les précipitations ne cessent pas ; seule leur intensité varie en fonction du déplacement de la perturbation.* » (Direction de la Météorologie, 1980)

Cette trajectoire atypique est particulièrement déterminante quant à la nature de l'aléa et à la remarquabilité de Hyacinthe (DEAL Réunion, 2010). Elle explique notamment l'ampleur des cumuls précipités sur laquelle nous reviendrons plus tard.

2.2.2. L'analyse locale des cumuls précipités

Un aléa météorologique d'origine pluviale se définit classiquement par cinq paramètres, à savoir :

- une quantité d'eau précipitée (en mm) ;
- une superficie affectée par les précipitations (à l'échelle des bassins versants) ;
- la durée de l'épisode (jours ou heures) ;
- l'intensité des cumuls (exprimée en $mm.h^{-1}$) ;
- la fréquence de l'épisode (estimée en particulier grâce aux périodes de retour).

L'épisode pluvieux est également défini par un type de perturbation (éclairé auparavant) ainsi que par sa date de survenance. Afin de caractériser l'aléa pluvieux et d'identifier les paramètres influençant le processus de production, il est tout d'abord nécessaire d'apprécier la dynamique temporelle des précipitations et le cumul sur l'ensemble de l'épisode.

► Source de données sollicitées

Plusieurs sources de données ont été privilégiées afin d'étudier les cumuls précipités. Il s'agit en premier lieu de données issues de la base de données BDClim et mises à disposition par Météo-France dans le cadre de notre étude. Cette base de données répertorie les précipitations tombées à un pas de temps journalier (6 h T.U. jour J à 6 h T.U. jour J+1). Ce découpage à la journée possède néanmoins certaines limites qu'il convient de souligner. Par exemple, cela ne permet pas de calculer des cumuls sur 24 heures glissantes qui peuvent paraître plus pertinentes dans le cadre de l'analyse d'épisodes brefs et intenses (Vinet, 2003). L'intensité des cumuls peut ainsi être sous-estimée pour certains épisodes. La sélection des données s'est effectuée sur des limites temporelles et spatiales préalablement définies. Des données pluviométriques peuvent également être récupérées sur des plates-formes de météorologie amateurs telles qu'InfoClimat[38] qui propose un service de visualisation des chroniques de précipitations sur certaines stations. En tant que sources d'informations complémentaires, les rapports annuels des annales du bureau central de Météorologie répertorient une partie des informations sur les données de précipitations mesurées. Enfin,

[38] URL : http://www.infoclimat.fr

des données provenant de sources textuelles peuvent être utilisées (rapports scientifiques ou des services en charge de la gestion des risques).

► Appréhension de la dynamique temporelle des précipitations

Une première méthode d'appréciation de l'ampleur de l'aléa météorologique à l'origine des inondations consiste en l'analyse des cumuls précipités. Le recours aux hyétogrammes offre dans un premier temps une vision graphique des cumuls précipités ainsi que leur répartition temporelle sur la période pertinente pour l'analyse de l'aléa météorologique. La Figure IV.4 illustre à ce titre la succession d'épisodes pluvieux du 1er octobre 2000 à mai 2001 à la station d'Abbeville, située à l'aval du bassin de la Somme. Des épisodes de plus grande intensité peuvent y être identifiés (comme celui mesuré à la mi-octobre). Inversement, des périodes d'accalmies pluviométriques apparaissent (ici au mois de février 2001). La représentation des courbes de précipitations cumulées permet par ailleurs de voir la contribution des pics pluviométriques dans les cumuls totaux mesurés (en l'occurrence les mois d'octobre 2000 et de mars 2001 se distinguent particulièrement).

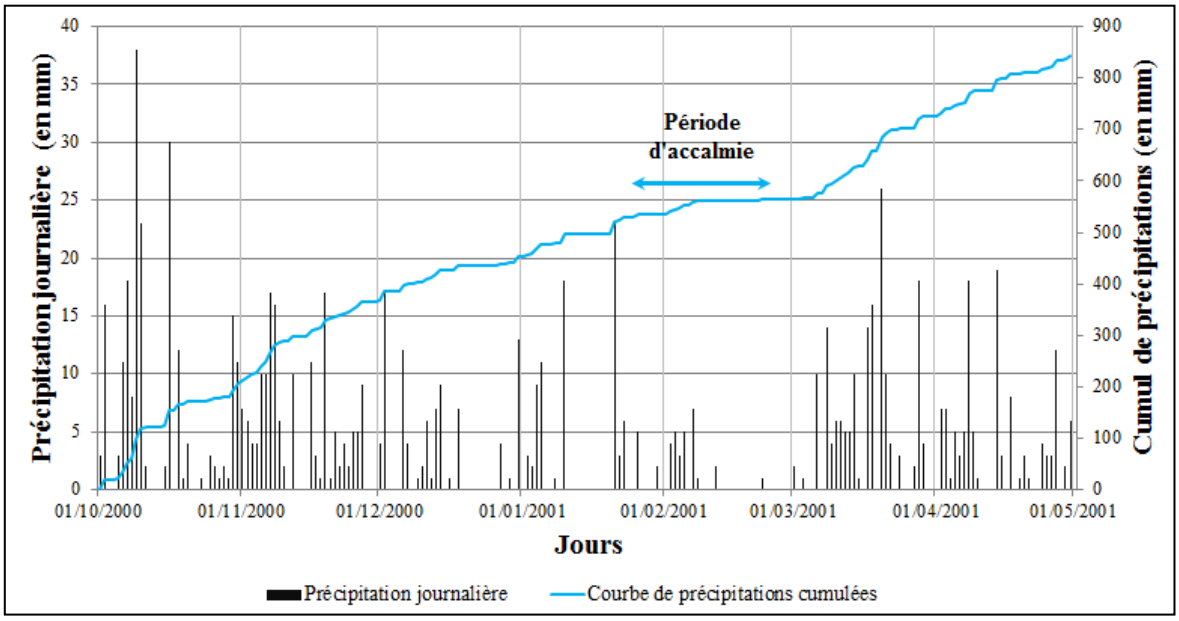


Figure IV.4 Précipitations journalières et courbe de précipitations cumulées du 01/10/2000 au 30/04/2001 à la station pluviométrique d'Abbeville dans la Somme (Source données : BDClim, MétéoFrance).

► Hyétogrammes horaires : appréhension de la dynamique intra-évènement

La représentation graphique du hyétogramme est réalisable au pas de temps journalier mais peut également être effectuée à un pas de temps plus fin, par exemple horaire. L'analyse des précipitations horaires peut compléter l'information journalière et permettre d'apprécier la dynamique temporelle intra-évènement. Cette donnée, davantage disponible sur les épisodes récents, est en particulier pertinente pour des épisodes pluvieux intenses, tels que les épisodes convectifs méditerranéens ou orageux, pour lesquels l'intensité horaire peut être déterminante. Un exemple est ici présenté à propos des cumuls mesurés entre le 12 et le 14 novembre 1999 à la station de Lézignan-Corbières (Figure IV.5), et permet d'éclairer

l'irrégularité temporelle de l'épisode pluvieux à la station. Un premier épisode véritablement majeur survient à partir de 13 heures le 12 novembre, avec un pic d'intensité de 55 mm à 17 heures. Il s'ensuit une période de relative accalmie avec des cumuls moins significatifs, avant une reprise intense de l'activité pluvieuse à partir de 21 heures. De 22 heures à 23 heures, on relève un cumul de 106,6 mm, correspondant à la valeur maximale mesurée sur l'ensemble des postes pluviométriques de la région lors de l'épisode (Neppel *et al.*, 2001). Après une nouvelle période de calme de minuit à 2 heures, un troisième pic de moindre intensité survient avant le retour progressif à la normale dans la journée du 13 novembre.

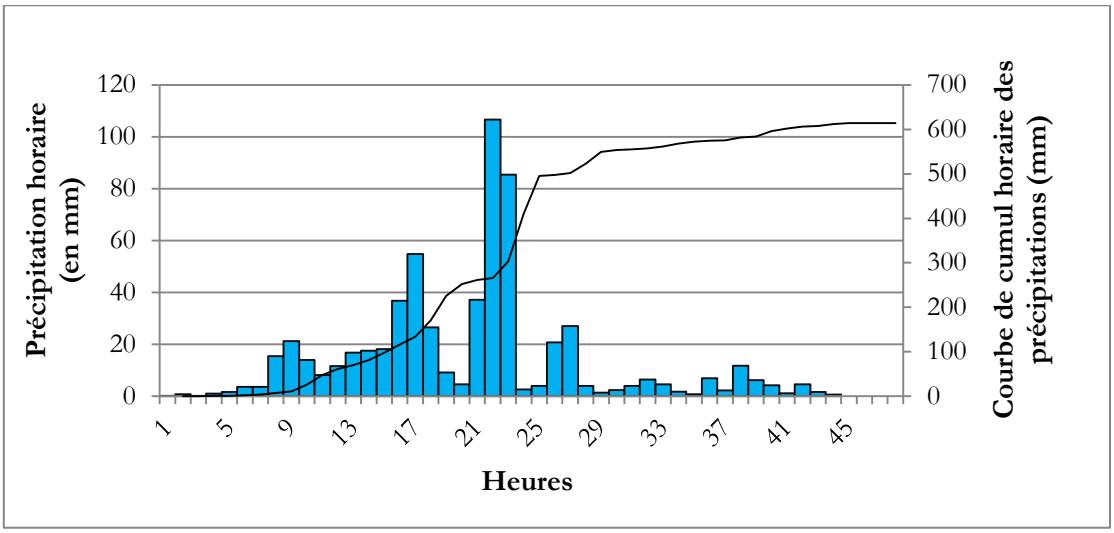


Figure IV.5 Hyétogramme des précipitations des 12 et 13 novembre 1999 (48 heures) à Lézignan-Corbières dans l'Aude (Source : Lefrou *et al.,* 2000)

La répartition horaire des cumuls permet ainsi d'affiner l'analyse à l'échelle journalière et offre plusieurs intérêts. Elle souligne tout d'abord la variabilité temporelle infrajournalière qui peut être mise en relation avec la dynamique de crue de façon à apprécier la réaction du bassin versant. La succession temporelle de plusieurs pics d'intensité de pluie lors de l'évènement de novembre 1999 illustre par ailleurs l'alimentation du système convectif durant ces deux journées, caractéristique essentielle de cet aléa météorologique (Vinet, 2003). De même, la distribution d'un hyétogramme à l'échelle horaire donne une idée de l'intensité relevée sur ce pas de temps, déterminante pour définir l'exceptionnalité de l'aléa météorologique sur de petits versants.

► Appréciation de l'ordre de grandeur des cumuls précipités lors des épisodes pluvieux

De façon à caractériser les épisodes pluvieux auparavant identifiés, le recensement des cumuls maxima précipités est possible afin d'apprécier l'ampleur des cumuls précipités (Tableau IV.2).

Evènement	Cumuls max 24h (mm)	Station pluviométrique	Cumuls max épisode en mm (jours)	Station pluviométrique
Janvier 1910 - Doubs	**37**	Besançon (*Doubs*)	**147** (4 jours)	Besançon (*Doubs*)
Mars 1930	**192**	Saint-Gervais-sur-Mare (*Hérault*)	**694** (7 jours)	Saint-Gervais-sur-Mare (*Hérault*)
Octobre 1940	**~ 1000**	Saint-Laurent-de-Cerdans (*Pyrénées-Orientales*)	**1930** (4 jours)	Saint-Laurent-de-Cerdans (*Pyrénées-Orientales*)
Décembre 1947	**187**	Wildenstein (*Vosges*)	**414** (5 jours)	Wildenstein (*Vosges*)
Décembre 1959	**161**	Sainte-Maxime (*Var*)	**367** (6 jours)	Sainte-Maxime (*Var*)
Janvier 1980	**1742**	Grand-Ilet (*Réunion*)	**6083** (15 jours)	Commerson (*Réunion*)
Novembre 1999	**551**	Lézignan-Corbières (*Aude*)	**624** (2 jours)	Lézignan-Corbières (*Aude*)

Tableau IV.2 Cumuls maxima relevés lors des épisodes pluvieux déclencheurs (Source : Météo-France)

Le relevé des cumuls précipités au pas de temps journalier et sur l'ensemble de l'épisode montre la disparité de l'aléa pluvieux. Le cyclone Hyacinthe de janvier 1980 se détache ainsi nettement des autres cas d'étude : l'intensité journalière est d'environ 1750 mm tandis que le cumul maximal sur l'ensemble de l'épisode (15 jours) atteint 6083 mm. Les épisodes d'octobre 1940 et novembre 1999 se distinguent également par leurs cumuls tandis que des intensités journalières moins fortes sont relevées en mars 1930, décembre 1947 et décembre 1959. Les cumuls journaliers relevés de ces épisodes sont du même ordre de grandeur, oscillant entre 161 et 192 mm. L'épisode de 1930 se distingue cependant sur la durée de l'épisode avec une hauteur maximale de 694 mm mesurée sur le poste de Saint-Gervais-sur-Mare dans l'Hérault. Enfin, l'épisode océanique du 17 au 21 janvier 1910 sur le bassin du Doubs est caractérisé par des cumuls de moindre importance. La valeur journalière maximale à Besançon est d'environ 37 mm tandis que les cumuls sur l'épisode équivalent à 147,3 mm sur la station. A titre de comparaison, l'intensité maximale de l'épisode sur le bassin versant de la Seine est sensiblement équivalente avec 141 mm (mesurés à la station de Montsauche-les-Settons dans le massif du Morvan, aux sources de l'Yonne).

► Des cumuls record lors d'inondations remarquables ?

La recherche des maxima a permis de mettre en évidence l'importance des cumuls précipités lors de certains épisodes. Ces cumuls relevés localement constituent parfois des records de précipitations. C'est par exemple le cas de l'épisode de 1940 où 1000 mm sont relevés par l'instituteur de Laurent-de-Cerdans, Mr Julia, constituant le record européen de hauteur d'eau précipitée en 24 heures. Cette valeur, longtemps jugée irréaliste en raison de l'incertitude gravitant autour de la mesure et du fait de son caractère inédit, a été réhabilitée, notamment au regard des cumuls relevés dans les autres postes de la région (840 mm à la Llau par exemple en 24 heures (Boutin et Pascual, 1990), 866,2 mm en 72 heures à Camprondon à la frontière espagnole (Llasat et Puigcerver, 1994). Comme pour l'épisode d'octobre 1940, l'intensité atteinte par l'épisode du 12 au 13 novembre 1999 paraît exceptionnelle. La valeur de 551 mm en 24 heures figure parmi les plus fortes relevées sur le territoire français. Dans une mesure encore plus frappante, les cumuls recensés à la Réunion lors de l'épisode cyclonique Hyacinthe constituent des records mondiaux sur les pas de temps de 10 à 15 jours (Figure IV.6). Cette intensité exceptionnelle peut s'expliquer par deux raisons principales :

- la trajectoire erratique du météore qui aborde les côtes de l'île près de trois fois en l'espace de 13 jours (fait anormal pour un phénomène cyclonique),
- la climatologie particulière de l'île Réunion, qui de par sa localisation située sur la trajectoire de nombreux cyclones et la présence de reliefs élevés (Mayoka, 1998), possède de nombreux records mondiaux de précipitations.

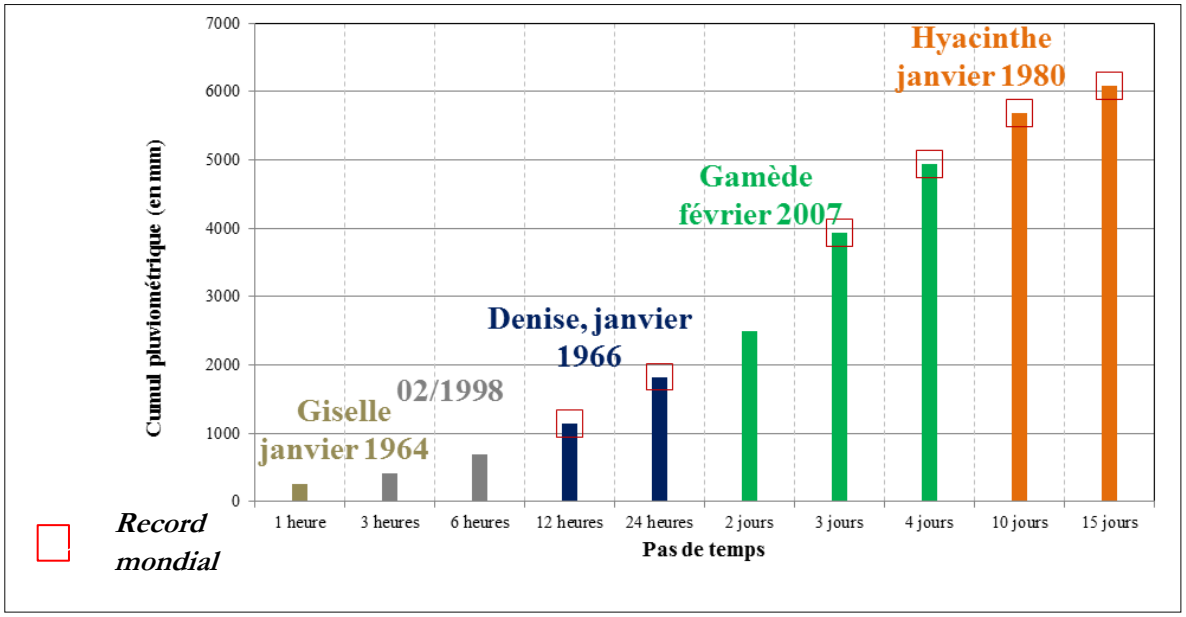


Figure IV.6 Précipitations maximales à la Réunion et records mondiaux

2.2.3. La spatialisation des cumuls comme outil d'explication de l'intensité pluviométrique

L'analyse des données brutes constitue une première étape vers la classification de l'intensité de l'épisode pluviométrique. Une seconde étape réside en la cartographie des cumuls pluviométriques, utilisée dans de nombreux travaux portant sur les évènements historiques d'inondation afin de reproduire la répartition spatiale et comprendre l'incidence des précipitations sur les inondations (Pardé, 1948, Llasat et Puigcerver, 1994, Coeur et Djerboua, 2007a).

► Méthode pour la cartographie des cumuls précipités

Avant de revenir en détail sur l'intérêt et les limites de la cartographie de cette représentation, il convient de détailler la méthodologie utilisée pour la représentation spatiale des cumuls. Les données ont été triées et exportées dans un logiciel d'information géographique en vue de leur représentation cartographique. La méthode d'interpolation spatiale retenue dans le cadre de notre analyse repose sur une méthode de krigeage simple, sélectionnée parmi d'autres telles que le spline ou l'inverse distance. L'un de ses avantages repose sur la conservation des valeurs observées ce qui paraît primordial en l'absence d'informations sur les incertitudes des estimations. La sémiologie graphique utilisée se fonde sur celle de la base de Météo-France[39] (SIPEX) pour les cumuls de précipitations. En parallèle, d'autres informations ont été représentées telles que les limites des principaux bassins versants affectés par les inondations.

► Cartographie de la lame d'eau pour appréhender la variabilité spatiale de l'aléa météorologique : exemple des inondations de décembre 1947

Pour illustrer l'intérêt de la cartographie de la lame d'eau précipitée nous présentons une illustration de l'épisode du 26 au 30 décembre 1947 (Figure IV.7). Elle permet de visualiser l'extension et la structure spatiale des précipitations, démarche cruciale pour caractériser la dynamique spatiale de l'épisode pluviométrique déclencheur (ici étendue au quart nord-est français et plus précisément aux régions de Lorraine et d'Alsace). La répartition des cumuls sur le territoire dessine une nette limite d'intensité d'orientation nord-sud et est-ouest. Les bassins versants situés au sud de la Lorraine, comme le Doubs, ont ainsi été moins touchés que la Moselle (et son sous-bassin la Meurthe) ou que la Meuse. La plaine du Rhin se trouve également relativement épargnée en dépit de cumuls particulièrement importants dans les bassins amont des affluents occidentaux. Trois zones principales de forts cumuls sont distinguées par la cartographie à savoir :

[39] URL: http://pluiesextremes.meteo.fr

- le massif des Vosges, en particulier au droit des sources de la Meurthe, de la Moselle et de la Thur, où est mesurée la totalité des cumuls supérieurs à 200 mm (la valeur maximale de l'épisode est relevée à Wildenstein dans la haute vallée de la Thur avec 414 mm en 5 jours, illustrant l'intensité pluviométrique pour cet affluent de l'Ill),
- le massif du Donon situé plus au nord dans le département du Bas-Rhin, aux sources de la Bruche, où sont relevés des cumuls de l'ordre 200 mm,
- la partie moyenne de la Meuse française. Le poste pluviométrique de la ville de Commercy relève à ce titre 161 mm durant l'averse.

Un dernier apport de la cartographie des cumuls précipités réside dans l'appréciation de l'extension spatiale des isohyètes. Pour l'épisode de décembre 1947, celle-ci met en évidence l'importance des cumuls sur une grande partie du bassin de la Moselle touché par des cumuls supérieurs à 100 mm voire 150 mm. Cette distribution spatiale est notamment mise en avant comme facteur d'exceptionnalité dans l'analyse des causes météorologiques de l'évènement (Pardé, 1948, Rothé, 1948).

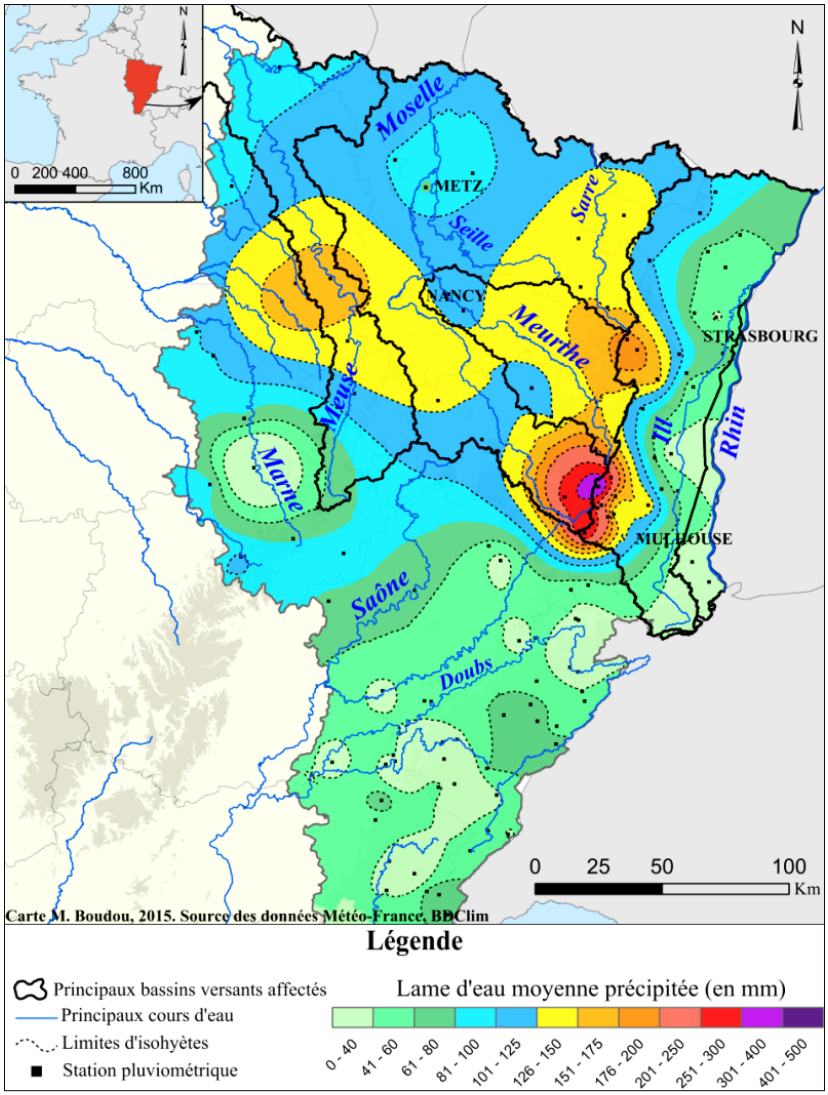


Figure IV.7 Lame d'eau précipitée du 26 au 30 décembre 1947 (5 jours) sur l'est de la France (Source : données Météo-France)

2.2.4. Les limites liées à la spatialisation des données de cumuls

L'exemple de la répartition spatiale des précipitations de l'épisode du 26 au 30 décembre 1947 permet ainsi d'appréhender la dynamique spatiale sur l'ensemble de l'épisode et illustre l'apport de l'outil cartographique afin de caractériser l'intensité de l'aléa météorologique. De nombreux auteurs ont néanmoins souligné les contraintes liées à l'utilisation de données brutes de pluie et à leur spatialisation (Cosandey et Robinson, 2012). Il ne s'agit pas ici d'en dresser la liste exhaustive mais davantage de mettre évidence les variables caractérisant l'extension spatiale des précipitations.

Tout d'abord, la densité du réseau de mesures sur le territoire conditionne fortement la forme et la valeur de la lame d'eau précipitée dans la cartographie. Plus les postes sont proches et plus la représentation spatiale sera fidèle aux précipitations. Or, le réseau de pluviomètres en France a de nombreuses fois fluctué sur le territoire, y compris au cours du XXe siècle. Dans le Languedoc-Roussillon, Neppel *et al.* (1998) remarquent par exemple que le nombre de postes pluviométriques de Météo-France était de 3,6 postes par 1000 km^2 en moyenne en 1900, tandis qu'il atteint 10,6 postes par 1000 km^2 en 1993. Des situations peuvent ainsi être masquées lors de la caractérisation des pluies, en particulier pour des épisodes anciens. A titre d'exemple, la spatialisation de l'épisode pluvieux de janvier 1910 sur le Doubs n'est pas possible dans le cadre de notre étude. Il n'existe qu'un seul poste sur le bassin au sein de la base de données utilisée, ce qui ne permet pas de rendre compte de l'ampleur de l'épisode sur ce bassin. De même, la forme des isohyètes pour l'épisode d'octobre 1940 met en évidence le réseau peu dense de mesures et ne peut par conséquent être considéré que comme une simple estimation de la situation réelle de l'aléa pluvieux.

► **La densité du réseau de mesure : exemple du cyclone Hyacinthe (janvier 1980)**

Afin d'illustrer l'importance du réseau de mesure dans la caractérisation de l'extension spatiale d'un épisode pluvieux, nous présentons sur la Figure IV.8 une cartographie « test » du cumul pluviométrique rencontré lors du cyclone Hyacinthe de janvier 1980.

Les données de cumuls, récoltées par l'intermédiaire du CMRS Réunion, offrent deux informations : d'une part les hauteurs brutes précipitées lors de l'épisode et d'autre part les moyennes précipitées lors d'un mois de janvier. Cette dernière information est disponible sur une moindre quantité de postes pluviométriques : 57 postes d'observation contre 136 soit un nombre de postes inférieur de 41%. L'interpolation des cumuls bruts sur l'épisode a été réalisée de manière identique (krigeage sphérique simple) pour les deux jeux de données : carte **1** avec les données disponibles sur l'épisode ; carte **2** en ne conservant que les postes où les données interannuelles étaient disponibles. Une troisième cartographie (carte **3**) a été réalisée de façon à rendre compte de la différence dans la lame d'eau entre les cartes **1** et **2**. La distribution spatiale des cumuls montre de fortes variations d'une cartographie à l'autre. La forme des isohyètes est simplifiée dans la carte **2** faute de données suffisantes (en particulier pour les zones de forts cumuls) lissant la pluviométrie générale de l'épisode sur le territoire. Des foyers de forte intensité n'apparaissent plus dans la cartographie. C'est en particulier le

cas du secteur de Grand-Îlet localisé au nord de la Réunion qui comptabilise près de 4000 mm lors de l'épisode. Cet aspect est illustré par la cartographie des écarts entre les deux représentations sur la carte **3**. Certaines zones paraissent ainsi sous-estimées dans la carte **2** comme le nord et le sud de l'île. D'autres à l'inverse ont été surestimées. C'est en particulier le cas du secteur situé au sud-est du cratère de Commerson (valeur maximale sur l'épisode) qui correspond globalement au bassin versant de la rivière des Remparts, où des écarts allant jusqu'à 3000 mm sont observés.

Au vu de cet exemple, la densité du réseau de mesures possède une grande influence sur la représentation spatiale qui nécessite par conséquent un vision critique. L'importance des cumuls précipités lors de Hyacinthe à la Réunion rend le résultat de l'interpolation très sensible aux données d'entrée. De même, la répartition initiale des pluviomètres sur l'île, situés principalement dans des zones faciles d'accès le long des littoraux, permet de relativiser la hauteur de lame d'eau précipitée dans les secteurs de reliefs.

► **Les incertitudes liées au jeu de données et à la méthode d'interpolation**

Outre la densité du réseau de mesures, il faut également tenir compte de l'incertitude liée à la mesure elle-même. La fiabilité des mesures s'est améliorée en même temps que l'outil technique utilisée (en l'occurrence le pluviomètre). Depuis quelques années, la mesure radar permet d'apprécier de manière plus certaine le champ spatial des précipitations. Le changement de l'appareil de mesure ou bien son déplacement peuvent altérer la fiabilité de la donnée mesurée. Des ruptures au sein d'une série de données peuvent ainsi intervenir. Afin de pallier ces incertitudes, des initiatives ont vu le jour dans les services de Météo-France depuis quelques années dans le but d'homogénéiser les séries de données de précipitations. L'homogénéisation des séries journalières permet notamment de mieux caractériser l'intensité des épisodes pluvieux (Soubeyroux *et al.*, 2011). Finalement, la méthode d'interpolation utilisée lors de la représentation doit être prise en compte. Des études ont montré l'importance des paramètres utilisés lors de la spatialisation de données locales. Dans le cadre de notre étude, nous avons choisi de retenir un krigeage simple avec une valeur de pépite nulle de façon à respecter les observations. Cette méthode a été retenue car jugée adaptée selon l'objectif de l'étude et fiable au regard des semi-variogrammes. D'autres variables, telles que la topographie du site, devraient néanmoins être également intégrées au sein de l'interpolation de façon à respecter au maximum le caractère local de l'épisode pluvieux et surtout de rendre compte de l'évolution des cumuls avec l'orographie.

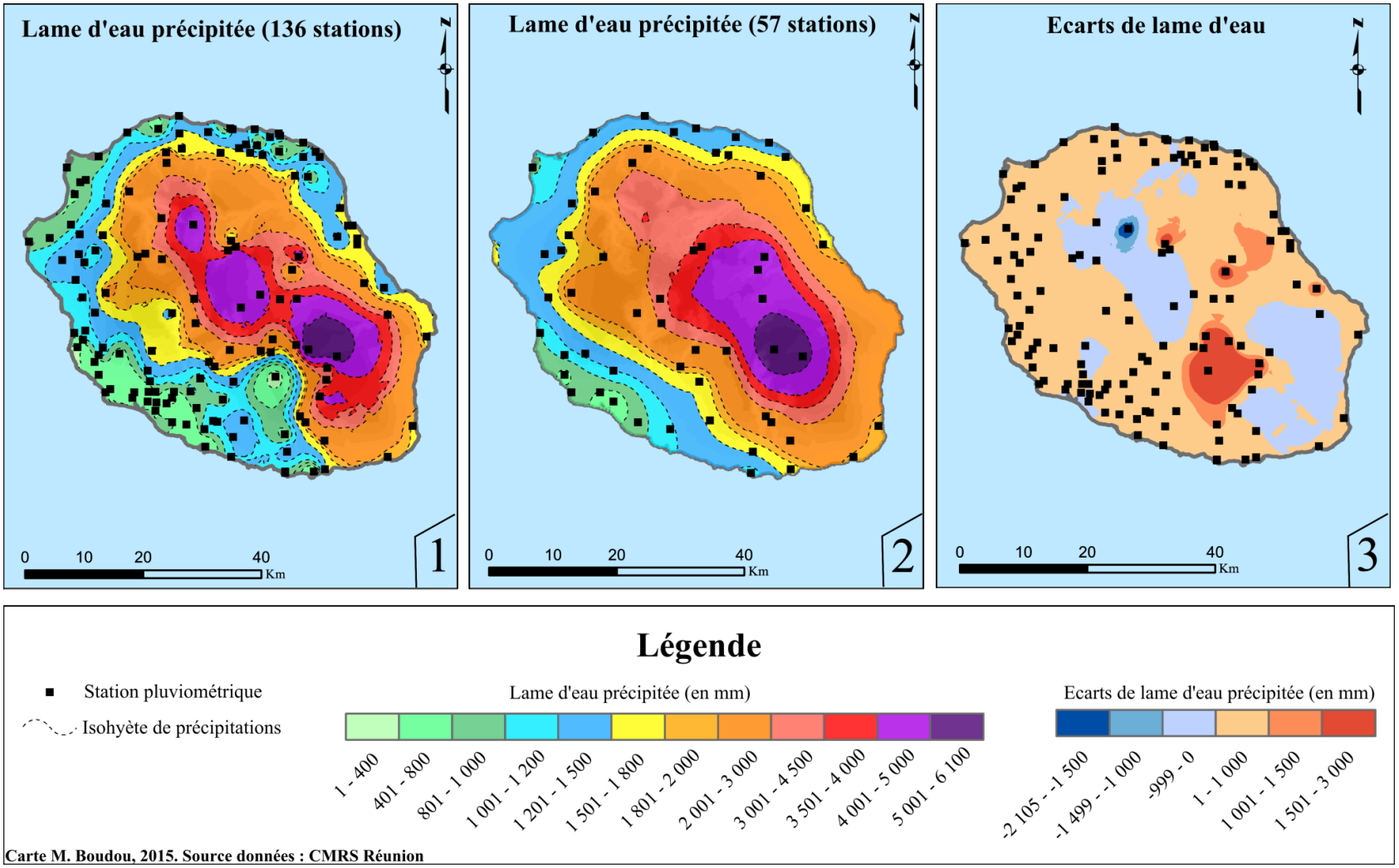


Figure IV.8 Importance du nombre et de la densité de postes pluviométriques pour l'appréhension des dynamiques spatiales de l'épisode pluvieux du 15 au 28 janvier 1980 à la Réunion

► L'importance des conditions climatologiques locales : exemple de Hyacinthe (janvier 1980)

La concentration des pluies dans certaines zones n'est pas suffisante pour conclure à l'exceptionnalité des cumuls. L'épicentre pluvieux localisé sur le massif des Vosges lors de l'épisode de décembre 1947 doit en ce sens être mis en relation avec l'influence de l'orographie et par conséquent des conditions climatologiques locales afin de juger de l'ampleur des cumuls précipités. De même, la forte extension spatiale des fortes intensités sur le plateau Lorrain doit être croisée avec la répartition spatiale d'autres épisodes pluvieux afin d'en déduire une exceptionnalité caractéristique de l'épisode pluvieux. De nouveau à propos de Hyacinthe en janvier 1980, la cartographie des isohyètes met en évidence la concentration de lame d'eau précipitée sur les principaux sommets de l'île (Figure IV.9). Les précipitations supérieures à 4000 mm se concentrent ainsi autour des plus hautes altitudes et l'isohyète de précipitations de 2000 mm dessine de manière assez claire le contour des massifs volcaniques. La représentation des isohyètes illustre également une intensité de précipitations sensiblement supérieure sur la côte Est de l'île. La limite des précipitations équivalentes ou supérieures à 1000 mm est davantage localisée sur la côte littorale, mettant en évidence la supériorité de la pluviométrie sur cette partie du territoire.

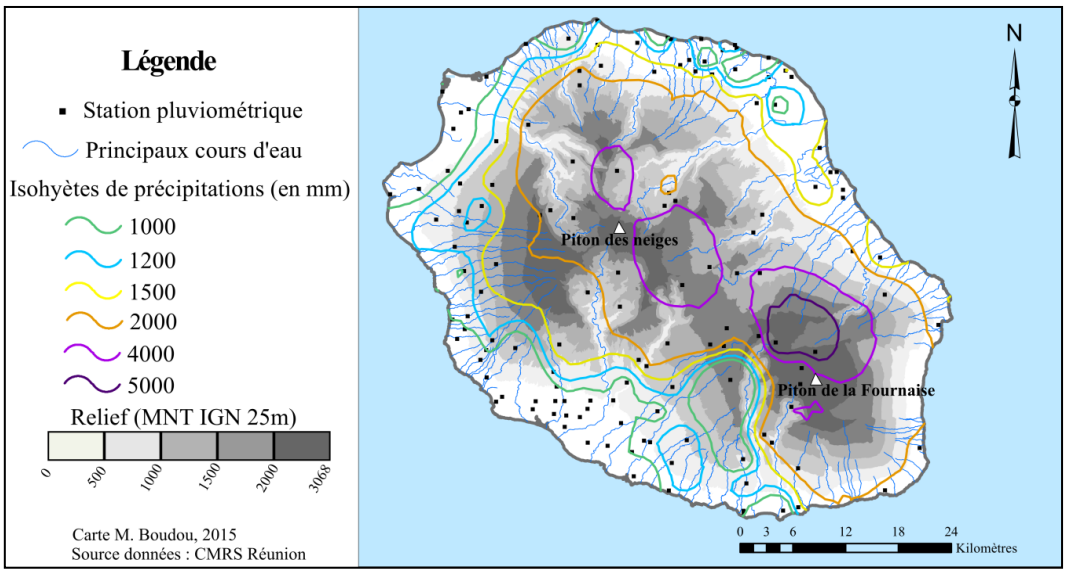


Figure IV.9 Isohyètes des cumuls précipités par le cyclone Hyacinthe du 15 au 28 janvier 1980 et carte du relief

Les principaux constats offerts par la cartographie de l'épisode pluvieux de 1980 peuvent être comparés avec les rapports aux moyennes précipitées lors d'un mois de janvier classique. Pour ce faire la Figure IV.10 présente les rapports aux moyennes en fonction des différents secteurs climatologiques de la Réunion. Le découpage du territoire en cinq zones a été réalisé par Météo-France de façon à appréhender les phénomènes météorologiques. Ces différents secteurs sont jugés comme relativement homogènes du point de vue des conditions climatologiques (et notamment des quantités de pluie précipitée) de façon à comparer les rapports aux moyennes non plus aux postes pluviométriques mais à l'échelle de l'île (Brocas, 2013).

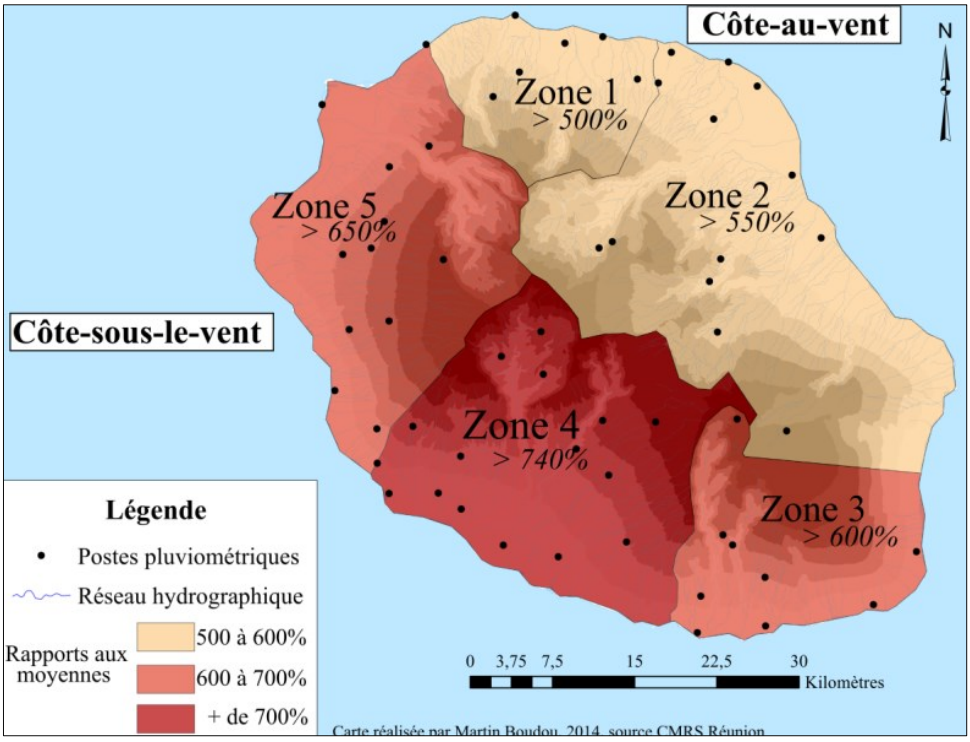


Figure IV.10 Rapports aux moyennes de la pluviométrie du cyclone Hyacinthe à un mois de janvier classique

La représentation du rapport aux moyennes de l'épisode pluviométrique de Hyacinthe met en lumière deux constats. Dans un premier temps, les hauteurs d'eau relevées sont au moins excédentaires à 500% de celles d'un mois de janvier habituel, ce qui illustre le caractère exceptionnel de l'intensité pluviométrique. Localement, les cumuls de certaines stations ont en effet dépassé la pluviométrie annuelle moyenne (Humbert et Bargeas, 1986). La hauteur d'eau mesurée durant les 12 jours de Hyacinthe est effectivement d'environ 1600 mm alors que la pluviométrie moyenne annuelle (période 1981 à 2010) est estimée à 1440 mm. Dans un second temps, la répartition des rapports aux moyennes illustre une rupture entre l'ouest et l'est de l'île. Si les zones 1 et 2 situées sur la côte est recensent une lame d'eau moyenne supérieure de 500 à 550% environ à un mois de janvier classique, les zones 3, 4 et 5, situées sur la côte ouest, sont quant à elles caractérisées par des rapports aux moyennes de +600 à +740%. Cette différence s'explique par un régime pluviométrique annuel contrasté entre les deux côtes de l'île (dont la limite est 2000 mm de précipitations annuelles) et permet de distinguer les régions dites *au-vent* à l'est, et celles *sous-le-vent* située à l'ouest (Robert, 2001). En temps normal la côte *au-vent* est davantage affectée par les précipitations cycloniques, dont la provenance est majoritairement orientée dans un axe nord-ouest sud-ouest : 56% des cyclones répertoriés sur la période 1967-1997 ont un secteur d'origine situé au nord-est et 38% au nord-ouest (Mayoka, 1998). La façade occidentale est quant à elle protégée de ces pluies grâce la présence des différents massifs qui constituent une barrière orographique. Dans le cas de Hyacinthe, la trajectoire erratique du cyclone n'a toutefois pas épargné le sud et l'ouest de l'île et explique l'importance des rapports aux moyennes sur ces secteurs.

2.2.5. L'estimation de la fréquence de l'aléa météorologique

L'analyse des cumuls bruts précipités et de leur répartition spatiale offre une première piste de réflexion en vue de caractériser l'intensité des précipitations à l'origine des inondations. L'analyse des rapports aux moyennes constitue également une méthode sommaire mais utile pour évaluer l'ordre de grandeur des cumuls précipités par rapport à des conditions climatologiques moyennes. Ces différentes méthodes de caractérisation de l'intensité de l'aléa ne permettent cependant pas de déterminer l'exceptionnalité des cumuls précipités et doivent tenir compte de certaines limites (section 2.2.4). Afin d'identifier la rareté de l'aléa météorologique et de mettre en évidence les facteurs de l'aléa responsable de la remarquabilité, il est possible d'attribuer une fréquence aux hauteurs d'eau précipitées, grâce à l'estimation de la période de retour. Elle permet de considérer la probabilité d'occurrence d'un épisode d'une intensité similaire sur le territoire. Suite à la survenance d'évènements dommageables, la recherche de la fréquence de l'aléa hydrométéorologique est également souvent sollicitée lors des retours d'expérience. Pour les évènements d'inondations plus anciens, cette caractérisation est moins systématique et se heurte notamment au manque de données et aux incertitudes des mesures. En conservant ces limites à l'esprit, l'estimation de la fréquence de cet aléa peut être réalisée afin d'identifier les facteurs contribuant à l'exceptionnalité de la pluie et évaluer son rôle dans la remarquabilité de l'évènement.

► Le recours aux courbes Intensité-Durée-Fréquence : exemple de mars 1930

Les courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) permettent d'estimer la fréquence de l'épisode pluvieux en fonction de son intensité sur différents pas de temps. L'établissement de ces courbes est étroitement dépendant de la chronique de mesures disponibles au point étudié ainsi qu'au type de loi d'ajustement choisi. Une illustration est ici apportée sur l'évènement de mars 1930. Les données utilisées proviennent d'un rapport de Météo-France (1999) réalisé dans le but de caractériser la fréquence des précipitations journalières en France métropolitaine. La loi statistique utilisée pour le calcul des fréquences est une loi exponentielle ajustée sur les valeurs supérieures à un seuil et possède l'avantage de « *prendre en compte un nombre maximum d'évènements pluvieux intenses au-dessus d'un seuil dont plusieurs ont pu se produire au cours d'une même année* » (Météo-France, 2015b).

La Figure IV.11 présente les courbes IDF obtenues au poste de Saint-Gervais-sur-Mare (Hérault) à partir des observations sur la période 1964-1997 (soit 33 ans). Les cumuls maxima journaliers aux pas de temps de 1 jour, 3 jours et 6 jours, ont été ajoutés de façon à percevoir la fréquence de l'épisode pluvieux à l'origine des inondations. Les résultats obtenus montrent l'importance des cumuls sur 6 jours (soit 144 heures) pour cette station. Les cumuls sur une journée ne paraissent en effet pas significatifs et sont caractérisés par une période de retour inférieure à 10 ans. Pour une durée de 3 jours, l'intensité des cumuls précipités met en évidence une période de retour voisine de 100 ans. Enfin, sur une durée de 6 jours (sur les 7 jours retenus comme période de l'épisode pluvieux), le temps de retour des cumuls dépasse sensiblement 100 ans. Les 694 mm précipités sur cette station en l'espace de 6 jours (correspondant au maximum mesuré lors de l'épisode pluvieux sur la région affectée),

équivalent à une intensité de 115 mm/24 heures tandis que la fréquence centennale est estimée à environ 286 mm/24 heures.

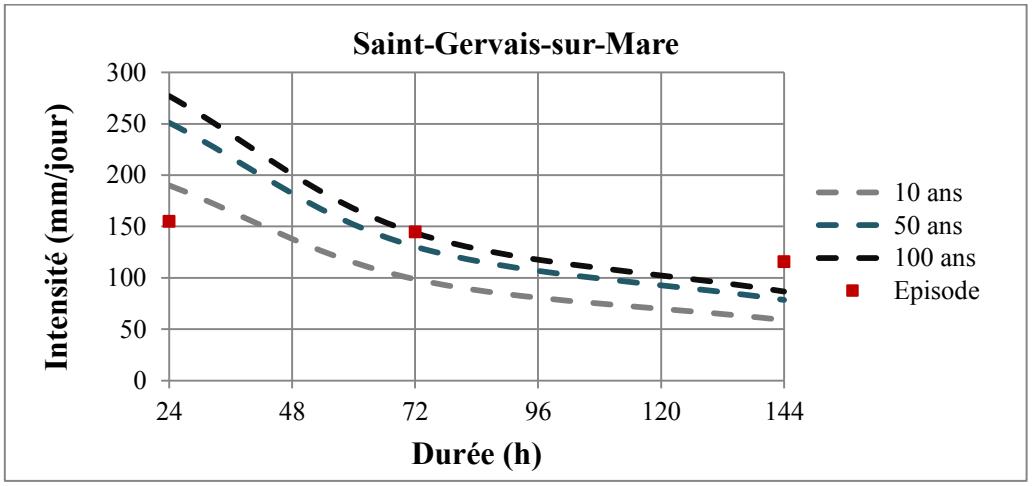


Figure IV.11 Courbe intensité durée fréquence de l'épisode pluvieux du 26 au 3 mars 1930 à Saint-Gervais-sur Mare – Hérault – (Source : données Météo-France (1999))

► La nécessaire prise en compte de la durée de l'épisode pluvieux : exemple de Hyacinthe (janvier 1980)

La caractérisation de l'intensité et de la fréquence aux stations de mesures illustre localement l'importance de l'échelle temporelle à considérer de façon à apprécier l'exceptionnalité de l'épisode pluvieux. Cette démarche nécessite toutefois un travail statistique difficile à réaliser pour l'ensemble des évènements remarquables, notamment en raison du nombre de données nécessaires. De nombreux auteurs, scientifiques ou gestionnaires, ont par ailleurs souvent déjà déterminé l'échelle temporelle à considérer pour démontrer le caractère exceptionnel de l'aléa météorologique, ce qui relativise l'apport de nouvelles études. La longueur de l'aléa pluvieux peut être mise en avant par la société, et évoquée comme l'un des facteurs expliquant la remarquabilité de l'évènement. Pour les épisodes pluvieux intenses, généralement caractérisés par une brève durée (infrajournalière ou journalière), la longueur de l'épisode vient s'ajouter comme un facteur déterminant de l'intensité. C'est par exemple un élément clé relevé par les autorités suite au passage du cyclone Hyacinthe.

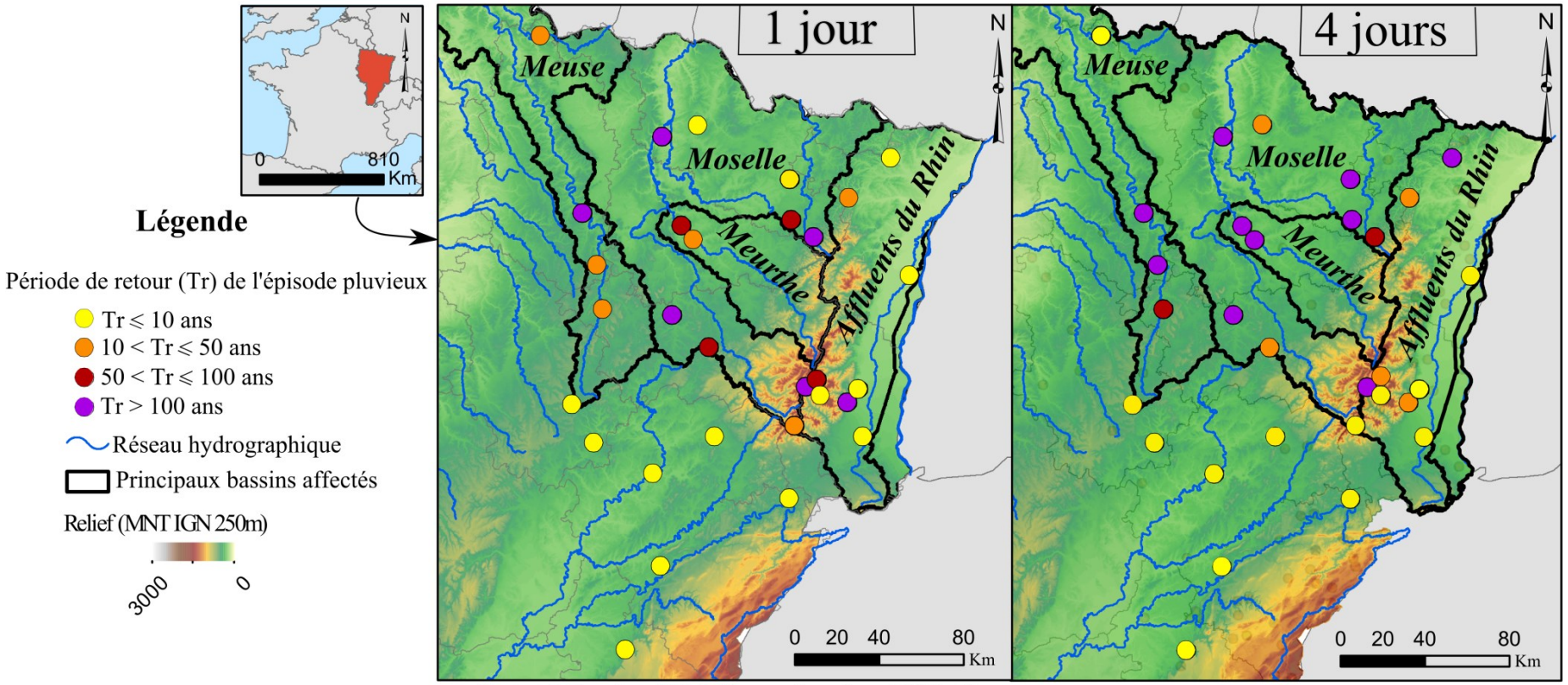
L'épisode pluvieux lié au passage du cyclone s'effectue de manière quasi-continue du 16 au 28 janvier. Cette durée, longue de 13 jours, paraît la plus discriminante pour l'évaluation du temps de retour des précipitations. Bien que des valeurs exceptionnelles aient néanmoins été mesurées sur de plus courtes durées avec par exemple 1742 mm à Grand-Îlet (légèrement inférieur au record mondial de 1825 mm lors du cyclone Denis en 1866), ce sont les cumuls sur la totalité de l'épisode pluvieux qui semblent les plus exceptionnels. En effet, si la Réunion est habituée aux phénomènes de fortes intensités journalières, une intensité équivalente sur une aussi longue durée est inhabituelle et explique le caractère exceptionnel de l'aléa météorologique.

► La cartographie des périodes de retour locales pour la mise en évidence de l'exceptionnalité spatiale

Le recours aux courbes IDF permet de positionner en fréquence les intensités mesurées lors d'un évènement et de considérer le pas de temps le plus discriminant pour l'attribution d'une période de retour. Afin de compléter cette analyse, la représentation spatiale des périodes de retour locales peut, tout comme la cartographie de lame d'eau précipitée, restituer la dynamique spatiale de l'épisode pluvieux. La Figure IV.12 présente un exemple issu du traitement statistique des mesures de précipitations relatives à l'épisode du 26 au 30 décembre 1947 sur les bassins versants du Rhin, de la Moselle et de la Meuse. Les résultats de la cartographie illustrent d'une part la fréquence exceptionnelle des pluies, localement significativement supérieure à la centennale, en particulier pour une durée de 4 jours. D'autre part, la cartographie des fréquences met en lumière la nette démarcation entre le sud et le nord des bassins affectés, constat qui transparaissait déjà de la représentation de la lame d'eau précipitée (Figure IV.7). Les fréquences atteintes localement aux postes situés sur les principaux bassins versants affectés sont nettement plus faibles que sur les postes localisés plus au sud, par exemple dans le bassin de la Saône. Les pluies mesurées sur le plateau lorrain paraissent ainsi exceptionnelles confortant l'analyse faite par Rothé (1948). Enfin, les affluents du Rhin en Alsace, malgré des périodes de retour élevées sur le pas de temps un jour, sont moins affectés que les bassins Lorrains. C'est le cas sur la majeure partie de ces cours d'eau, à l'exception du bassin versant de la Moder qui recense un poste pluviométrique où la période de retour excède cent ans.

► L'analyse statistique régionale des précipitations : exemple de novembre 1999

L'appréciation de la fréquence des cumuls précipités permet de progresser dans la caractérisation de l'épisode pluvieux, mais demeure attachée à une échelle locale. Si le dépassement d'une période de retour supérieure à 100 ans sur un poste peut paraître exceptionnel, une étude statistique et rigoureuse à l'échelle régionale permettrait d'apprécier la rareté de l'extension spatiale des précipitations. Pour évaluer cet aspect, des études statistiques ont été menées par Neppel et Desbordes (2001) sur la fréquence de l'épisode de novembre 1999 à l'échelle du Languedoc-Roussillon. A partir d'un échantillon d'épisodes pluvieux constitué de 93 épisodes sur la période 1958-1993, les auteurs ont pu établir deux constats principaux. Tout d'abord, les cumuls maxima précipités ainsi que l'extension spatiale des cumuls inférieurs à 200 mm mesurés en 48 heures du 12 au 13 novembre ne paraissent pas rares à l'échelle régionale. Le caractère exceptionnel de l'épisode pluvieux apparaît davantage si l'on observe la superficie des isohyètes supérieurs à 200 mm sur ce même périmètre. Le caractère très localisé des cumuls maxima sur le département de l'Aude et la relative indépendance de ces cumuls par rapports aux reliefs sont ainsi évoqués comme facteurs d'exceptionnalité de l'aléa.



Carte M. Boudou, 2015. Source données : Météo-France

Figure IV.12 Périodes de retour des précipitations du 26 au 30 décembre 1947 (cumuls sur 1 jour et 4 jours)

2.2.6. Conclusion sur la caractérisation de l'aléa météorologique

La caractérisation de l'aléa météorologique offre plusieurs constats. Tout d'abord, caractériser l'intensité de l'épisode pluvieux (elle-même induite par les caractéristiques du phénomène atmosphérique) est une étape nécessaire en vue de comprendre les mécanismes à l'origine de l'inondation. La progression dans le classement de l'intensité de cet aléa a permis de voir que l'étude de la lame d'eau, transposable cartographiquement, est une variable clé à considérer. Bien que celle-ci soit dépendante des conditions climatologiques locales, de la méthode d'interpolation sollicitée ou encore de la densité du réseau de mesures, elle offre en effet une vision de la variabilité spatiale de l'aléa météorologique qui pourra être croisée avec celle de l'aléa hydrologique. Les rapports aux moyennes ou l'attribution d'une fréquence de dépassement aux cumuls, notamment grâce à l'établissement de courbes IDF, permettent d'intégrer plusieurs échelles spatio-temporelles. Cette démarche possible localement possède néanmoins de fortes contraintes dans le cadre d'une analyse régionale et reste difficile à mettre en œuvre dès lors que la date de l'évènement est éloignée. Dans un autre temps, l'analyse météorologique d'évènements remarquables a montré qu'il demeure difficile d'intégrer sur une même échelle d'analyse l'ensemble des facteurs responsables de l'inondation. L'état de saturation s'inscrit par exemple dans une temporalité différente de celle de l'épisode pluvieux déclencheur qui n'est pas étudiée ici. Il en est de même pour la présence de facteurs climatologiques externes tels que la présence d'une couche de neige qui seront interrogés en fin de chapitre.

2.3. Caractérisation de l'aléa hydrologique

Après la caractérisation de l'aléa météorologique, il convient de s'attacher à décrire les variables de l'aléa hydrologique à l'origine d'inondations remarquables. L'aléa météorologique, si exceptionnel soit-il n'a d'importance que lorsque les répercussions hydrologiques sont suffisamment significatives pour que la société considère l'évènement comme remarquable. Au même titre que la démarche menée précédemment pour déterminer l'exceptionnalité de l'aléa météorologique, une réflexion émerge quant aux facteurs permettant de qualifier la remarquabilité de l'aléa hydrologique. Un évènement remarquable d'inondation est-il caractérisé par des paramètres hydrologiques bien spécifiques qui permettent de le considérer comme majeur au regard d'autres épisodes d'inondations ?

2.3.1. L'apport des données brutes : hauteur d'eau

De la même manière que pour l'aléa météorologique, la caractérisation de l'aléa hydrologique s'appuie en premier lieu sur les données brutes à l'aide d'une part, des hauteurs d'eau relevées lors des inondations et d'autre part, des débits mesurés ou estimés. Ces données permettent notamment de reconstituer la dynamique de crue.

► L'utilisation des hauteurs d'eau pour caractériser la dynamique temporelle de l'inondation

Les données relatives aux hauteurs d'eau atteintes à l'échelle limnimétrique participent à caractériser localement l'aléa hydrologique. L'analyse des sources documentaires a montré que cette donnée est souvent renseignée (à défaut de l'utilisation d'hydrogrammes, plus rares), et a ainsi été privilégiée pour apprécier la dynamique temporelle de la crue à l'endroit de la mesure (durée, pics d'intensité, temps de montée, de descente…). Pour illustrer l'apport de cette donnée, la Figure IV.13 présente les limnigrammes des inondations de janvier 1910 sur les bassins de la Seine et du Doubs. La superposition des limnigrammes permet de restituer des dynamiques sensiblement différentes entre les deux bassins. La crue du Doubs est ainsi relativement rapide (48 heures pour la montée, et environ 72 heures pour la baisse du niveau), avec un niveau maximal pour les stations de Voujeaucourt et Besançon atteint respectivement les 20 et 21. A contrario les crues de la Seine et de l'Yonne possèdent une cinétique plus lente : la hausse débute le 19 janvier jusqu'à un pic d'intensité le 27 tandis que la baisse se prolonge jusqu'au mois de février. La dynamique des inondations de janvier 1910 offre des pistes pour analyser l'incidence de l'aléa météorologique sur la réaction des bassins versants. Le bassin du Doubs, de taille plus modeste et plus pentu que celui de la Seine a réagi brusquement à l'épisode pluviométrique du 17 au 21 janvier. A l'inverse la crue de la Seine, qui démarre suite à ce premier épisode, s'articule sur une durée plus longue et est renforcée par l'épisode pluvieux du 23 au 25 janvier.

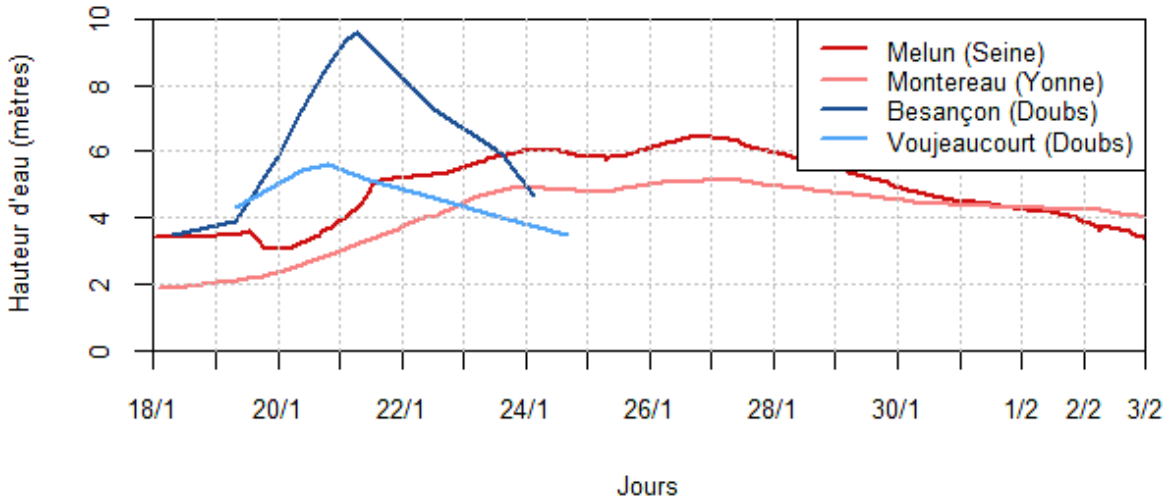


Figure IV.13 Limnigrammes des inondations de janvier 1910 sur les bassins du Doubs et de la Seine

Les limnigrammes et hydrogrammes permettent ainsi d'évaluer la dynamique temporelle locale de l'aléa hydrologique. Outre leur intérêt descriptif évident, l'utilisation de ces graphiques questionne les seuils à l'origine d'une remarquabilité hydrologique. En examinant ces mesures de hauteurs d'eau ou de débits, n'est-il en effet pas possible de percevoir des franchissements de seuils expliquant le basculement d'une inondation classique vers une inondation exceptionnelle puis remarquable ? A titre d'illustration, les hydrogrammes de débits journaliers moyens mesurés sur la Somme montrent la longue durée de l'épisode qui

s'articule sur plusieurs mois, d'octobre 2000 à juin 2001. Cette durée constitue un facteur déterminant de la remarquabilité de l'évènement largement évoquée dans les retours d'expérience. Dans une même optique, les limnigrammes des crues de mars 1930 sur la partie aval du Tarn illustrent la longue durée de l'étale de crue (qui s'attarde pendant près de 48 heures à une hauteur proche du maximum relevé). Cet aspect est évoqué comme un facteur clé de l'intensité de l'aléa hydrologique et de l'endommagement (Faucher, 1930b). A travers ces deux exemples, il apparaît que la forme du limnigramme peut, a posteriori, grâce à l'analyse croisée des dommages, servir à pointer du doigt les facteurs ayant joué un rôle dans l'endommagement des enjeux et la remarquabilité de l'évènement.

► La hauteur d'eau maximale : une information locale et qualitative

Visualiser la hauteur d'eau maximale sur une chronique de mesures permet de situer la place de l'évènement remarquable. A titre d'illustration, l'inondation de mars 1930 a atteint la cote de 19,5 mètres à Saint-Sulpice-la-Pointe, valeur considérée comme la hauteur maximale d'eau connue sur la station (PHEC) et comme le record européen de montée des eaux (Chapitre III, section 3.3.3). Le recensement des hauteurs d'eau peut également être utilisé de façon à comparer la hauteur atteinte lors de deux inondations touchant un même bassin versant. La Figure IV.14 représente à ce titre les hauteurs d'eau maximales respectivement atteintes lors des évènements d'inondations de décembre 1919 et décembre 1947 sur le bassin de la Moselle (considérés comme les plus significatifs sur le bassin pour le XXe siècle). A l'exception des échelles d'Epinal et de Saint-Dié des Vosges (Rothé, 1948), la cartographie des cotes révèle que la hauteur d'eau atteinte en 1947 est supérieure à celle de 1919. La supériorité des cotes atteintes lors de l'évènement de 1947 permet alors de penser que localement l'aléa hydrologique a été plus exceptionnel que lors de l'évènement de décembre 1919. Les résultats de cette cartographie doivent cependant être considérés avec précaution : la hauteur d'eau maximale atteinte ne peut pas être interprétée comme parfaitement représentative de l'intensité de l'aléa hydrologique (Lang et Claudet, 2005). Par exemple, celle-ci n'est pas forcément corrélée au débit. Il faut également tenir compte des conditions d'écoulement dans la section étudiée et de leurs éventuelles modifications au fil du temps. Des facteurs conjoncturels tels que des embâcles peuvent se produire à certains ouvrages d'art et contribuer à hausser la ligne d'eau (facteur fréquemment mentionné pour 1947).

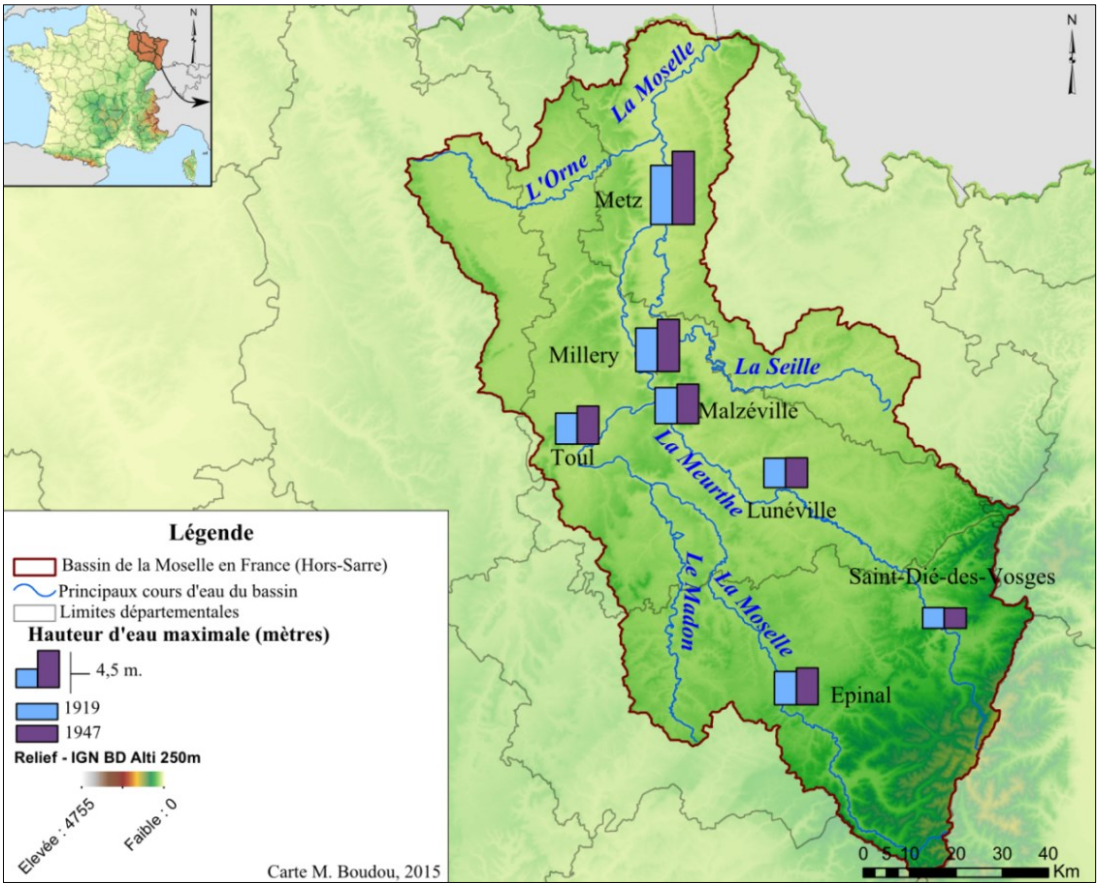


Figure IV.14 Comparaison des hauteurs d'eau mesurées lors des crues de décembre 1919 et décembre 1947 sur le bassin de la Moselle

2.3.2. Evaluation de l'étendue de l'inondation

Toujours à partir des données de hauteurs d'eau, la représentation de l'étendue locale du champ d'inondation constitue un critère de caractérisation de l'aléa hydrologique. Elle permet de se faire une idée de l'ampleur du phénomène à l'échelle du bassin versant, en particulier lorsque des enjeux humains sont situés dans le champ d'inondation. A ce propos, la reconstitution de l'étendue maximale atteinte par les eaux est souvent valorisée auprès des gestionnaires du risque suite à la survenance d'une inondation considérée comme majeure (PER, PPRI et plus récemment via la Directive Inondation). Plusieurs types de sources documentaires permettent d'évaluer le champ d'inondation. On trouve en premier lieu des plans ou des profils datant de l'époque de l'inondation, disponibles au sein des services d'archives départementales, municipales, ou auprès des gestionnaires locaux. Les images aériennes, photographies, constituent une source d'information complémentaire tout comme les données issues de modélisations hydrauliques, notamment utilisées pour l'établissement des plans de prévention. Des plateformes internet ouvertes au public telles que Carmen[40] (associée aux DREAL) ou Cartorisque[41], permettent d'acquérir cette information sur certains cours d'eau et de la transposer sur une cartographie actuelle.

[40] URL : http://carmen.naturefrance.fr
[41] URL : http://www.cartorisque.prim.net

► La cartographie du champ d'inondation (exemple de janvier 1910 à Besançon)

La Figure IV.15 montre une cartographie de l'étendue de l'inondation avec l'exemple du débordement du Doubs le 21 janvier 1910 au droit de la commune de Besançon. A partir d'un plan issu des archives départementales du Doubs, un travail sur SIG a permis de reconstruire l'étendue de la zone inondée représentée ici en bleu (Danière, 2014). Cette cartographie illustre l'ampleur de l'inondation dans la capitale bisontine avec une grande partie du centre-ville submergé. Bien que, comme nous le verrons par la suite, cette étendue soit grandement liée à l'influence d'embâcles aux ouvrages d'art, elle demeure la plus forte connue sur le secteur.

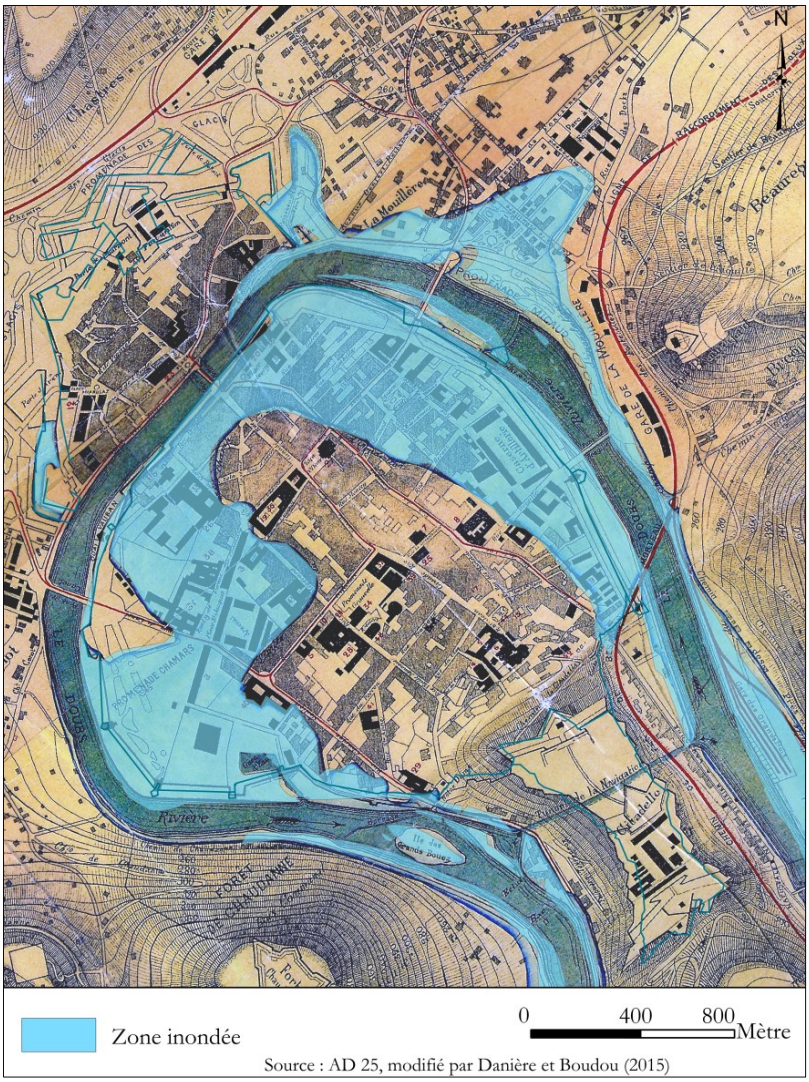


Figure IV.15 Extension spatiale de l'inondation du 21 janvier 1910 à Besançon

► La cartographie des hauteurs d'eau : intérêt des modélisations hydrauliques

Pour représenter de manière plus précise l'intensité au sein du champ d'inondation, le recours à la modélisation hydraulique est possible. Fréquemment utilisée pour l'établissement des zones à risque, cette démarche reconstitue à une échelle fine les hauteurs d'eau ou les vitesses atteintes. Un exemple de ce type de représentation est présenté dans le Chapitre V à propos de la rupture du barrage de Malpasset en décembre 1959 (section 3.1.4).

► Approche hydrogéomorphologique du champ d'inondation

Toujours pour évaluer l'intensité d'une inondation à partir de son extension spatiale, le recours à l'hydrogéomorphologie peut être souligné. Cette démarche se fonde en particulier sur l'utilisation des images aériennes pour reconstituer l'étendue de l'inondation sur les différentes unités morphologiques du cours d'eau. En fonction de l'unité atteinte, un degré de rareté peut être associé au champ d'inondation. Les limites spatiales de certaines inondations, telles que celles du Tarn en mars 1930 (à proximité de Moissac ou de Montauban), équivalent par exemple à celles du lit majeur[42] et peuvent ainsi être considérées comme exceptionnelles en termes de fréquence (dépendamment de la topographie du site). Lors d'autres évènements, le lit majeur exceptionnel peut également être atteint par les eaux, lesquelles vont déposer des sédiments ou entraîner des processus d'érosion sur des secteurs habituellement préservés des eaux. Cela a notamment été le cas durant les inondations de novembre 1999 dans le bassin versant de l'Orbieu, ou sur la Cèze lors des inondations de septembre 2002 (Ballais *et al.*, 2011). Un phénomène similaire a également été mis en exergue au sujet des inondations d'octobre 1940 sur le bassin versant du Tech :

« […] *le lit tout entier fut comblé et tout le fond de vallée enseveli jusqu'à un niveau tel que certaines terrasses, sous forme de lambeaux qui, pourtant, avant la crue d'octobre 1940, dominaient ce lit de près de 20 m, furent recouvertes* » (Mussot, 1993).

Ces propos, tenus à l'occasion du colloque de Vernet-les-Bains en 1992, soulignent l'ampleur de l'inondation de 1940 sur le bassin versant du Tech. Bien que cet aspect ne puisse être rencontré que sur certains bassins versants possédant des caractéristiques morphologiques et climatologiques spécifiques, il apparaît que l'extension spatiale de l'inondation (affectant le lit majeur exceptionnel) témoigne de son intensité et de sa faible fréquence d'apparition.

2.3.3. L'analyse des débits lors d'inondations remarquables

Contrairement à la hauteur d'eau, « le débit de la crue est une variable intégratrice, représentative des écoulements collectés sur l'ensemble du bassin versant considéré » (Lang et Claudet, 2005). En accord avec ce constat, l'utilisation du débit est plus adéquate pour évaluer l'intensité d'une inondation. C'est en particulier le cas des débits maximaux qui permettent d'estimer localement l'exceptionnalité de l'aléa dans le cadre de l'élaboration de chroniques de débits. Au même titre que les hauteurs d'eau, cette information peut être cartographiée : la Figure IV.16 représente les débits recensés lors de l'épisode du 12 au 14 novembre 1999. La superposition de cette variable aux Plus Hautes Eaux Connues (ou PHEC) constitue une information complémentaire afin d'apprécier le caractère localement inédit de l'aléa hydrologique. C'est par exemple le cas dans la basse vallée de l'Aude ou encore sur la partie amont du Thoré, à Labruguière, où l'inondation de novembre 1999 est l'évènement de référence.

[42] Information personnelle provenant des services de la DDT du Tarn-et-Garonne.

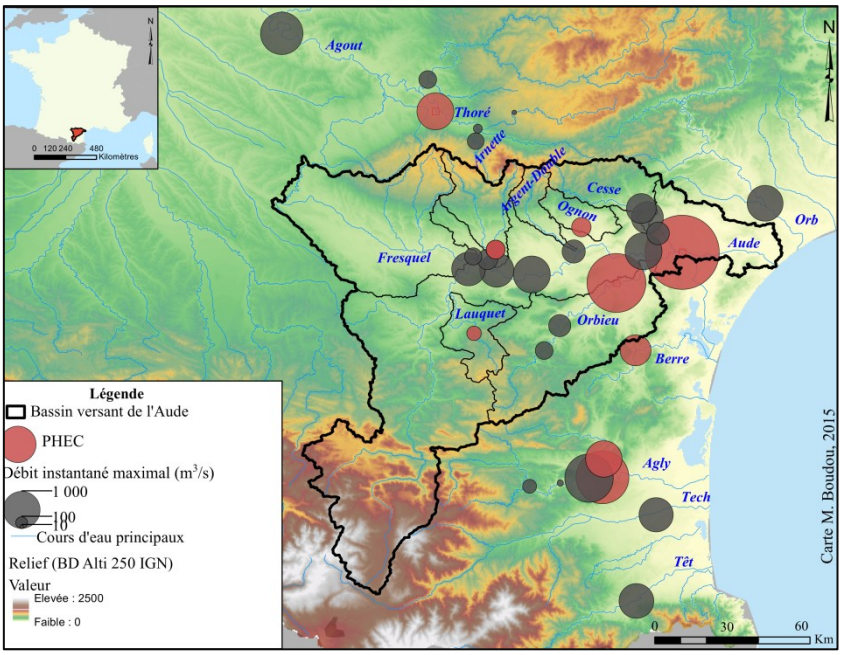


Figure IV.16 Débits instantanés maxima ($m^3.s^{-1}$) et plus hautes hauteurs d'eau connues(PHEC) lors des inondations du 12 au 14 novembre 1999

La cartographie des débits demeure cependant un peu limitée pour déterminer l'exceptionnalité de l'aléa hydrologique et met seulement en évidence le simple effet de grossissement des débits de l'amont vers l'aval. Cette donnée doit être reliée aux caractéristiques d'écoulement du bassin versant (superficie, pente, localisation) afin de pouvoir être comparée entre différents sites ou bassins.

► L'utilisation des débits spécifiques pour s'affranchir de la superficie du bassin versant

Le recours au débit spécifique permet de s'affranchir de certaines limites liées aux données brutes de débits, et d'estimer l'ampleur de l'épisode pluviométrique à l'origine des crues sur le bassin versant. La cartographie des débits spécifiques pour les inondations de novembre 1999 (cf. Figure IV.17) dresse un tout autre tableau que la représentation des débits instantanés maximaux et met en évidence l'intensité de l'aléa hydrologique dans certains bassins. Le plus fort débit spécifique mesuré fut celui de la Berre à Durban-Corbières avec une valeur de 13 $m^3.s^{-1}.km^{-2}$ ce qui équivaut à une lame d'eau théorique écoulée de 47 $mm.h^{-1}$ sur ce bassin à l'endroit de la mesure. Les sous-bassins de l'Aude semblent avoir été particulièrement affectés et relèvent des valeurs de débits spécifiques particulièrement importantes. C'est par exemple le cas pour l'Ognon, l'Orbieu, l'Orbiel ou encore la Cesse. Des valeurs record de l'ordre de 20 $m^3.s^{-1}.km^{-2}$ (soit plus de 70 $mm.h^{-1}$) sont estimées dans certains secteurs touchés durant l'évènement de novembre 1999 comme sur la Grave à Estagel, témoignant ainsi de l'intensité exceptionnelle atteinte par les crues dans le bassin versant de l'Agly (Vinet, 2003).

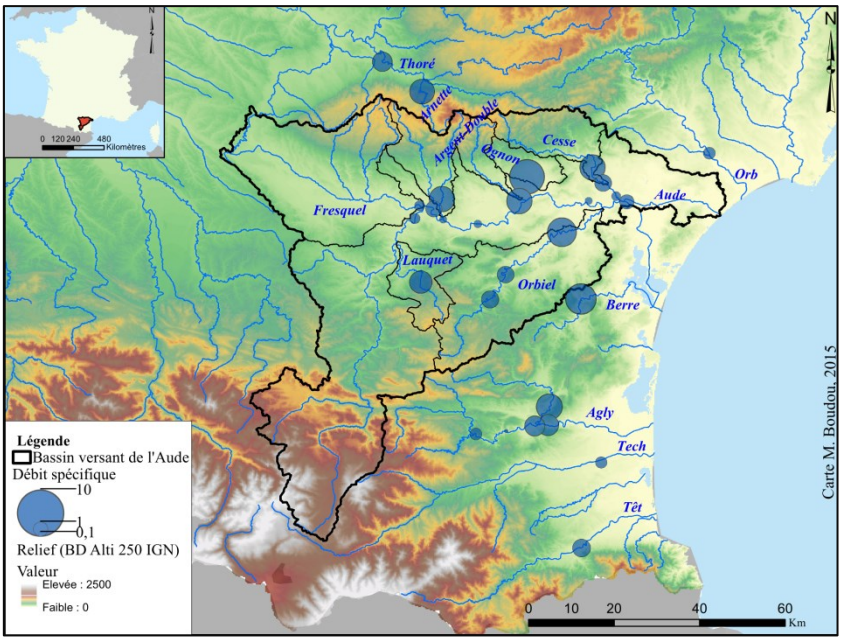


Figure IV.17 Débits spécifiques maximaux (en $m^3.s^{-1}.km^{-2}$) relevés lors des inondations du 12 au 14 novembre 1999

En s'affranchissant des effets d'échelles liés au bassin versant, le débit spécifique offre une information plus pertinente et plus aisément comparable que celle apportée par le débit brut. Cette donnée demeure cependant étroitement corrélée aux conditions climatologiques du bassin versant (type de perturbation), de son occupation du sol ou encore de sa géologie.

2.3.4. Evaluation de la fréquence de l'aléa hydrologique : un indicateur adapté

Pour s'affranchir des contraintes spatiales et temporelles liées aux données brutes, l'intensité des phénomènes hydrologiques peut être appréciée à l'aide d'une période de retour. Celle-ci peut être attribuée localement en fonction de la mesure de débit mesurée ou estimée pour le maximum atteint lors de la crue. Cette information constitue une variable essentielle pour les gestionnaires du risque, en particulier pour le dimensionnement des ouvrages ou pour la détermination de l'évènement de référence dans les documents officiels. Au sein de la grille de lecture, la période de retour maximale de l'épisode hydrologique a été retenue comme une variable indicative de la remarquabilité de l'évènement, au même titre que la durée de submersion ou la présence de facteurs d'aggravations (Chapitre II, section 2.2.3.).

De nombreux rapports retranscrivent l'estimation des périodes de retour d'évènements d'inondation passés. C'est par exemple le cas dans les notices de présentation des plans de prévention (PPR) qui donnent la valeur du débit d'une crue historique et la période de retour qui y est associée. Afin d'acquérir une vision relativement exhaustive de cette période, il est préférable de croiser les sources documentaires et de considérer en priorité les plus récentes de façon à diminuer les incertitudes liées à la donnée. Lorsque des incertitudes demeurent il est également possible d'estimer, d'affirmer ou au contraire d'infirmer une période de retour grâce aux données Shyreg[43]. Couvrant les bassins versants

[43] URL : http://shyreg.irstea.fr/

dont la superficie est comprise entre 5 à 2000 km², cette base de données permet d'avoir accès aux différents quantiles de périodes de retour et permet de situer la donnée de débit au sein de la distribution statistique.

► La cartographie des périodes de retour locales : exemple de Xynthia (février 2010)

La représentation cartographique permet d'illustrer la répartition spatiale des périodes de retour pour l'ensemble d'un évènement d'inondation. Cette cartographie est en premier lieu possible localement, au poste de mesure, et revêt un intérêt particulier pour caractériser la rareté d'un phénomène de submersion marine tel que l'évènement de février 2010 lié à la tempête Xynthia. Pour ce type d'inondation, une représentation spatialisée des périodes de retour le long du trait de côte n'apparaît pas pertinente dans la mesure où l'estimation n'est significative qu'à l'endroit de la mesure marégraphique et demeure fortement dépendante des contraintes topographiques locales. Concernant les submersions marines générées par Xynthia, les travaux initiés par le SHOM ont permis d'évaluer localement la période de retour aux différentes stations de mesures (Pineau-Guillou *et al.*, 2010, Feuillet, 2012). Deux variables permettent d'estimer la période de retour d'une submersion marine. Il s'agit d'une part de la surcote de pleine mer, c'est-à-dire la hauteur de surcote liée aux seuls effets de la tempête (baisse de pression et effets de la houle) ; et d'autre part du niveau marin de pleine mer, c'est-à-dire la hauteur totale de la mer en considérant la surcote de pleine mer et la hauteur de marée (Duluc *et al.*, 2014). Cette dernière variable peut être jugée comme la plus représentative des conditions atteintes lors de la tempête Xynthia dans la mesure où c'est la conjonction de marées d'équinoxes et des effets de la tempête qui a entraîné des submersions d'une telle ampleur. La Figure IV.18 met en évidence des périodes de retour localement supérieures à 100 ans sur les côtes Charentaises et Vendéennes, illustrant le pic d'intensité sur ces littoraux. Le phénomène apparaît à l'inverse nettement moins fort sur les côtes basques et sur la partie nord de la France avec une valeur estimée comme inférieure au quantile décennal.

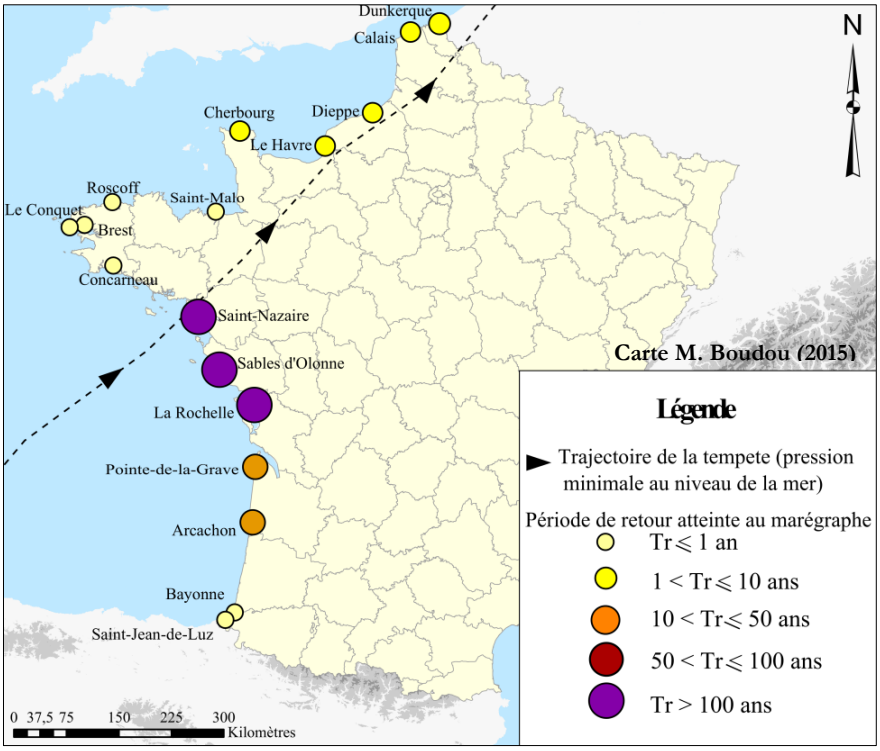


Figure IV.18 Périodes de retour du niveau marin de pleine-mer lors de Xynthia (Source : SHOM)

L'utilisation des périodes de retour revêt dans le cas de Xynthia un intérêt particulier. En effet, à travers l'estimation de la période de retour du niveau marin de pleine mer, deux aléas, à savoir la surcote liée à la tempête ainsi que la hauteur de marée, sont pris en compte. Le calcul de la fréquence permet dans ce cas d'appréhender une partie de la complexité de l'aléa hydrologique, étroitement dépendant de la conjonction spatiale et temporelle de différents facteurs d'aléas.

► Représentation des périodes de retour le long du linéaire fluvial : exemple de décembre 1947

Pour des inondations plus classiques liées à des débordements, la spatialisation des périodes de retour le long du linéaire fluvial offre une méthode avantageuse pour caractériser l'intensité de l'aléa hydrologique. Pour réaliser cette cartographie, nous émettons l'hypothèse que la période de retour du débit instantané maximal estimée à une station est représentative des conditions d'écoulement entre cette station de mesure et celle située en amont. Ce type de représentation possède certaines limites en particulier dans les parties amont des bassins versants ou dans les sections où l'écoulement est conditionné par la présence d'ouvrages hydrauliques tels que des barrages. Malgré cela, cette cartographie se révèle particulièrement pertinente pour mener une étude comparative et retranscrire spatialement l'ampleur d'un aléa passé. Quelques auteurs ont utilisé cette méthode afin de caractériser l'intensité hydrologique atteinte lors d'inondations exceptionnelles, tels que Vinet (2003) pour les inondations de l'Aude en novembre 1999 ou Schröter *et al.* (2015) au sujet des inondations généralisées de juin 2013 en Allemagne.

Figure IV.19 Périodes de retour du débit instantané maximal des inondations de décembre 1947

La Figure IV.19 représente les périodes de retour atteintes à l'occasion des inondations de fin décembre 1947 – début janvier 1948 sur les bassins de la Moselle et de la Meuse. Il est possible de voir que la Meuse subit un épisode de crue plus exceptionnel en termes de fréquence que celui touchant les bassins lorrains voisins. La vallée moyenne, entre Neufchâteau et Commercy, recense des inondations dont la fréquence surpasse la valeur centennale (BCEOM, 2001). Cette forte intensité décroît toutefois progressivement à mesure qu'elle se rapproche de la frontière avec la Belgique : la période de retour à la station Stenay (peu avant cette limite) est estimée à 10 ans. Sur le bassin mosellan, les périodes de retour du cours d'eau et de son affluent la Meurthe sont de moindre intensité (environ 100 ans) mais sont, à l'inverse de la Meuse, généralisées à l'ensemble du bassin versant. La Sarre, autre affluent majeur de la Moselle, relève de son côté une crue avec une période de retour de 40

ans. Sur la partie alsacienne, les données disponibles (Bouloc et Duhet, 1968) et les estimations issues de Shyreg indiquent que la Bruche et la Giessen, affluents de l'Ill, sont touchées par des crues dont la période de retour est comprise entre 10 et 50 ans au maximum.

L'exemple de cartographie dressé à propos des évènements de décembre 1947 souligne l'apport de la spatialisation des périodes de retour le long du réseau hydrographique. Comme pour la lame d'eau moyenne précipitée, cette information aide le lecteur à localiser les principaux cours d'eau affectés et à se faire une idée de l'intensité de l'aléa hydrologique. Cette visualisation qui combine à la fois l'échelle temporelle et spatiale de l'aléa paraît pertinente pour évaluer l'intensité de l'aléa hydrométéorologique lors d'évènements passés. Cette information pourra également être complétée par des informations plus qualitatives telles que les données sur les dommages ou sur le comportement de l'écoulement lors de l'inondation.

2.3.5. Conclusion sur la caractérisation de l'aléa hydrologique

La caractérisation de l'aléa hydrologique a permis de mettre en lumière les principales variables qui le définissent. Il s'agit en premier lieu de la hauteur d'eau relevée localement qui permet d'apprécier la dynamique de crue ainsi que l'étendue spatiale de l'inondation. Au même titre que d'autres types de données brutes tels que les débits ou les précipitations, son utilité est néanmoins rapidement limitée et demeure contrainte par les effets d'échelle. Afin de dépasser ces limites, la période de retour s'avère plus pertinente, en particulier pour une analyse portant sur différents types d'inondations. Elle permet notamment de s'affranchir de la taille du bassin versant et de comparer l'intensité de l'aléa sur l'ensemble des bassins versants. Cette estimation demeure néanmoins largement dépendante de la disponibilité des données sur l'évènement et nécessite un large échantillon de mesures de façon à ne pas surestimer l'ampleur de l'inondation. Afin d'utiliser cet indicateur de la remarquabilité du phénomène physique, l'outil cartographique est particulièrement adapté. La cartographie des périodes de retour offre en effet une vision spatiale de l'intensité hydrologique. Dans le cadre d'une approche rétrospective et afin de valoriser les informations relatives aux mesures hydrométriques, ce mode de représentation se révèle comme un outil à valoriser. La superposition de différentes variables de l'évènement tels que les dommages et les fréquences hydrologiques pourrait par exemple permettre d'établir une corrélation entre ces deux facteurs.

3. Identification des facteurs de l'aléa impliqués dans le processus de production de l'aléa

3.1. Le croisement des indicateurs de l'aléa pour distinguer les facteurs du processus

La caractérisation séparée des aléas météorologiques et hydrologiques a permis de distinguer les principales variables qui entrent en jeu pour expliquer l'intensité du phénomène météorologique et celle de la réponse hydrologique du bassin versant. L'outil cartographique s'étant révélé judicieux afin de retranscrire spatialement ces caractéristiques, nous allons désormais mener une analyse cartographique croisée en vue de comprendre le processus de production de l'aléa. Trois cas de figures se distinguent parmi les cas d'étude au regard de l'analyse cartographique :

- un épisode pluvieux intense à l'origine d'inondations dont la période de retour estimée dépasse sensiblement 100 ans,
- un épisode pluvieux intense en apparence non suivi d'inondations exceptionnelles,
- un épisode pluvieux non exceptionnel à l'origine de crues extrêmes en termes de fréquence.

3.1.1. Des épisodes pluvieux intenses à l'origine de crues peu fréquentes : exemple d'octobre 1940

La cartographie croisée de la période de retour des crues le long des trois principaux cours d'eau affectés (Tech-Têt-Agly) avec celle de l'aire touchée par l'isohyète 800 mm de précipitations en 4 jours, du 16 au 20 octobre 1940 (Figure IV.20), offre deux principaux constats. Tout d'abord, les périodes de retour atteintes par les crues sont exceptionnelles, dépassant netemment 100 ans dans la majeure partie des bassins versants du Tech et du Têt. Les parties amont des fleuves côtiers ont néanmoins été davantage affectées que l'aval, comme l'illustrent les périodes de retour des affluents montagnards des deux fleuves côtiers tels que le Cady, la Coumelade ou encore le Riufferer. La partie amont de l'Agly connaît également une crue exceptionnelle dont l'intensité s'atténue cependant à mesure que la crue progresse vers l'aval du bassin. La superposition des fréquences de retour et de l'isohyète 800 mm, montre par ailleurs une bonne cohérence entre ces deux indicateurs de l'aléa. La totalité des cours d'eau (à l'exception de l'Agly) possédant des périodes de retour de cette importance prennent leurs sources au sein de ce périmètre. Cet aspect souligne l'importance de l'aléa pluvieux dans les réactions hydrologiques de l'évènement d'octobre 1940. Les cumuls exceptionnels relevés à cette occasion et leur distribution spatiale sur le territoire mettent en lumière l'ampleur de l'évènement sur les bassins versants du Tech et de la Têt. C'est sur ces

derniers que se concentrent la grande majorité des dommages et la totalité des victimes (Annexe 2).

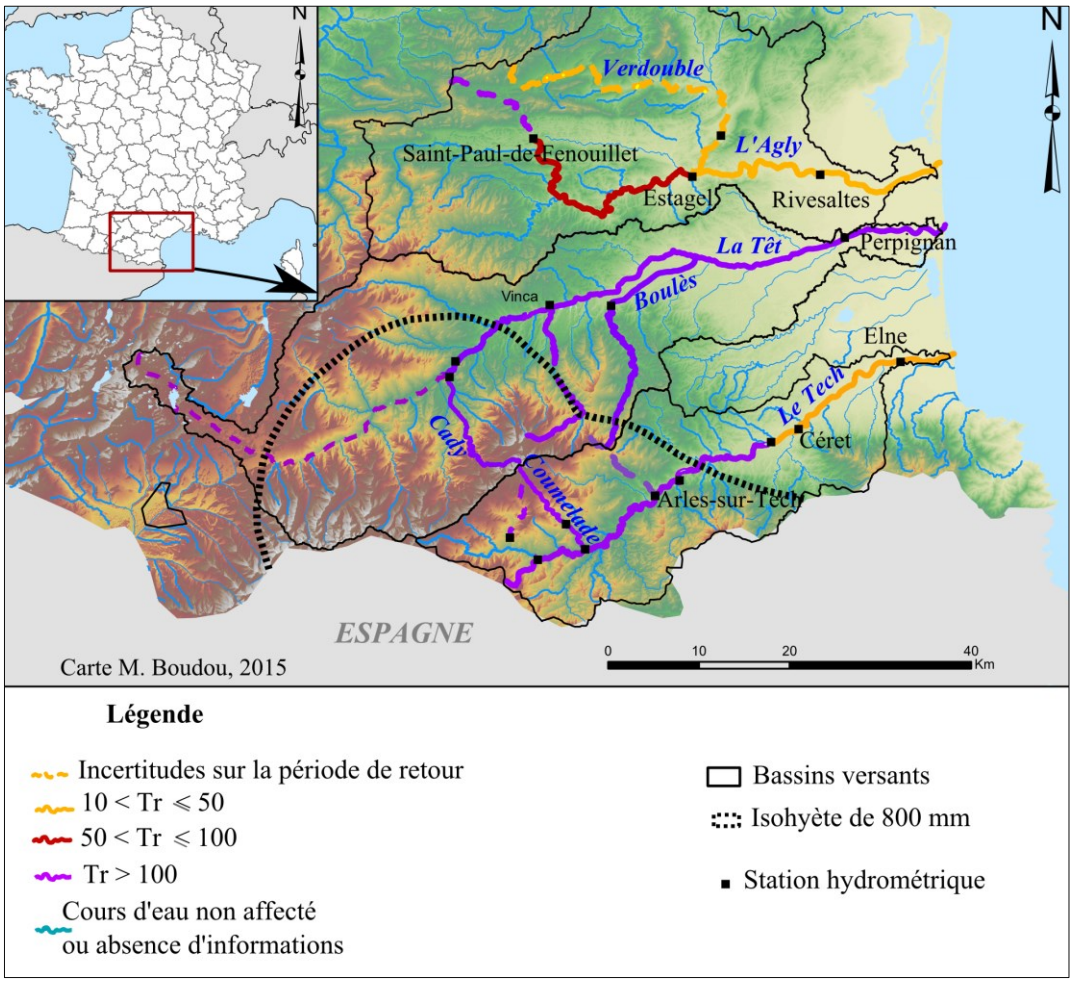


Figure IV.20 Périodes de retour des crues d'octobre 1940 dans les bassins de la Tech, de l'Agly et de la Têt, et croisement avec l'isohyète 800 mm

L'exemple d'octobre 1940 révèle ainsi l'intérêt de la superposition des informations relatives d'une part à l'intensité spatiale de l'aléa météorologique et d'autre part à la période de retour de l'aléa hydrologique. La représentation de la lame d'eau précipitée permet d'évaluer l'ampleur des réactions hydrologiques sur certains bassins versants. Comme démontré auparavant, la représentation spatiale du champ de pluie demeure néanmoins limitée afin de caractériser l'aléa hydrométéorologique. Pour être exhaustif et rigoureux, il conviendrait alors de superposer les deux informations relatives à la fréquence des précipitations et des crues. Cette opération n'est hélas pas possible au vu de la faible densité du réseau de mesures pluviométriques disponibles sur les Pyrénées-Orientales lors de l'évènement d'octobre 1940.

3.1.2. Une forte pluviométrie à l'origine d'inondations peu exceptionnelles en termes de fréquence : exemple de Hyacinthe (janvier 1980)

Le deuxième cas de figure qui se dégage de la caractérisation des variables de l'aléa hydrométéorologique réside dans l'occurrence d'un épisode pluvieux considéré comme exceptionnel à l'origine de répercussions hydrologiques de moindre ampleur. A titre d'illustration, nous présentons l'exemple du cyclone Hyacinthe (janvier 1980). L'épisode pluviométrique lié au passage du cyclone peut être considéré comme exceptionnel en termes d'intensité. L'analyse de l'aléa météorologique a en effet montré l'importance des cumuls précipités qui dépassent largement les cumuls interannuels pour certaines stations et franchissent des records mondiaux pour une durée de 10 à 15 jours. Ces aspects illustrent l'intensité indubitable de l'épisode pluvieux, non seulement locale mais également régionale à l'échelle du territoire impacté à savoir celui de l'île de la Réunion. Malgré cette exceptionnalité apparente de l'épisode pluviométrique, les périodes de retour de l'aléa hydrologique n'excèdent jamais 100 ans (Figure IV.21). Les valeurs les plus importantes sont mesurées sur la Rivière des Pluies qui connaît une inondation de temps de retour entre 50 à 100 ans. La rivière du Mât, la rivière Saint-Denis et le Bras de Cilaos sont quant à eux affectés par des crues inférieures à la fréquence cinquantennale. Les autres cours d'eau n'ont quant à eux pas dépassé la fréquence décennale. Ces périodes de retour relativement faibles atteintes par les crues de janvier 1980 fixent la faible exceptionnalité de l'aléa hydrologique et expliquent que cet évènement soit peu référencé au sein des plans de prévention.

« *Concernant La Réunion, les crues historiques documentées (Hyacinthe, Firinga, Dina) n'atteignant pas une période de retour centennale, c'est donc sur l'occurrence centennale que sont calés les PPRI* » (DEAL Réunion, 2012)

Hyacinthe illustre ainsi que l'aléa hydrologique d'un évènement remarquable n'est pas tout le temps caractérisé par d'importantes périodes de retours et ce malgré un épisode pluvieux pouvant être considéré exceptionnel. Ce constat permet de relativiser l'importance donnée à cet indicateur au sein de la grille de lecture et met en évidence que les précipitations ne sont pas les seules variables déterminantes de la remarquabilité d'un aléa. Afin d'illustrer ce propos, il est possible de s'interroger sur la non-exceptionnalité des crues générées par Hyacinthe : comment expliquer des crues peu exceptionnelles en termes de temps de retour malgré un épisode pluvieux de toute évidence majeur ? L'aléa hydrologique peut-il malgré tout être considéré comme responsable de la remarquabilité ?

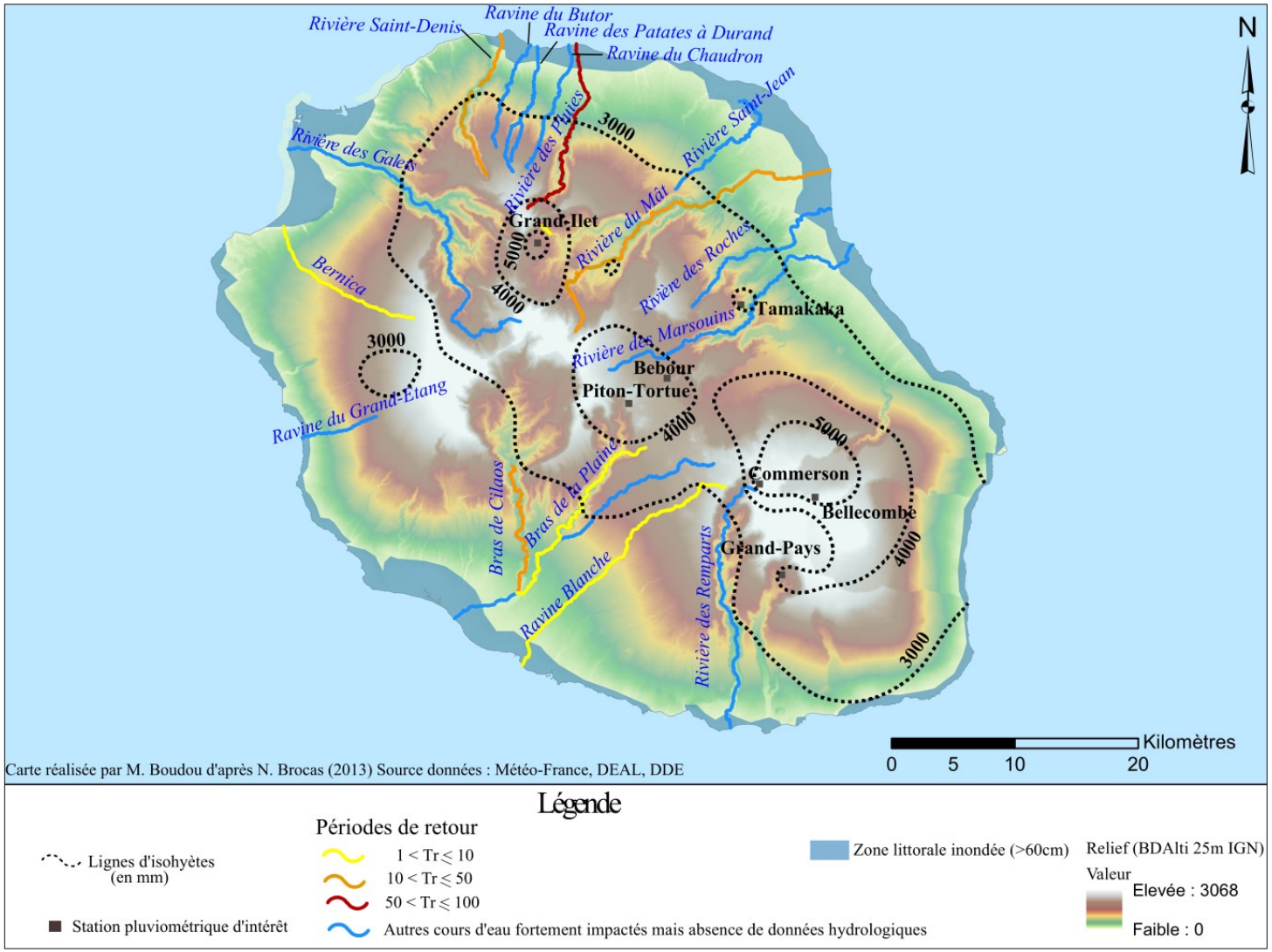


Figure IV.21 Périodes de retour des crues générées par le passage d'Hyacinthe en janvier 1980

3.1.3. Un épisode pluvieux non-rare à l'origine d'inondations exceptionnelles : l'exemple de mars 1930

Un troisième cas de figure correspond à celui d'une inondation exceptionnelle générée par un épisode pluvieux qui ne l'est pas, illustré ici avec l'évènement de mars 1930.

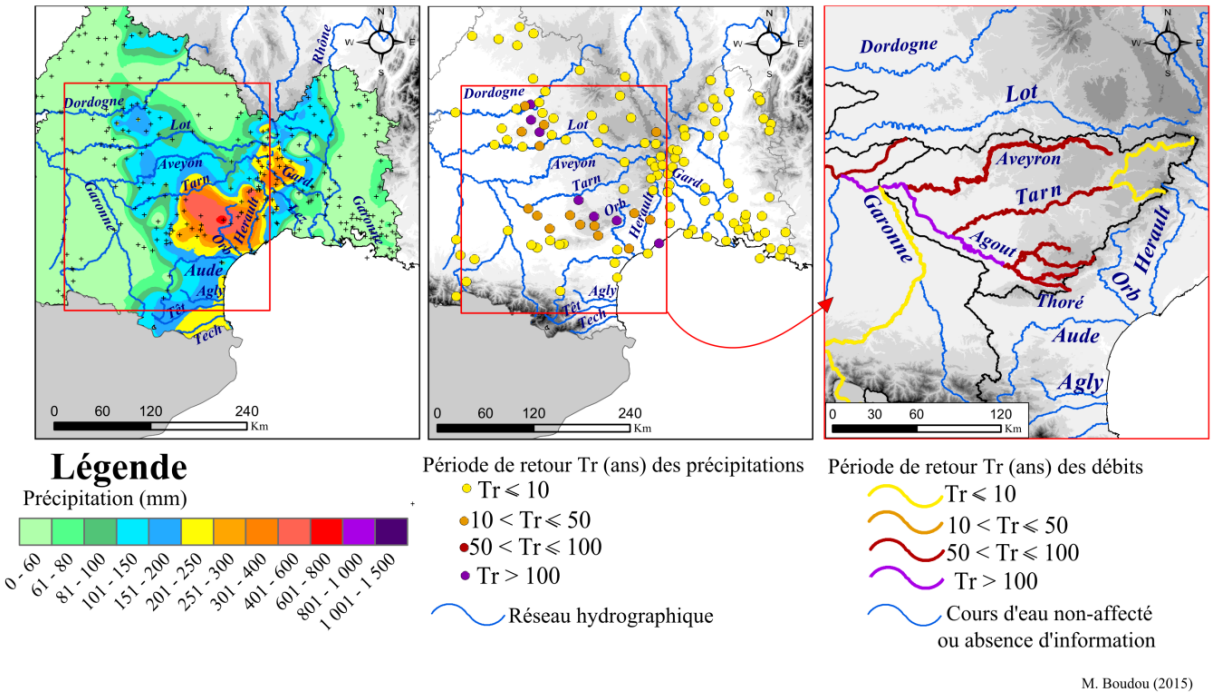


Figure IV.22 Lame d'eau précipitée (25 février - 4 mars 1930) ; périodes de retour pluviométriques (6 jours) ; périodes de retour des débits lors des inondations de mars 1930

Au regard des périodes de retour de l'évènement, les inondations sont exceptionnelles dans le bassin inférieur du Tarn (Figure IV.22) où elles dépassent largement la fréquence centennale (plus précisément depuis Castres jusqu'à la confluence avec la Garonne). L'inondation survient cependant suite à un épisode qui ne semble pas majeur en termes de cumuls précipités si on les compare aux 1000 mm journalier de Saint-Laurent-de-Cerdans en octobre 1940, ou aux 604 mm mesurés en 48 heures à Lézignan en novembre 1999. Ce constat est conforté par le calcul des périodes de retour de l'épisode pluviométrique. Quelques rares pluviomètres (6 au total), relativement dispersés entre les différents bassins versants du territoire, recensent un épisode pluvieux dont la période de retour dépasse 100 ans en 6 jours (durée la plus discriminante au regard des traitements statistiques). La majorité des stations de mesures recensent des périodes de retour dépassant rarement 100 ans. Cette faible proportion de valeurs extrêmes peut provenir de la faible densité du réseau de mesure, insuffisante pour capturer l'intensité réelle de l'aléa pluvieux mais peut également souligner le caractère non-exceptionnel de l'épisode pluviométrique. Ce caractère classique de l'averse est d'ailleurs relaté par Dougados et Gaussen (1930) : « *Ces pluies en elles-mêmes ne sont pas absolument extraordinaires et on peut imaginer qu'elles se reproduisent* ». L'intensité des précipitations ne peut donc pas être évoquée pour expliquer l'exceptionnalité des inondations inédites dans la basse et moyenne vallée du Tarn. Les facteurs responsables de l'aléa doivent par conséquent être

recherchés ailleurs via l'influence de facteurs dits *additionnels*. En l'occurrence, nous verrons par la suite que, davantage que son intensité, c'est la date inhabituelle de l'averse qui entre en considération dans le processus de remarquabilité de l'aléa à l'origine de l'évènement de mars 1930.

3.2. Contribution de facteurs structurels liés aux caractéristiques du bassin versant

La cartographie croisée des indicateurs de l'aléa hydrométéorologique met en évidence l'incidence des cumuls précipités sur les périodes de retour de l'aléa hydrologique. Quand bien même l'intensité de l'épisode pluvieux paraît expliquer celle atteinte par l'inondation, les monographies ont mis en évidence le rôle d'autres facteurs dit « *additionnels* » au sein du processus de production de l'aléa lors d'évènements remarquables.

3.2.1. Intensité pluviométrique et temps de réponse caractéristique : exemple de Hyacinthe (janvier 1980)

Les périodes de retour non-exceptionnelles des pics de crue générés par Hyacinthe résultent de la topographie caractéristique du territoire de la Réunion. Le réseau hydrographique de l'île est extrêmement dense, composé à la fois de rivières pérennes et de ravines dont l'écoulement est intermittent.

« *Généralement, à La Réunion, les fleuves sont nommés "rivières", leurs affluents principaux, des "bras" et les écoulements temporaires et semi-permanents des "ravines"* » (Bonnard, 2005).

Ces ravines, au nombre de 750 sur le territoire de l'île, sont définies géographiquement par des vallées aux pentes encaissées dans leur partie amont, s'élargissant progressivement jusqu'au cône de déjection sur le littoral où se produisent généralement les principaux débordements. Ces systèmes hydrographiques sont définis par des temps de concentration[44] très courts, de l'ordre de 1 à 3 heures (Jossot et Pouget, 2005). Ce bref temps de concentration, étroitement corrélé à la superficie, à la forme et aux pentes des bassins versants, induit une durée caractéristique pour laquelle l'intensité des précipitations est susceptible d'entraîner des répercussions hydrologiques conséquentes. Pour expliquer la période de retour d'un évènement d'inondation, basée sur l'estimation des débits maximaux de crue, c'est le pas de temps correspondant au temps de concentration des bassins qui doit ainsi entrer en considération. Dans le cas de Hyacinthe, les intensités de pluie, exceptionnelles à l'échelle d'un ou plusieurs jours, ont été moindres au pas de temps infra-journalier, ce qui permet d'expliquer des périodes de retour n'excédant pas 100 ans. Des épisodes tels que celui du 17 au 20 février 2006 (cf. Figure IV.23) ont ainsi entraîné des débits de pointe significativement supérieurs à Hyacinthe sur la Ravine-des-Patates-à-Durand (estimés entre 225-250 m^3/s contre 140 à 150 m^3/s). Les pluies de l'épisode de 2006 ont ainsi été en toute logique plus conséquentes sur la durée caractéristique du temps de concentration du bassin

[44] Le temps de concentration correspondant à la durée que met une particule d'eau précipitée à parvenir jusqu'à l'exutoire du bassin versant.

versant expliquant la plus forte valeur de débit instantané maximal (et donc de la période de retour).

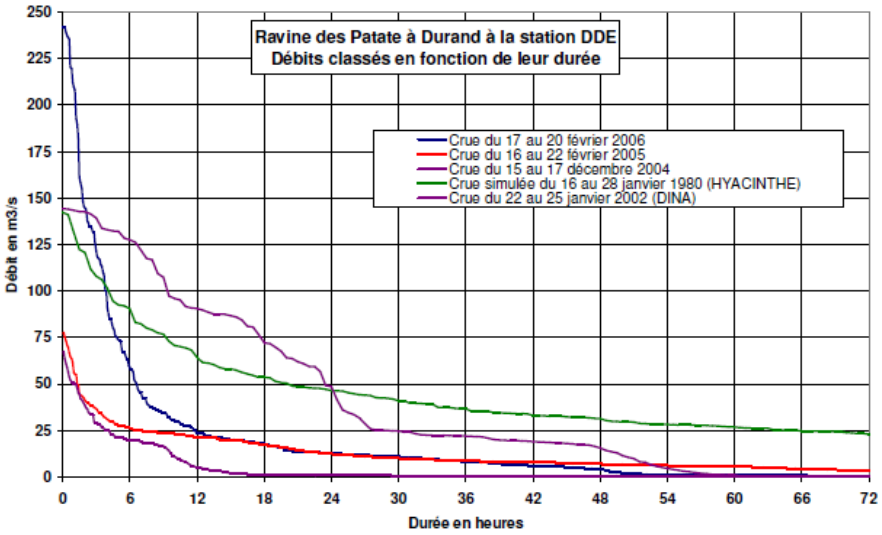


Figure IV.23 Comparaisons de débits classés en fonction de leur durées à la Ravine-des-Patates-à Durand (Source : Normand *et al.* 2006)

Pour autant, ce constat ne signifie pas que l'aléa hydrologique de janvier 1980 ne fut pas exceptionnel. La Figure IV.24, issue d'un travail de modélisation du BRGM, illustre de façon assez nette l'incidence de la pluviométrie de Hyacinthe sur l'écoulement. La crue générée par le cyclone s'étale ainsi sur près de 12 jours, ponctuée par des pics de crue correspondant à une forte activité pluviométrique infrajournalière. Malgré des débits instantanés relativement faibles, l'évènement de de janvier 1980 s'illustre ici par la durée de dépassement d'une valeur de débit seuil (cf. Figure IV.23).

« […] *la crue de Hyacinthe n'est pas exceptionnelle par son débit de pointe (142 m³/s), mais par sa durée (12 jours avec plusieurs pointes de crue)* » (Sandron, 2013).

En effet, si la fréquence de la pluie et de la crue à un pas de temps infra-journalier n'est pas exceptionnelle lors du cyclone Hyacinthe, le constat est différent si l'on raisonne sur la durée de l'épisode pluvieux et la longueur des submersions, qui ont été déterminantes dans le processus d'endommagement (notamment pour le transport solide et la gestion de crise). Les sols, rendus friables par la quantité d'eau précipitée, subissent de nombreux glissements de terrains contribuant à **1)** l'augmentation de la charge solide en aval des bassins versants et à, **2)** une extension du champ d'inondation. Des ruptures de digue sont également relevées du fait de cette accumulation de matériaux à proximité des ouvrages d'art situés à l'exutoire des bassins. Enfin, cette durée posa de nombreux problèmes logistiques en termes de gestion de l'alerte et peut être invoquée comme l'un des facteurs responsables du décès de 25 personnes durant le passage du cyclone.

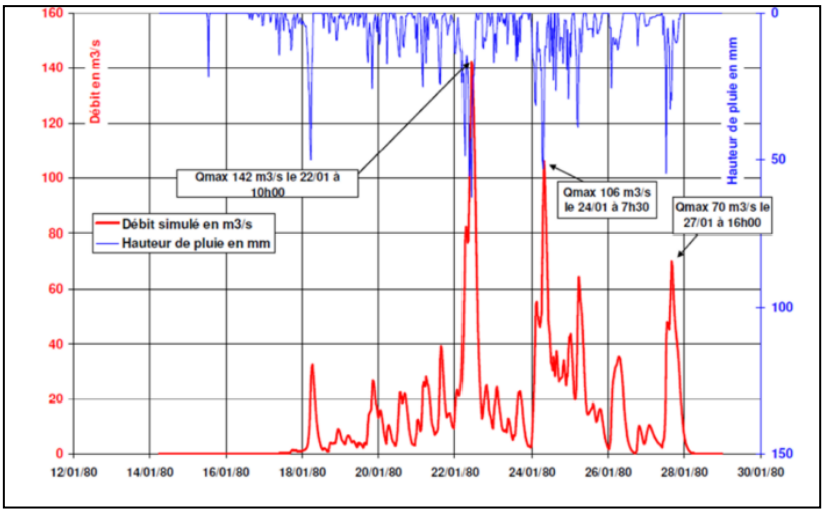


Figure IV.24 Reconstitution des débits relevés sur la Ravine-des-Patates-à-Durand lors du cyclone Hyacinthe à l'aide du modèle GARDENIA dans le cadre du projet DYNTOR (Source : Normand *et al.* 2006)

3.2.2. Le rôle des caractéristiques géologiques du bassin lors des inondations de la Somme d'octobre 2000 à mai 2001

Les causes des inondations de la Somme d'octobre 2000 à mai 2001 sont éminemment complexes et en lien étroit avec les caractéristiques hydrogéologiques du bassin versant. La Somme se situe d'un point de vue géologique à la surface de la « nappe de craie », profondément poreuse et sujette à de nombreuses oscillations. Cette nappe phréatique, drainée par les cours d'eau, couvre la totalité du bassin versant et joue un rôle essentiel dans le fonctionnement hydrologique de la rivière, en particulier pour les extrêmes hydrologiques (Caous *et al.*, 2001). En période de basses eaux, près de 80% de l'apport en eau provient par exemple de la nappe de craie (BRGM/ARMINES, 2012). En période de crue elle intervient également dans le processus à l'origine de l'inondation. Lorsque le niveau piézométrique de la nappe « libre » est élevé, tel qu'en 2001, l'eau contenue dans celle-ci peut déborder à la surface et contribuer à l'inondation du bassin versant (cf. Figure IV.25).

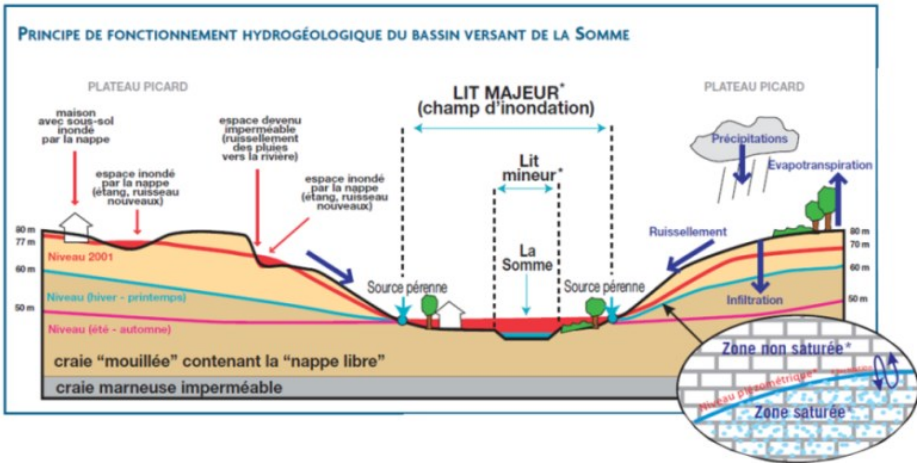


Figure IV.25 Schéma du fonctionnement hydrologique du bassin de la Somme (Source : AMEVA, 2009)

En raison de son inertie, l'élévation de la nappe est dépendante de la pluviométrie des mois voire des années précédentes. En 2001, les niveaux piézométriques marquent une lente mais constante augmentation du niveau d'eau, conséquence des précipitations excédentaires des années 1999 et 2000. A ce fonctionnement, relativement classique lors d'une inondation par remontées de nappe, s'est ajoutée une situation jusqu'alors totalement méconnue liée à la pluviométrie d'octobre 2000 à mai 2001. En effet, la succession d'épisodes océaniques intenses durant cette période a entraîné, indépendamment de l'augmentation du niveau de la nappe, la création de foyers de saturation dans la zone non-saturée (ZNS). Ces foyers de saturation sont en quelque sorte de « *mini-nappes perchées entre le niveau du sol et le toit de la nappe* [45]». A mesure que les épisodes pluvieux se succèdent, ces foyers se multiplient, et se saturent progressivement. Lorsqu'ils atteignent 90 à 100% de saturation, un basculement se produit : d'incompressible, le volume d'eau contenu dans les ZNS change de nature et devient compressible. Cela a plusieurs conséquences. En transmettant désormais les pressions, les foyers de saturation de la ZNS s'agrègent entre eux et s'additionnent à l'eau contenue dans la nappe. C'est en particulier le cas dans les nappes situées sur les plateaux du bassin versant de la Somme (notamment au sud et à l'est du bassin) où sont observées de brusques élévations du niveau piézométrique (jusqu'à 10 mètres en 3 jours[46]). En accord avec les critères du BRGM utilisés pour l'élaboration de la Figure IV.26, l'épaisseur de la ZNS y est moindre et / ou la nappe y possède une plus forte sensibilité face aux précipitations.

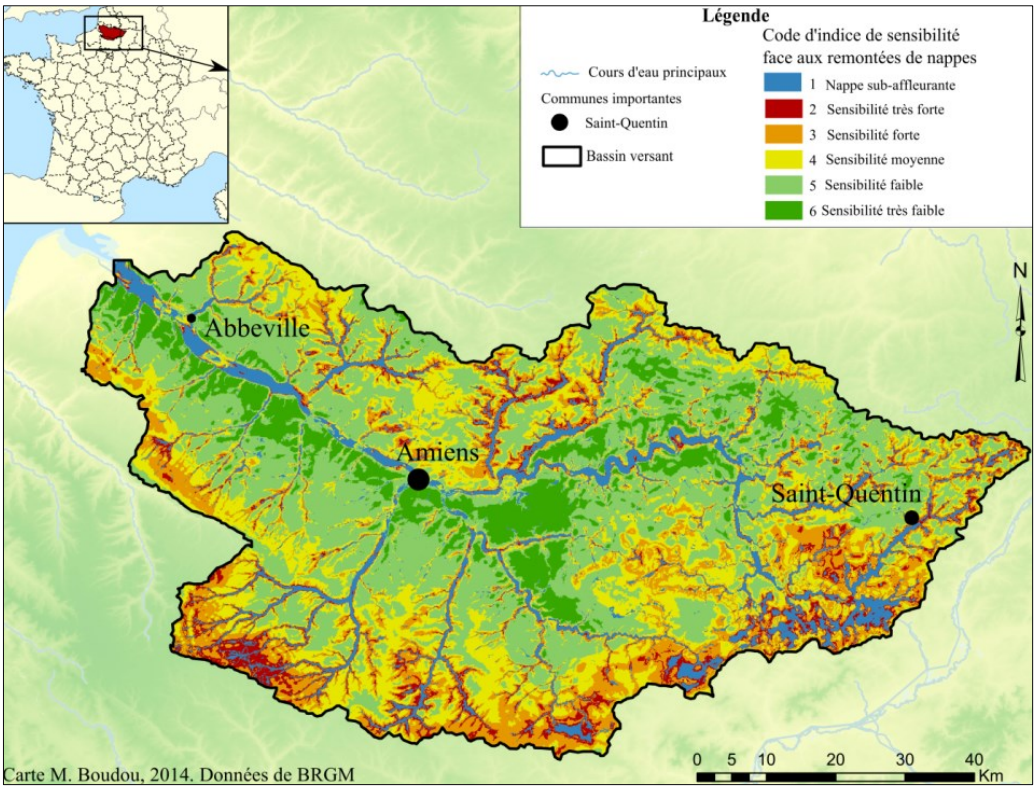


Figure IV.26 Cartographie de la sensibilité du bassin de la Somme aux phénomènes de remontées de nappes phréatique (Source : données BRGM)

[45] Communication personnelle de Thierry Pointet, expert hydrogéologue au BRGM.
[46] Délai entre deux mesures piézométriques.

Face à cette brusque hausse du niveau de la nappe des plateaux, une augmentation non négligeable du gradient hydraulique s'effectue, contribuant à la saturation progressive des zones vers l'aval, jusqu'au réseau hydrographique. Ce phénomène participe à l'alimentation des débits de manière continue jusqu'à ce que les foyers de saturation de la ZNS reprennent leur caractère incompressible c'est-à-dire que l'air puisse de nouveau s'y infiltrer. Ce retour à l'état d'équilibre ne peut s'effectuer que par l'évacuation du volume excédentaire présent dans la nappe. Or la pluviométrie excédentaire de l'hiver retarde ce retour à la normale et entraîne une inondation alors inédite en termes de durée de submersion (de décembre 2000 à juin 2001).

Cette double dimension du phénomène de remontée de nappes, axée d'une part sur le fonctionnement classique de la nappe crayeuse et d'autre part sur le franchissement d'un seuil dans la ZNS (Habets *et al.*, 2010), souligne l'importance des caractéristiques géologiques et pédologiques lors des inondations de la Somme en 2001. Un même type de phénomène pourrait être envisagé afin d'expliquer les inondations exceptionnelles de l'Oise à Hirson en 2011. Ces dernières ont en effet pris de cours les autorités publiques dont les modèles hydrologiques, en raison des cumuls modestes et d'une faible couche de neige, n'ont pas été en mesure de prévoir une crue si soudaine et si importante (De Bruyn *et al.*, 2012).

3.3. Des facteurs additionnels d'ordre conjoncturels : conditions climatologiques initiales du bassin versant

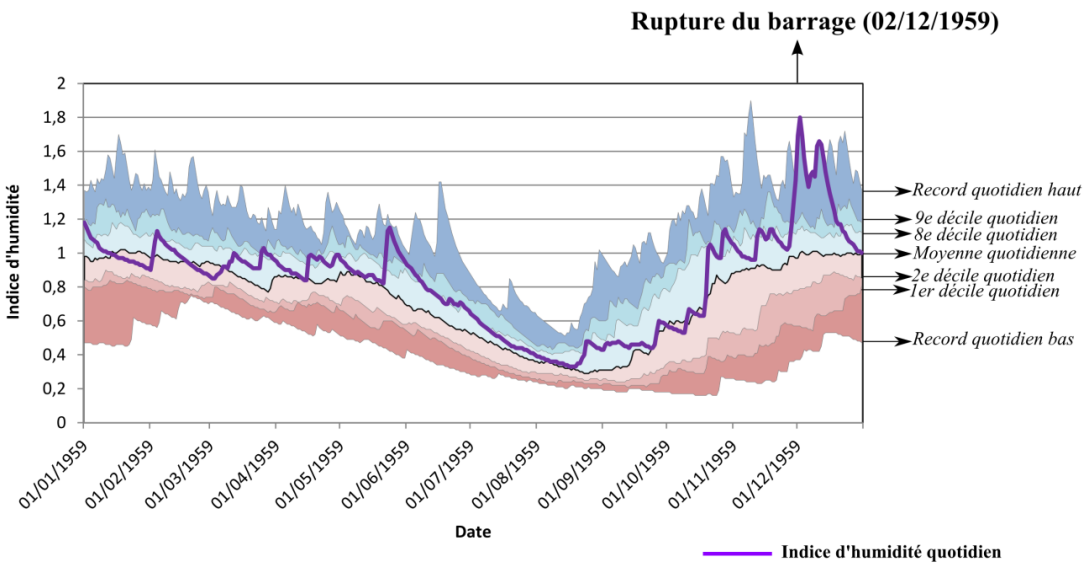
3.3.1. Le rôle des précipitations antérieures dans la saturation des sols : la rupture du barrage de Malpasset (décembre 1959)

La rupture du barrage de Malpasset survient le 2 décembre 1959, à la suite d'un épisode pluvieux du 27 au 30 décembre. Si nous nous fixons à un pas de temps journalier pour analyser les précipitations tombées lors de l'épisode, les valeurs relevées apparaissent relativement classiques pour les zones affectées (Var et Alpes-Maritimes), habituées à l'occurrence de phénomènes méditerranéens. La valeur maximale journalière (161 mm à Sainte-Maxime le 1er décembre) n'est pas excessive pour les départements affectés qui possèdent 25 à 50% de chance de connaître un épisode de plus de 150 mm / 24 heures chaque année, soit environ une fois en moyenne tous les un à deux ans (Fontaines, 1960). L'apparente non exceptionnalité de l'épisode pluviométrique doit toutefois être mise au regard des conditions pluviométriques antérieures. En effet, les cumuls mensuels mesurés de septembre à décembre 1959 sont en moyenne 200% supérieures à la moyenne de la période sur les trois stations représentées (Tableau IV.3). Ce constat est d'autant plus flagrant pour le seul mois de décembre 1959 où les rapports aux moyennes varient de +250% pour Nice et jusqu'à +351% pour la station du Cannet des Maures.

Nom de la station pluviométrique	Cumuls de novembre 1959 (mm)	Cumuls de décembre 1959 (mm)	Rapports à la moyenne de novembre	Rapports à la moyenne de décembre	Rapports à la moyenne septembre - décembre
Fréjus	231	751	+ 212%	+ 341%	+ 203 %
Le Cannet des Maures	221	804	+ 236 %	+ 351 %	+ 212 %
Nice	245	865	+ 235 %	+ 250 %	+ 251%

Tableau IV.3 Cumuls mensuels précipités en 1959 et rapports aux moyennes mensuelles sur la période 1961-1990 (Source : InfoClimat.fr)

L'importance des rapports aux moyennes des cumuls précipités durant l'automne 1959 vient conforter l'ampleur des cumuls durant les mois qui précèdent la catastrophe. Ces pluies constituent souvent des records jusqu'aux cumuls précipités durant l'année 2000. En accord avec l'indice *Soil Wetness Index* (ou SWI), issu de la chaîne SIM de Météo-France, ces cumuls ont contribué à la saturation des bassins versants affectés. La Figure IV.27 montre en effet que l'indice d'humidité quotidien du département des Alpes-Maritimes s'élève progressivement à partir d'octobre avant d'atteindre des valeurs record sur la période d'observation à partir du 1er décembre, fin de l'épisode pluvieux et veille de la catastrophe. Ce constat souligne l'apport de nouveaux outils de modélisation pour l'appréhension du climat passé ainsi que la situation climatologique particulière dans laquelle s'opère la rupture du barrage. Pour ce cas d'étude, bien que l'inondation résulte avant tout de facteurs humains (Annexe 4), les précipitations antérieures peuvent être ainsi incriminées comme une cause indirecte de la catastrophe (Sarramea, 1999). Elles ont notamment contribué à la hausse significative du niveau du lac et à la fragilisation de la roche. Celle-ci est en effet caractérisée par un type de gneiss altéré avec un seuil de déformabilité relativement faible. Or un faible seuil de déformabilité induit une diminution de la perméabilité et l'augmentation des pressions exercées tant par le poids de la structure que de la roche (Carrère, 2010). Dans le cas de Malpasset, renforcés par la présence d'une faille et des sols saturés à l'extrême, les phénomènes de sous-pressions ont entraîné le creusement successif de la roche au niveau de la faille ce qui a provoqué une concentration des pressions sur l'appui gauche de l'ouvrage au niveau de la culée et la rupture de l'ouvrage au droit de cette culée (Duffaut, 2010).



Graphique M. Boudou (2015), Source données : Météo-France

Figure IV.27 Indice SWI du 01/01/1959 au 01/01/1960 pour le département des Alpes-Maritimes (Source : données Météo-France)

3.3.2. La fonte nivale, un facteur additionnel du processus de l'aléa

► **Des évènements liés à une fonte nivale : exemple de décembre 1947**

Comme en janvier 1910 sur le Doubs, la pluviométrie antérieure à décembre 1947 explique le fort rendement de l'épisode pluvieux du 26 au 31 décembre. Les relevés pluviométriques du 1er au 25 décembre dans les massifs Vosgiens font état de cumuls déjà conséquents de l'ordre de 200 mm. En plus de ces conditions de pluviosité excédentaire est également mentionnée la présence d'une couche de neige conséquente dont la hauteur est reportée au sein du rapport de la commission des inondations de Lorraine (Roubault *et al.*, 1949). Ces données, relativement rares, permettent d'apprécier les conditions climatologiques initiales en place lors de la survenance de l'épisode pluvieux, du 26 au 30 décembre. Ces dernières sont cartographiées sur la Figure IV.28, établie dans le but de proposer une vision spatiale de l'état initial des bassins versants. Cette représentation apparaît toutefois vite limitée. En effet, l'information est ici qualitative et ne permet pas de relier la contribution réelle des précipitations antérieures et de la fonte nivale au phénomène hydrologique.

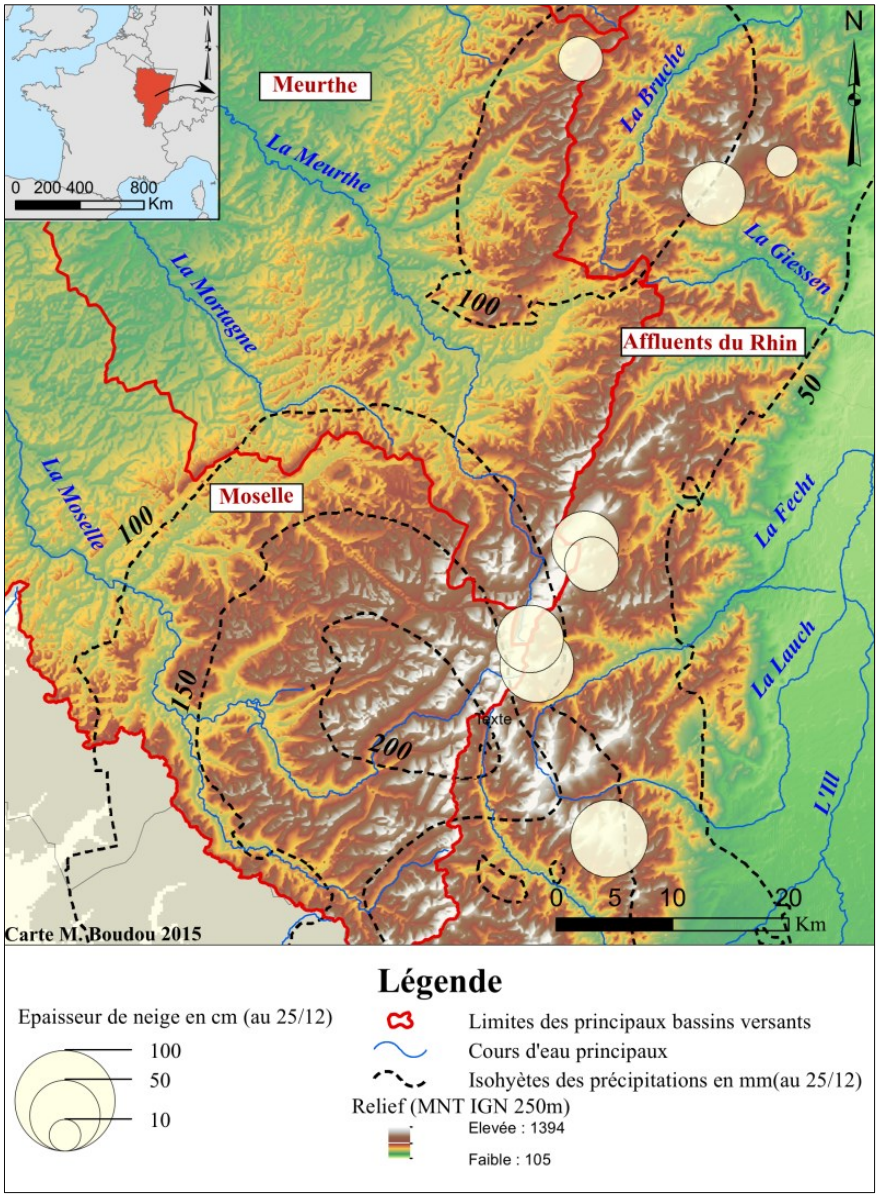


Figure IV.28 Cumuls de décembre 1947 (hors épisode pluvieux du 26 décembre au 30) et épaisseur de la couche de neige dans les Vosges
(Source : Roubault *et al.* (1949), Météo-France)

Afin d'évaluer l'influence du manteau neigeux dans les répercussions hydrologiques, il est plus judicieux de s'intéresser à la dynamique temporelle de la fonte nivale (Figure IV.29). L'analyse de l'épaisseur moyenne de neige dans les massifs Vosgiens du 20 au 31 décembre, couplée à l'analyse pluviométrique de l'épisode à une station de notre choix permet effectivement d'étudier cet aspect. Un amincissement du manteau neigeux s'opère du 20 au 24 décembre. Avec l'arrivée d'un refroidissement, les journées du 25 au 26 décembre apportent une nouvelle quantité de neige. Néanmoins à partir des 27 et 28 décembre, au paroxysme de l'épisode pluviométrique (185 mm à Wildenstein le 28), une fonte généralisée s'opère dans les massifs Vosgiens. Le manteau neigeux dans les Hautes-Vosges et dans les Vosges-Moyennes diminue respectivement d'environ 22 et 21 cm entre le 27 et le 29 décembre.

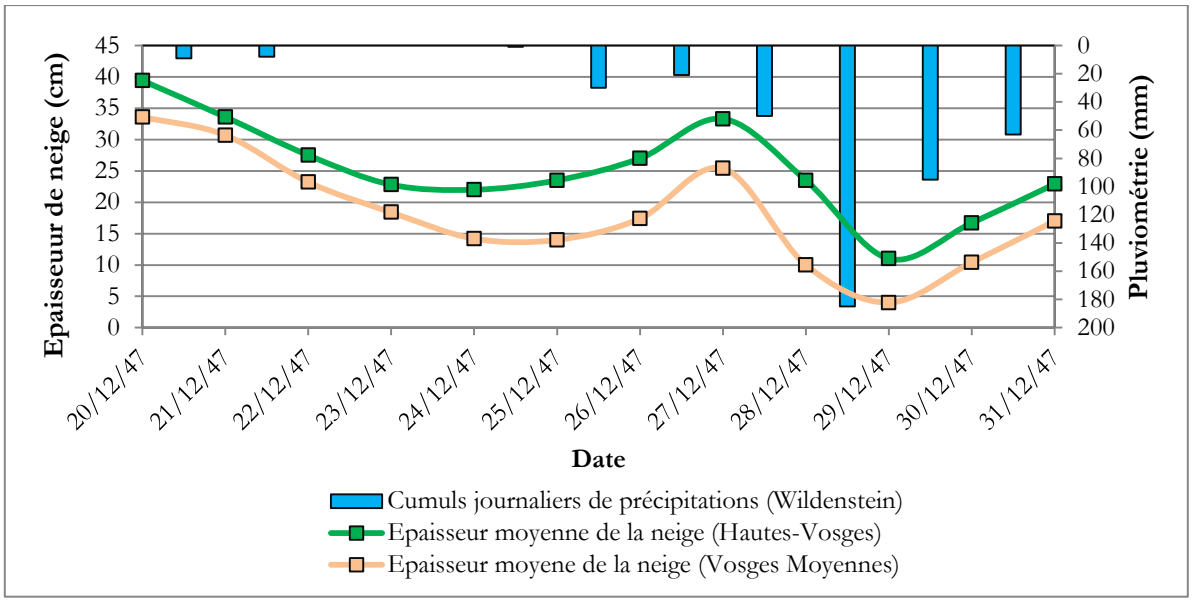


Figure IV.29 Epaisseur moyenne de neige dans les Vosges et cumuls journaliers à Wildenstein (Source : Roubault et al., 1949)

Cette fonte brutale doit être corrélée avec la hausse soudaine des températures lors du passage du front chaud de la perturbation. La hausse des températures est considérable et son amplitude est décisive dans le processus de fonte :

« […] *la température, qui était au lac Noir (920 m) de -1°C le 26 au soir, atteint +7.6°C le 28 ; à Strasbourg, on note + 15.3°C ! Des torrents d'eau à + 7° ou + 8°C se précipitent sur toutes les pentes, s'engouffrant sous la couche de neige; au-dessus de l'eau qui ruisselle, des ponts de neige se forment, qui s'effondrent rapidement ; attaquée par-dessus et par-dessous, la couche de neige fond brutalement* » (Rothé, 1948).

L'analyse des températures moyennes permet d'expliquer le brusque amincissement de la couche de neige. Celui-ci aurait été plus conséquent encore sans les nombreux bois situés le long des versants montagnards dont la présence semble avoir limité la hausse des températures et freiné la fusion nivale (Roubault *et al.*, 1949).

► Une extra-saisonnalité de l'épisode méditerranéen de mars 1930 déterminante de la remarquabilité de l'évènement

L'épisode pluviométrique du 25 février au 4 mars 1930 peut être considéré comme particulièrement intense, notamment par son extension spatiale, mais ne peut toutefois pas être perçu comme exceptionnel pour la région au vu des cumuls bruts précipités (Dougados et Gaussen, 1930, Pardé, 1930d). Son caractère exceptionnel repose surtout sur sa date d'occurrence, à la fin de l'hiver. Il est effectivement rare qu'une averse méditerranéenne de cette ampleur survienne si tard (Antoine *et al.*, 2001). A propos de cette extra-saisonnalité, Pardé (1930d) souligne que « *l'invraisemblable est devenu réalité* ». C'est d'autant plus le cas que l'épisode pluvieux survient dans un contexte météorologique particulièrement favorable à la génération d'une forte crue. En effet, il intervient alors qu'une large couche de neige recouvre les principaux massifs des bassins versants affectés, avec une limite estimée à 600 mètres d'altitude. L'état de saturation des bassins versants était à ce moment particulièrement avancé,

résultat d'un hiver particulièrement humide dans le sud-ouest de la France (Pardé, 1930d). Le coefficient de ruissellement serait ainsi passé de 30% habituellement lors d'une crue automnale à environ 90 à 100% lors de l'épisode pluvieux de mars 1930 (Lambert, 1991). La date d'apparition de l'épisode pluvieux constitue par conséquent un facteur de remarquabilité de l'évènement de mars 1930. Elle explique en grande partie les fortes réactions hydrologiques des cours d'eau face et soulève l'influence du contexte météorologique du bassin versant lors de l'occurrence de l'épisode pluvieux au sein du processus de production.

3.3.3. Des conditions initiales souvent contestées

► **Le rôle des conditions climatologiques souvent évoqué**

Le contexte de déclenchement des inondations de mars 1930 a parfaitement illustré la conjonction de facteurs défavorables face à l'arrivée d'une perturbation intense en termes de pluviométrie.

> *« On voit quelles prodigieuses coïncidences ont collaboré à la catastrophe* » (Pardé, 1930d).

Pardé fait ici référence à la date de survenance de l'averse avec la présence d'un épais manteau neigeux. Lors de la recherche des causes de l'évènement d'inondation, le rôle de facteurs climatologiques externes est souvent évoqué. C'est le cas également en janvier 1910 où les inondations interviennent dans un contexte climatologique perturbé. Sur le bassin de la Seine, celles-ci sont ainsi induites par la succession de trois épisodes pluviométriques, mais également par la pluviosité excédentaire des mois précédents, en particulier celle de décembre 1909 (Angot, 1915). Dans le bassin du Doubs, l'intensité de ces inondations ne résulte non pas du seul épisode pluviométrique qui en termes de fréquence ne paraît pas exceptionnel (période de retour d'environ 5 ans pour la station de Besançon par exemple) mais davantage de conditions climatologiques défavorables : les précipitations antérieures, l'influence de sols gelés en profondeur (diminuant la capacité d'infiltration des sols) et la fonte nivale sont en particulier incriminés.

> « *Des bourrasques de vent chaud du sud-ouest, accompagnées de fortes pluies s'étant abattues du 16 au 18 sur notre région, les neiges en montagne, amoncelées sur un sol durci par le gel, rapidement fondues et entraînées par les pluies violentes, emplirent en quelques heures le fond des vallées, occasionnant une crue subite de tous les cours d'eau de la région* » (Les Gaudes, 1910).

Malgré ces observations relativement précises, l'impact des conditions climatologiques initiales et en particulier de la fonte nivale doit être appréhendé avec précaution, notamment son incidence sur l'intensité hydrologique. L'influence de la neige est en effet l'objet de nombreuses controverses en particulier pour les évènements de décembre 1947 et octobre 1940.

► Un objet de polémiques : exemple des inondations de décembre 1947 et octobre 1940

Afin d'expliquer l'ampleur inédite des inondations catastrophiques de décembre 1947 dans le nord-est de la France, la société s'est rapidement orientée vers d'autres raisons que la seule intensité de l'épisode pluvieux, de moindre ampleur au regard des valeurs de janvier 1910 ou décembre 1919, autres évènements marquants du XXe siècle pour ces bassins versants (Lucas *et al.*, 1952).

« *Retenons que les précipitations tombées sur les Hautes-Vosges les 28-29 décembre 1947, ne suffisent point, malgré leur puissance, à expliquer la gravité exceptionnelle de la crue, si on les compare à celles de 1919 et de 1910* » (Pardé, 1948).

D'autres causes doivent ainsi être explorées pour éclairer le caractère exceptionnel de l'aléa hydrométéorologique de 1947. Parmi les raisons évoquées se trouve notamment l'influence de la fonte nivale bien que son importance soit toutefois vite relativisée par les gestionnaires et scientifiques en charge de l'étude post-catastrophe. En effet, sa contribution ne peut expliquer totalement la catastrophe selon Pardé (1948).

- Tout d'abord, lors de l'épisode pluviométrique du 27 au 29 décembre, le manteau neigeux n'existe qu'au-dessus de 600 mètres d'altitude. Or, pour les bassins versants de la Meurthe et de la Moselle (principaux cours d'eau affectés), cela ne représente qu'une superficie de 960 km^2, jugée par l'auteur comme négligeable pour ces cours d'eau.
- D'autre part, l'hydrologue insiste sur la faiblesse de la fonte nivale. Si celle-ci a été très rapide du 27 au 29, il semblerait qu'elle ne fut toutefois pas exceptionnelle (équivalente à environ 35 cm de neige fondue sur les 960 km^2 se situant au-dessus de 600 mètres). L'eau apportée par la fonte serait ainsi peu conséquente par rapport à la quantité de pluie précipitée.

Si l'auteur insiste sur la relative contribution de la fonte nivale, il précise néanmoins que celle-ci doit aussi rentrer en ligne compte pour expliquer le caractère exceptionnel de l'évènement au même titre que les précipitations antérieures et l'épisode pluvieux. L'extension spatiale de ce dernier et les valeurs de cumuls précipitées sur le plateau Lorrain à l'échelle de la journée, constitueraient la principale singularité de l'évènement de 1947 (Baulig, 1950). Mais comme le précise la commission des inondations (Roubault *et al.*, 1949), l'influence de la fonte nivale ne peut pas être totalement écartée du processus de production de l'aléa lors des évènements de décembre 1947 et reste en ce sens une variable essentielle à considérer pour les gestionnaires.

Comme en 1947, l'influence nivale est incriminée pour expliquer l'intensité des inondations d'octobre 1940. En effet, des chutes de neige dont l'importance est considérée par certains auteurs comme déterminante de l'aléa hydrologique, ont été enregistrées du 10 au 11 octobre sur les versants du massif du Canigou soit près de 5 jours avant le début de l'épisode pluvieux (Ribes, 1982). Un désaccord naît notamment à ce propos parmi les experts désignés par l'Etat pour étudier les causes et circonstances de l'évènement.

Selon l'avis de Blanchet et Quesnel (1942), tous deux ingénieurs de l'Etat, l'intensité des crues résulte de la concomitance entre la présence d'un manteau neigeux et d'un épisode pluvieux exceptionnel :

« *Il faut voir dans cette brusque montée des eaux la conséquence du gigantesque effet de condensation exercé par l'épais manteau de neige qui depuis le 14 octobre recouvrait de façon exceptionnellement prématurée jusqu'à 1500 m d'altitude tout le massif du Canigou ainsi que l'ensemble du chaînon pyrénéen auquel s'adosse ce puissant massif.* »

A contrario, Pardé (1941c) dresse dans son rapport un autre constat :

« *Tout d'abord, on a, comme d'habitude invoqué la fonte des neiges. Certes le Canigou avait reçu de la neige le 10 et le 11 octobre précédents. Mais les plus avertis de mes informateurs affirment que la couche blanche avait totalement ou presque en entier disparu le 16, du côté du Tech, lorsque la pluie commença. Ce qu'il pouvait en rester a peut-être fourni un millième du débit.* »

L'informateur auquel fait référence Pardé pourrait être Mr Julia, instituteur à Saint-Laurent-de-Cerdans. Dans le rapport richement détaillé qu'il transmet à l'hydrologue, ce dernier nie toute implication de la fonte nivale :

« *On a dit à tort que la fonte des neiges avait aidé aux inondations. Ceci nous paraît tout à fait inexact. Au matin du 16 il n'y avait nulle trace de neige sur les pentes sud du Canigou à 2763 m.* » (Extrait du rapport de Mr Julia à Maurice Pardé, 1940).

Au vu de ces différents éléments, les avis paraissent opposés et il est difficile de statuer sur l'influence nivale lors des inondations d'octobre 1940. L'avis de Pardé sur la question paraît néanmoins fondé et est repris à l'occasion du cinquantenaire de la crue par Soutadé (1993) qui réitère l'absence d'influence de ce facteur. En tout état de cause, il est permis de penser que le cumul de près de 1000 mm précipités le 17 octobre suffit à expliquer une grande partie de la catastrophe.

3.4. Une évolution temporelle de l'aléa en partie responsable de la remarquabilité

3.4.1. Une temporalité de l'aléa météorologique favorable à la superposition d'aléas

Parmi les facteurs invoqués comme responsables de l'intensité de l'aléa hydrométéorologique des effets de concomitances entre aléas peuvent être identifiés. Ces effets de concomitances peuvent être de même nature (par exemple la conjonction de deux inondations entre affluents qui contribuent à augmenter l'intensité en aval), ou de natures différentes (tels que la conjonction d'une forte marée à l'estuaire ralentissant l'écoulement vers l'exutoire). Par exemple, l'élévation du niveau marin généré par la tempête lors de l'épisode pluvieux de novembre 1999 a contribué à ralentir l'évacuation de l'onde de crue à l'exutoire du bassin (Vinet, 2003). Afin d'illustrer le rôle de ces facteurs, l'analyse des échelles temporelles de l'aléa

hydrométéorologique paraît tout à fait pertinente à étudier. Dans ce but, deux exemples sont ici développés à propos des inondations de mars 1930 dans le Tarn et de Xynthia en février 2010.

► Un épisode pluvieux atypique à l'origine de concomitances inhabituelles : l'exemple de mars 1930 dans le bassin du Tarn

La coïncidence de pics de crues entre le cours d'eau principal et ses affluents a participé à une hausse d'intensité des inondations de mars 1930 dans le Tarn (Pardé, 1930c). Ces concomitances, inhabituelles, résultent notamment des paramètres spatio-temporels de l'aléa météorologique (Figure IV.30).

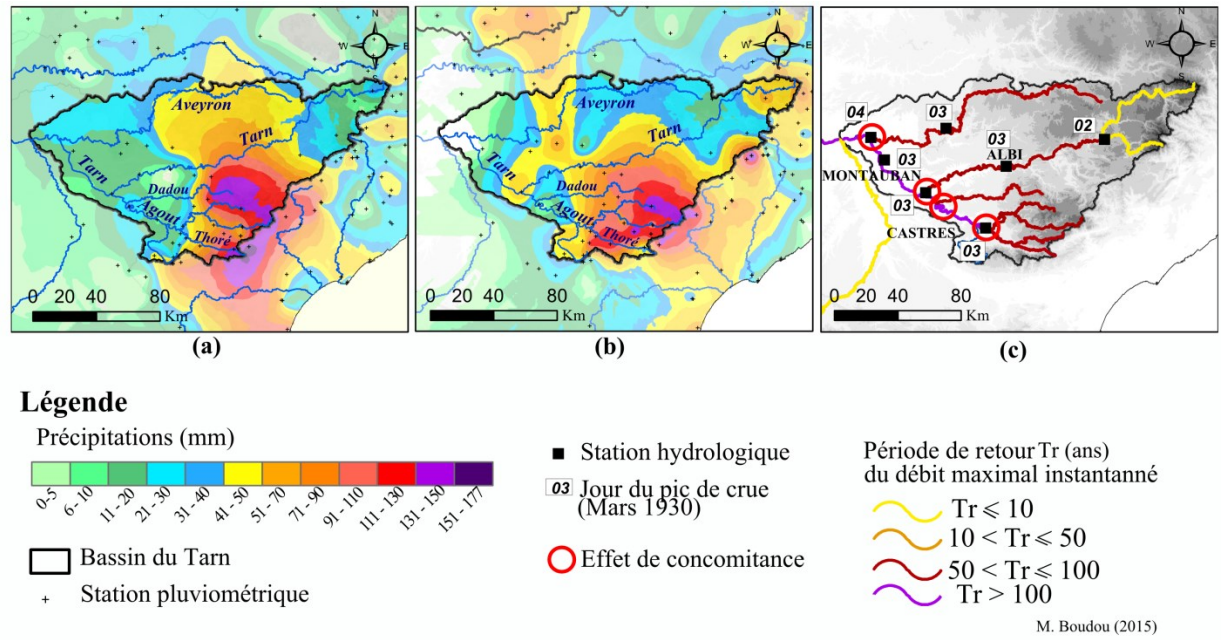


Figure IV.30 Précipitations journalières (a) 1er mars 1930 ; (b) 2 mars 1930 ; (c) débit de pointe : date et période de retour dans le bassin du Tarn

Du 1er au 2 mars 1930 (6h U.T.C à 6h U.T.C., Figure IV.30a) la cellule pluvieuse est principalement centrée sur l'est des bassins versants du Dadou, Agout et Thoré ainsi que dans la partie médiane du Tarn et de l'Aveyron, entraînant une première montée des eaux dans la nuit du 3 mars 1930 aux échelles d'Albi (Tarn) et Castres (Agout). Du 2 au 3 mars, la cellule pluvieuse est centrée sur le bassin de l'Agout dans la moyenne vallée du Tarn (Figure IV.30b). Ce changement de position entraîne tout d'abord une crue des affluents torrentiels situés au sud tels que l'Agout et le Thoré. Celle-ci se caractérise par une période de retour exceptionnelle en particulier sur l'Agout où elle dépasse significativement 100 ans. La persistance de cumuls conséquents à la fois sur le Tarn et l'Agout ainsi que le fort coefficient de ruissellement engendrent des concomitances de crues atypiques entre les différents affluents. Effectivement, le pic de crue de l'Agout à Castres survient au début de la nuit du 3 mars, rejoignant un peu plus tard ce même jour les eaux déjà gonflées du Tarn en crue. Cette concomitance permet d'expliquer en grande partie le degré d'intensité de l'aléa dans la basse vallée du Tarn ainsi que les nombreux dommages recensés dans ce secteur. Il est important

de souligner que l'épisode pluviométrique ne suffit pas totalement à expliquer la conjonction des inondations en mars 1930. La disposition du réseau hydrographique et son orientation d'ouest en est peuvent également être évoquées afin d'expliquer ces phénomènes.

► La conjonction d'un aléa tempête et d'une forte marée : exemple des submersions marines de Xynthia, février 2010

La chronologie de la tempête Xynthia est intéressante car elle permet d'éclairer les effets de concomitance entre différents types d'aléas. La tempête extratropicale ne peut pas être considérée comme exceptionnelle en termes de vitesse de vent, de moindre intensité par exemple que Klaus en janvier 2009 ou que Lothar et Martin en décembre 1999 (Louis, 2010). Son passage en France dans la nuit du 27 au 28 février coïncide cependant avec une période de hautes marées dont la valeur maximale est de 102 sur un maximum possible de 120 (Pitié et Puech, 2010). Seuls 25 jours par an connaissent des coefficients de marées supérieurs à 100, ce qui permet d'apprécier la relative probabilité annuelle de concomitance entre ces deux phénomènes (Anziani, 2010a). Les effets de la tempête, à savoir la baisse de pression et la forte vitesse des vents, ont contribué à augmenter de manière significative le niveau de marée de pleine mer engendrant des submersions dont la période de retour est localement estimée à plus de 100 ans sur les littoraux Vendéens et Charentais (Duluc *et al.*, 2014). A cette temporalité défavorable doit également être mentionné l'axe de développement atypique de la tempête, d'orientation sud-ouest nord-est (Peyrusaubes, 2010). Les vents violents mesurés dans le Golfe de Gascogne ont en effet engendré des vagues relativement jeunes (résultant d'un périmètre de génération restreint, de l'ordre d'une centaine de kilomètres), ce qui a contribué à augmenter de manière significative la surcote de pleine mer aux abords des côtes littorales (Bertin *et al.*, 2012). Au regard de l'analyse temporelle, l'intensité atteinte par les inondations est ainsi étroitement corrélée à la conjonction de deux aléas météorologiques. Cette temporalité a également complexifié la gestion de crise : l'évacuation des personnes a été en particulier rendue difficile par ce contexte météorologique délicat (SDIS de Charente-Maritime, 2011).

3.4.2. Un pic de crue asynchrone : exemple de la Cesse en novembre 1999

Les limnigrammes de la crue de novembre 1999 (Figure IV.31) montrent une dynamique de crue sensiblement différente pour la station de Mirepeisset, localisée dans la partie aval du bassin versant de la Cesse, de celle des affluents voisins de l'Ognon et de l'Argent-Double (Figure IV.32). Bien que le temps de montée des eaux soit similaire, la dynamique de crue paraît en effet plus lente sur la Cesse. De même, contrairement aux deux autres bassins versants, un deuxième pic de crue intervient sur la Cesse dans la soirée du 13 au 14 novembre alors que les conditions pluviométriques reviennent à la normale. Les cumuls précipités dans l'ensemble du Minervois étant sensiblement les mêmes, on peut s'interroger sur la raison de l'asynchronie de la crue de la Cesse.

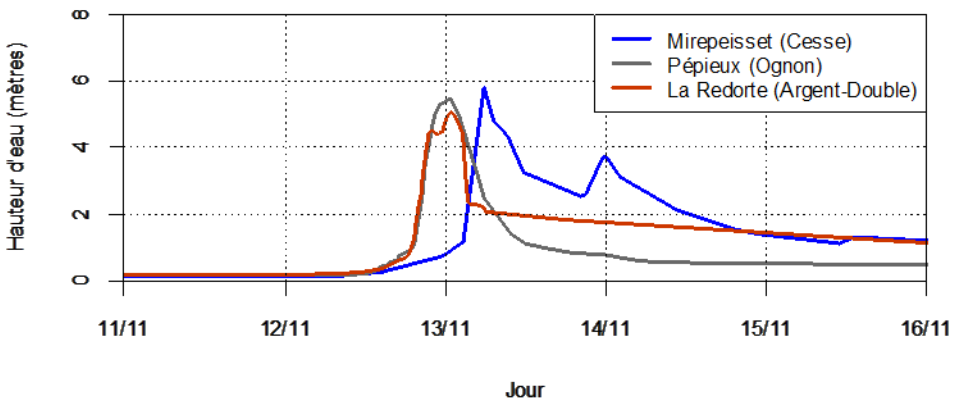


Figure IV.31 Limnigrammes des inondations de novembre 1999 dans le Minervois : Cesse, Argent-double et Ognon (Source données : Banque Hydro)

Les causes du décalage temporel et de la présence d'un second pic d'intensité sur la Cesse résultent des conditions hydrogéologiques du bassin versant et plus précisément de l'influence de réseaux karstiques. Suite à un automne particulièrement sec, les aquifères karstiques étaient vides début novembre 1999 (Vinet, 2003). Les pluies intenses générées par l'épisode du 12 au 13 novembre ont contribué à leur mise en charge. A partir d'un moment, des siphons souterrains se seraient activés et auraient commencé à écouler la quantité d'eau accumulée dans les réseaux karstiques[47], expliquant les deux pics de crues.

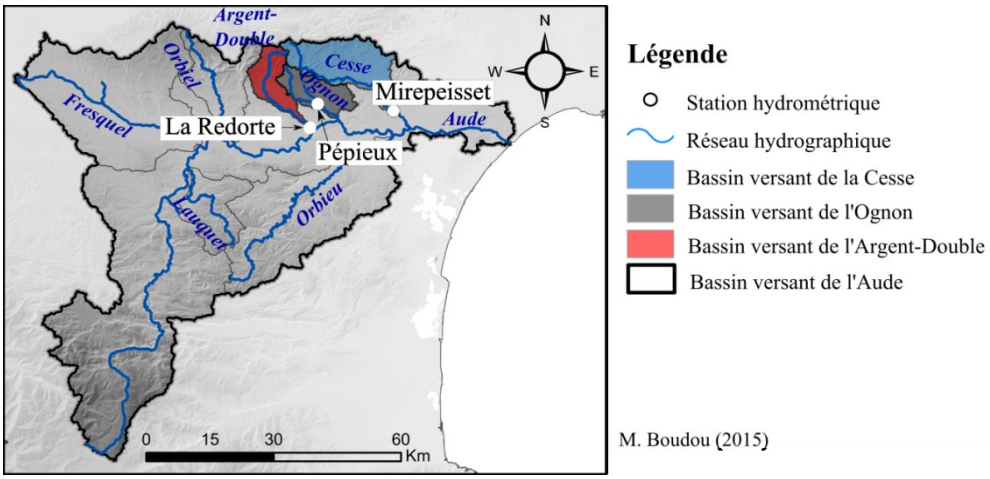


Figure IV.32 Localisation des bassins versants de l'Argent-Double, Ognon et Cesse

L'arrivée tardive de la crue de la Cesse est décisive de la tournure des inondations et donne le coup final dans l'endommagement de la basse vallée de l'Aude (Vinet, 2003). Cette évolution temporelle atypique, facteur marquant lors de l'évènement remarquable de novembre 1999, est liée à un facteur conjoncturel (le phénomène de débourrage des karsts), mais illustre également un facteur d'origine structurelle à savoir la contribution de la géologie du bassin versant au caractère remarquable de l'évènement.

Au même titre que la morphologie, la géologie des bassins versants entre ainsi en compte dans le processus d'aléa (facteur par ailleurs déjà évoqué pour la Somme). La nature

[47] Source personnelle provenant de la DDTM11.

géologique du sol et ses conditions de perméabilité permettent entre autres d'expliquer les répercussions de l'aléa météorologique sur l'intensité hydrologique. Les sols karstiques jouent à ce titre un rôle important, en drainant une partie de l'écoulement précipité. Selon l'intensité des cumuls précipités, ces derniers peuvent contribuer à aggraver ponctuellement les effets de la crue ou bien au contraire à temporiser les réactions hydrologiques (rétention des pluies par l'écoulement souterrain). Outre la capacité d'infiltration des précipitations, liée à la perméabilité des sols, les conditions géologiques influent également sur la capacité de transport solide des précipitations. Effectivement, une nature des sols davantage encline à l'érosion superficielle peut accentuer le débit solide véhiculé par les crues, et contribuer à l'augmentation de l'intensité hydrologique. Ce phénomène a pu être observé lors des évènements d'octobre 1940, de novembre 1999 ou encore de janvier 1980.

3.5. De nombreux effets dominos à l'origine d'une aggravation de l'aléa hydrologique

3.5.1. Les ruptures d'ouvrages naturels ou anthropiques

► **La chronologie de submersion à Moissac en mars 1930**

L'inondation de la ville de Moissac peut être décomposée en trois phases cartographiées au sein de la Figure III.14 (Chapitre III, section 3.3.4.). Durant la journée du 3 mars 1930, l'inondation envahit progressivement le champ d'inondation à l'extérieur de la ville. Au fur et à mesure de la montée des eaux, la résistance des ouvrages d'art est mise à rude épreuve. Lors de l'atteinte du premier maximum, aux alentours de 23 heures cette même journée, la pression générée conjointement par des embâcles (bois flottants) et la montée de l'eau fait brusquement céder le remblai de la voie ferrée. Cette rupture génère une véritable vague de submersion qui vient à son tour rompre les digues de protection, enserrant la cité et envahir les quartiers habités jusqu'alors hors de portée des eaux (Ena, 1980). La destruction du remblai ferré peut être perçue comme une étape clé dans le processus de production de l'évènement remarquable à Moissac. En effet, les décès sont principalement recensés au sein de la zone inondée par les ruptures de digues. Ces victimes sont en grande majorité dues à l'effondrement des bâtiments. Le type de bâti de la ville, particulièrement vulnérable à la submersion doit en ce sens être également invoqué comme facteur responsable de la catastrophe. L'aménagement du territoire revêt dans ce cas une importance capitale (vulnérabilité structurelle des ouvrages de protection et des habitations), participant ainsi à la bifurcation du système de l'évènement qui prend à ce moment une tournure décisive expliquant les nombreux dommages et sa remarquabilité. En tant qu'effet induit par l'inondation, les ruptures de digues sont régulièrement mentionnées comme étant à la source du caractère exceptionnel de l'aléa. C'est en particulier le cas lors de catastrophes très locales telles que Moissac en 1930, Cuxac d'Aude en novembre 1999 ou La Faute-sur-Mer en février 2010. Leur rôle est prépondérant dans l'endommagement des enjeux (le chapitre V reviendra en particulier sur leur poids dans la mortalité liée aux inondations).

► Les phénomènes d'embâcle–débâcle : exemple d'octobre 1940

Les inondations d'octobre 1940 sont d'une intensité exceptionnelle, avec une période de retour dépassant largement 100 ans sur une grande partie des bassins versants du Tech et de la Têt (Figure IV.20). L'exceptionnalité de cet aléa peut être mise en relation avec la dynamique temporelle de l'onde de crue, marquée par une succession de pics de crue comme l'illustrent les limnigrammes mesurés aux stations de Perpignan (Têt), de Le Boulou et de Céret (Tech) représentés sur la Figure IV.33.

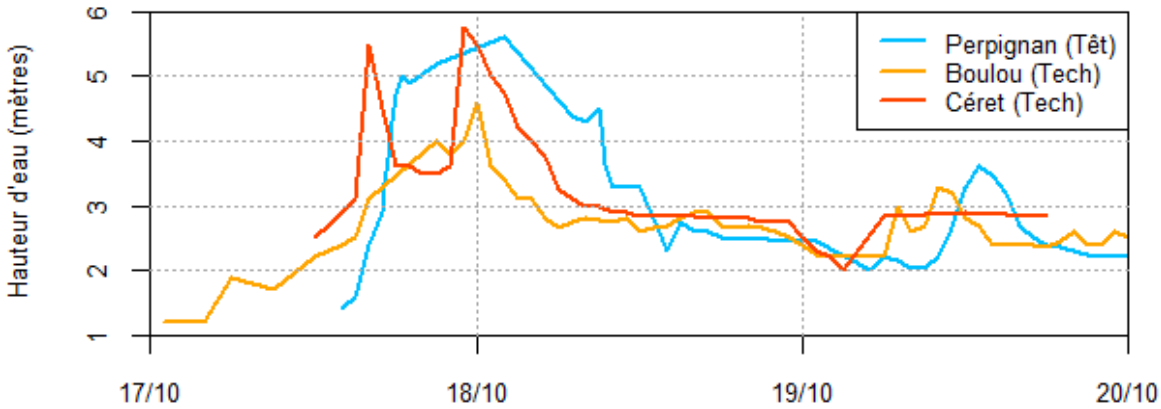


Figure IV.33 Limnigrammes de la crue d'octobre 1940 sur les bassins du Tech et de la Têt

La forme particulière des limnigrammes questionne l'origine de la succession de pics d'intensité. La station de Céret enregistre à ce titre deux pics successifs durant la journée du 17 octobre : un premier aux alentours de 16 heures (5,5 m) et un second à 23 heures (5,75 m). Afin d'expliquer cette dynamique particulière, deux hypothèses sont émises par Pardé (1941c) :

- Tout d'abord, l'instabilité de la courbe serait liée à un épisode pluvieux d'intensité irrégulière (et pourrait donc figurer dans la section 3.4). Effectivement, dans le bassin du Tech, deux fortes averses interviennent durant la journée du 17 octobre, en début d'après-midi puis en soirée. Cette dernière est évoquée comme l'élément déclencheur de l'intensité des inondations mesurées sur la Coumelade, le Riu Ferrer ou la Parcigoule, tous trois affluents du Tech.

- Par ailleurs, la rupture de barrages temporaires et la propagation d'ondes de débâcles sont mentionnées par l'hydrologue. Effectivement, l'intensité de l'épisode pluvieux sur les versants montagnards du Vallespir a considérablement érodé la partie superficielle des sols, entraînant parfois des glissements de terrains significatifs. Ces glissements de terrain ont pu être à l'origine d'embâcles *naturels* à l'image du glissement de la *Baillanouse* (Benech et Mussot, 1995), souvent évoqué comme le facteur majeur de la catastrophe par les habitants (ce dernier aurait cependant contribué à atténuer les effets de la crue en aval). De même, des aménagements hydrauliques d'origine anthropique ont également pu contribuer à retenir l'écoulement avant une brusque rupture à l'origine de la débâcle. C'est par exemple le

cas lors de la rupture de l'usine hydro-électrique de la Llau en fin de journée le 17 octobre. Cette usine construite dans la vallée de la Coumelade céda sous la force de la pression de l'eau et des matériaux charriés, créant une vaste vague de submersion (Ribes, 1982).

Au vu des observations faites, la rupture de barrages temporaires le long du linéaire fluvial a ainsi pu contribuer de manière significative au gonflement des débits mesurés lors des inondations d'octobre 1940. L'intensité de l'aléa pluvieux, considérablement renforcée en apport solide par les multiples glissements de terrains, peut être invoquée comme la cause de ces ruptures, tant naturelles qu'anthropiques. Les hauteurs d'eau mesurées ont pu être amplifiées et expliquer les faibles fréquences d'apparition. Pardé (1941c) précise toutefois qu'en l'absence de données hydrométriques vraiment fines ce facteur doit être appréhendé avec un certain recul. Ces phénomènes demeurent en effet généralement locaux et ne peuvent pas être mis en cause à l'échelle d'un bassin versant entier.

« *Cependant, à mon sens, il ne faut pas exagérer la portée de ces phénomènes et surtout ne pas croire qu'ils ont contribué pour beaucoup à la puissance des débits observés sur les rivières principales, sur le Tech moyen et inférieur en particulier* » (Pardé, 1941c).

Malgré un constat mitigé, l'exemple des inondations de 1940 illustre de façon assez nette le rôle de l'intensité infrajournalière de l'épisode pluvieux, et de facteurs d'aggravation de l'aléa hydrologique avec les phénomènes d'embâcle-débâcle. Ce constat est d'autant plus frappant que la chronologie de submersion semble étroitement corrélée à celle des dommages. Pour la vallée du Tech, une grande part des dommages ainsi que des victimes sont relevés durant le second pic d'intensité pluviométrique du 17 octobre, peu après la rupture du barrage hydro-électrique de la Llau.

3.5.2. L'impact du transport solide et des glissements de terrain

La production de monographies a montré que le transport solide (transport de sédiments et débris dits flottants) est souvent impliqué dans le processus d'aléa. Une forte concentration en transport solide lors d'une inondation résulte de deux paramètres principaux à savoir : la sensibilité des sols à l'érosion et la vulnérabilité du bassin versant affecté. Cette vulnérabilité dépend notamment du contexte temporel lors du déclenchement de l'aléa : une succession d'inondations peut par exemple contribuer à augmenter ou au contraire diminuer la quantité de matériaux transportée lors d'une inondation. Elle est également définie par les politiques de gestion du risque et notamment des modalités d'entretien des cours d'eau qui régissent d'une certaine manière la quantité de matériaux disponible. Enfin, le transport de débris flottants peut être amplifié par l'exposition d'enjeux. C'est notamment le cas pour les inondations de janvier 1910 et de décembre 1947 sur lesquelles nous nous penchons ici.

► Débris flottants et pertes de charges lors des inondations de janvier 1910 à Besançon

Afin d'expliquer le caractère inédit des inondations du Doubs à Besançon, les rapports post-évènement mentionnent l'influence de pertes de charge (Allard, 1910). Ces pertes de charge qui contribuent à élever la ligne d'eau résultent d'une part du mauvais dimensionnement de certains ponts à Besançon avec un rétrécissement de la section d'écoulement. D'autre part, l'aggravation de l'intensité hydrologique résulte de la présence de débris flottants. Durant la crue, un grand nombre de débris est transporté. Il s'agit principalement de rondeaux de bois emportés des papeteries de Novillars situées quelques kilomètres en amont de Besançon (Gavignet, 1989). Ce stock, évalué à près d'un million de francs de l'époque, va progressivement s'entasser sous les ponts de la cité, dont le Pont Battant. Lorsque l'eau se rapproche du tablier, un embâcle important se génère alors au niveau des piles du pont, bloquant l'écoulement du lit mineur et fragilisant la construction. Le résultat de cet embâcle est un exhaussement de la ligne d'eau, de 94 centimètres exactement, entre l'aval et l'amont de l'ouvrage. Cette surélévation anormale du niveau au niveau du pont est visualisable sur la Figure IV.34 issue d'un profil en long du cours du Doubs à Besançon. Lors des crue de 1882 et 1896, l'écoulement ne semble pas subir d'impact de l'ouvrage (ou de façon moindre). Pour l'évènement de 1910 par contre, l'importance de ce facteur est clairement visible et entraîne de nombreuses conséquences pour les secteurs habités.

« […] *les conséquences ont été des plus fâcheuses pour les rues voisines, et en particulier pour la rue Poitune, ravagée littéralement par un vrai torrent. Les pavés furent arrachés, le sol défoncé* » (Allard M., 1910).

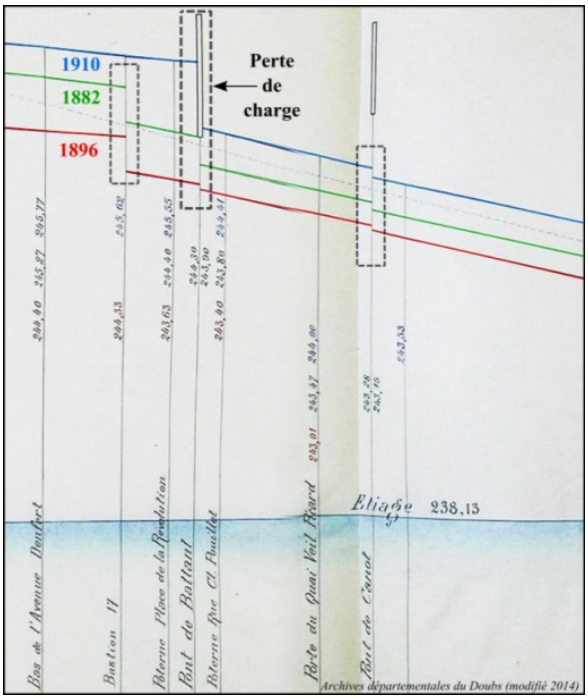


Figure IV.34 Profil en long des crues du Doubs du 21 janvier 1910, 28 décembre 1882 et 10 mars 1896 (Source : Bibliothèque et archives municipales de Besançon, série O)

Confrontés à cette aggravation de l'aléa dont l'origine est anthropique, les autorités locales vont mener une politique d'aménagement visant à réduire l'influence des pertes de charge potentielles au droit des ouvrages (Allard, 1910). A l'heure actuelle, ce problème est toujours considéré comme majeur au sein des politiques de gestion du risque de la cité.

► Des ponts provisoires contribuant à l'exceptionnalité des inondations de décembre 1947

Des causes relativement identiques à celles de 1910 sont mises en lumière lors des inondations de décembre 1947 dans les bassins de la Moselle et de la Meuse. Parmi les raisons expliquant l'exceptionnalité de l'aléa hydrologique est en effet évoquée l'influence de ponts en bois, construits provisoirement afin de remplacer les ouvrages en dur détruits par la guerre. La destruction par la crue de ces ponts provisoires et l'encombrement du lit par les débris des ponts détruits pendant la guerre auraient en effet contribué à générer de nombreux embâcles et seraient responsables d'une augmentation significative de la ligne d'eau (Hauser, 1948). L'influence de ces pertes de charges est notamment citée comme l'une des causes de l'inondation du canal de la Marne au Rhin dans la ville de Nancy. Ce canal a par la suite, et consécutivement à une rupture de digue, soudainement submergé les bas quartiers de la cité et contribué à endommager les habitations (Nicod, 1949). Les embâcles liés à l'état du territoire mosellan, alors en pleine phase de reconstruction post-guerre, ont ainsi joué un rôle prépondérant au sein du processus de remarquabilité. Ce contexte territorial particulier est également perceptible à travers l'analyse des répercussions médiatiques de l'évènement et l'emploi de l'expression : « *sinistrés de guerre et sinistrés des inondations* ».

► Un transport solide déterminant lors d'évènements remarquables

A la lumière des exemples de 1910 et 1947, le transport solide revêt donc une place importante au sein du processus de production de l'aléa en contribuant à l'augmentation du niveau d'eau et donc à l'extension de la zone inondée. Son incidence est également mentionnée au sujet d'autres évènements tels que le cyclone Hyacinthe en janvier 1980. En raison de la forte capacité érosive des sols réunionnais, ainsi que de l'intensité et de la longue durée de l'épisode pluvieux, une quantité significative de sédiments a été charriée par les flots jusque dans la partie basse des ravines, en particulier le long des ouvrages d'art. Ces dépôts ont contribué à la surélévation de la ligne d'eau ainsi qu'à plusieurs ruptures de digues, conduisant à un champ d'inondation sans précédent. Dans un même ordre d'idée, l'accumulation de transport solide le long du remblai ferré de Sallèles d'Aude permet d'expliquer en partie la rupture de l'ouvrage et l'endommagement des communes des basses plaines (Vinet, 2011).

4. Apports d'une approche systémique pour la caractérisation du processus de production de l'aléa

La caractérisation de l'aléa météorologique et hydrologique puis le croisement des indicateurs ont permis de mettre en lumière un certain nombre de constats qu'il convient ici de résumer.

4.1. Un processus d'aléa hybride, à l'origine de la remarquabilité

Dans un premier temps, à travers la caractérisation de l'aléa météorologique puis hydrologique, une série d'indicateurs a pu être dégagée. Les représentations cartographiques de la lame d'eau et l'utilisation de la période de retour se révèlent particulièrement adaptées afin de retranscrire la variabilité spatiale de l'aléa hydrométéorologique. Le croisement des indicateurs a contribué à mettre en lumière les répercussions des cumuls précipités sur les périodes de retour des crues. L'épisode pluviométrique peut en ce sens être déterminant comme le montre l'exemple d'octobre 1940. A l'inverse, les cartographies croisées de ces paramètres pour les évènements de janvier 1980 et mars 1930 ont montré que la seule prise en compte des phénomènes déclenchants n'est pas suffisante. Effectivement, des facteurs additionnels doivent être identifiés tels que les caractéristiques du bassin versant qui conditionnent fortement l'aléa comme l'a révélé l'exemple de janvier 1980. De même, l'influence des conditions climatologiques initiales sur ce bassin doit entrer en ligne de compte. La contribution de ces paramètres au processus de production montre que l'aléa inondation résulte rarement du seul phénomène météorologique déclencheur mais est également issu des précipitations antérieures ou de l'influence nivale comme en mars 1930 ou janvier 1910. Enfin, l'aléa hydrologique ne peut se résumer à des facteurs d'origine physique mais doit être relié à des paramètres sociaux dont l'influence est illustrée par les facteurs d'aggravation de l'aléa. Ces effets dominos de l'aléa ne sont pas liés aux seules caractéristiques du phénomène physique mais apparaissent davantage comme des « phénomènes hybrides » situés à la frontière entre facteurs naturels et sociaux. A titre d'illustration, le transport de troncs de bois de janvier 1910 est à l'origine de pertes de charge permettant d'expliquer l'exceptionnalité de l'inondation dans Besançon. Ce transport solide résulte d'une part de la submersion de stocks de bois d'une papeterie en amont de la cité, incriminant l'exposition des enjeux, et d'autre part de la vulnérabilité des ponts, particulièrement enclins à générer des pertes de charge. Cet aspect illustre le caractère hybride de l'évènement d'inondation remarquable, déjà mis en lumière par certains auteurs au sujet de la catastrophe (Quenet, 2009, Augendre, 2012). Celui-ci est en effet situé au croisement de facteurs physiques et sociaux, y compris au sein d'un processus relevant en apparence du déterminisme naturel comme l'aléa. Ce processus de production met par ailleurs en relation plusieurs échelles de temps et d'espace, et éclaire la profonde complexité du système. Ce constat tend à appuyer

l'importance de développer une approche systémique et multidisciplinaire telle que celle déployée ici afin d'identifier la production d'un événement remarquable dans toute sa globalité et complexité.

4.2. Temporalité et reproductibilité de l'évènement remarquable d'inondation

L'incidence de facteurs additionnels au sein du processus de production a par ailleurs souligné l'importance de la temporalité de l'aléa lors d'un évènement remarquable d'inondation. Cette temporalité peut d'abord être celle inhérente à l'aléa perturbateur, illustrée par les ondes de débâcles (octobre 1940) ou la longue durée de l'épisode (janvier 1980). Cette dynamique temporelle a des répercussions non seulement sur le phénomène physique de l'inondation mais engendre également des conséquences sur l'ensemble du processus de l'évènement remarquable. La durée des inondations de la Somme en 2000-2001 a par exemple contribué à l'émergence d'une rumeur tenace auprès des habitants qui refusaient de croire en l'origine naturelle de cette inondation interminable (Colbeau-Justin *et al.*, 2001). D'autre part, l'importance de facteurs temporels réside dans le rôle des conditions initiales, déjà évoqué auparavant. En effet, dans de nombreux cas, des facteurs climatologiques déjà en place lors du déclenchement de la perturbation météorologique sont incriminés. La superposition de ces facteurs dépend cependant d'une conjonction temporelle induite par la date d'occurrence de l'aléa déclencheur. L'incidence de la date de survenance transparaît particulièrement lors des inondations de mars 1930. L'extra-saisonnalité de l'épisode pluvieux conditionne directement l'exceptionnalité de l'aléa et, par action de cause à effet, la remarquabilité de l'évènement d'inondation. A travers les facteurs d'aggravation de l'aléa hydrologique, l'importance de la temporalité n'apparaît pas seulement sur une dynamique de court terme liée aux caractéristiques du bassin versant mais également de long-terme. « L'état » du territoire lors de l'évènement peut par exemple être mentionné lors des inondations de décembre 1947 où l'exhaussement de la ligne d'eau affirme le poids du contexte post-guerre, induisant la présence de nombreux ouvrages temporaires particulièrement vulnérables à la submersion. Pour bien faire, des études complémentaires par territoire pourraient être menées de façon à évaluer l'origine de ces facteurs de risques.

Par ailleurs, l'importance de la temporalité illustre de nouveau le caractère singulier de l'évènement d'inondation et questionne à cette occasion la reproductibilité d'un évènement remarquable. En effet, l'influence du contexte temporel montre que le processus de production suit une trajectoire unique, dépendante des caractéristiques spatio-temporelles lors du passage de la perturbation physique. Face à ce constat, l'occurrence d'un aléa similaire en termes d'intensité n'aura ainsi pas les mêmes conséquences. Par exemple, les ruptures de digues lors des inondations de Moissac en 1930 entraîneraient en toute logique de moindres destructions de bâtiments aujourd'hui. Effectivement, suite au constat de la fragilité du bâti de l'époque, des matériaux sensiblement plus résistants ont été utilisés pour la reconstruction de la ville. Malgré cette irreproductibilité de l'évènement remarquable, notre démarche a

permis de mettre en lumière des facteurs caractéristiques agissant dans le processus de production de l'aléa et méritant une attention particulière par les gestionnaires lors de l'établissement de scénarios d'inondations.

4.3. La cartographie au service de la remarquabilité

Un dernier aspect mis en lumière dans ce chapitre est l'intérêt de la cartographie pour mettre en lumière le processus de remarquabilité. La cartographie des différents indicateurs apparaît en effet comme un outil privilégié afin d'appréhender le processus de production de l'aléa. Des phénomènes de nature différente tels que la pluie et l'inondation peuvent être superposés, offrant une lisibilité de l'aléa à l'échelle du territoire. Ces représentations peuvent être complétées par des informations plus qualitatives, notamment à propos des facteurs additionnels rencontrés. De véritables cartes d'identité d'évènement d'inondation, retraçant l'ensemble du processus, peuvent alors être envisagées de façon à appréhender cette partie du système de production. La Figure IV.35 propose à ce titre une représentation cartographique des principaux paramètres responsables de la remarquabilité de l'aléa lors des inondations de novembre 1999 dans le Languedoc. La lame d'eau et les périodes de retour hydrologiques y sont représentées, éclairant bien l'incidence des cumuls sur la fréquence de l'aléa hydrologique. En parallèle, le lieu des ruptures de digues à Sallèles d'Aude, responsables de funestes conséquences dans la basse vallée de l'Aude y a été implémenté. Une lecture transversale de l'évènement est alors possible en approchant une grande partie du processus de production de l'aléa. De nouvelles réflexions pourraient être engagées de façon à également cartographier la temporalité de l'aléa. Le travail de thèse de Saint-Marc, actuellement en cours en partenariat avec le LIG-Grenoble[48] et la SNCF (soutenance prévue en 2016), mérite à ce titre d'être mentionné comme une source d'inspiration complémentaire à notre travail.

[48] URL : https://www.liglab.fr/

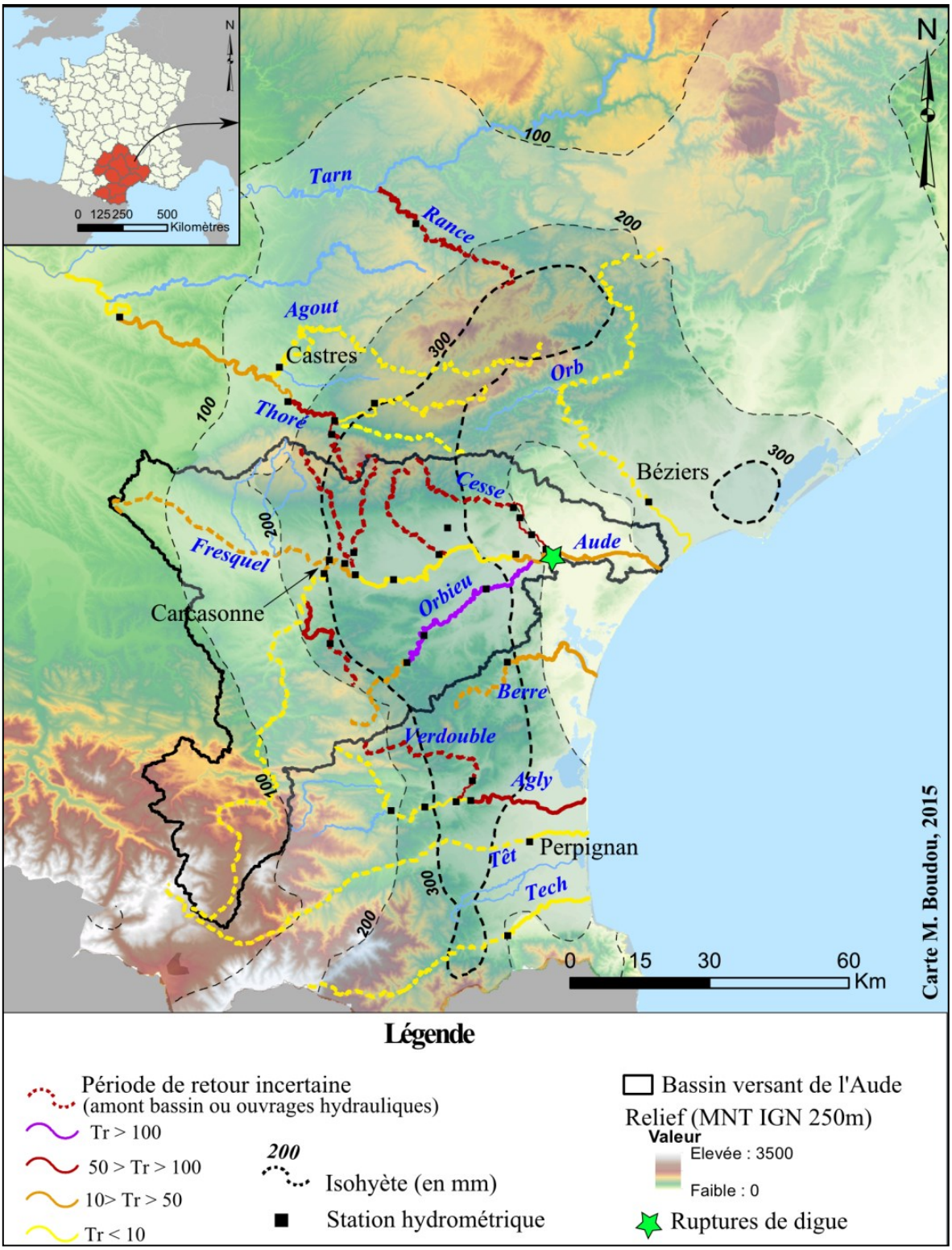


Figure IV.35 Représentation cartographique de l'aléa hydrométéorologique de l'évènement de novembre 1999

Synthèse du Chapitre IV

Nous nous sommes ici focalisés sur l'étude du processus de production de l'aléa lors d'un évènement remarquable d'inondation. En sollicitant l'approche systémique, une première étape a permis d'identifier les différentes variables jouant un rôle au sein de ce processus : des facteurs déclenchants d'une part (tels que l'épisode pluviométrique ou l'inondation elle-même) et des facteurs additionnels d'autre part (conditions initiales ou facteurs d'aggravation).

De façon à mettre en lumière le rôle de ces différents facteurs au sein du processus, la caractérisation de l'aléa météorologique et hydrologique a conduit à distinguer des indicateurs de l'intensité de ces deux aléas. Parmi ces indicateurs, les cartographies de la lame d'eau précipitée et des périodes de retour du débit maximal instantané se sont révélées particulièrement pertinents. Elles offrent en effet une vision spatiale de l'intensité du phénomène et peuvent être croisées dans une même cartographie de façon à mettre en lumière le rôle de facteurs additionnels potentiels.

Cette analyse croisée, située dans la troisième partie de l'analyse, a pointé du doigt l'importance de certains paramètres. Outre l'intensité de la pluie qui joue un rôle décisif et systématique dans les cas d'étude, le processus de l'aléa lors d'un évènement remarquable résulte également de paramètres structurels liés par exemple à la morphologie du bassin versant, mis en évidence à l'occasion du cyclone Hyacinthe en janvier 1980 ou de la Somme en 2000-2001. D'autres facteurs sont quant à eux liés à une conjoncture favorable à la survenance d'un évènement remarquable. Les caractéristiques temporelles du processus telles que la longue durée d'un épisode hydrométéorologique (1980, 2001) ou la présence de conditions initiales (tant physiques que liées aux caractéristiques socio-économiques du territoire) ont ainsi été vues comme des variables clés rappelant le caractère complexe et hybride du processus de production à l'origine de l'aléa d'une inondation remarquable.

Chapitre V. La mortalité liée aux évènements remarquables d'inondations

Photographie Chapitre V : Amélie (après la crue de 1940), au 1er plan, place de l'usine électrique A gauche, villa "Anne-Marie" – Source : Journal l'Illustration n°5097, p. 259.

Introduction du chapitre V

Parmi les problématiques soulevées dans les monographies, celle de la mortalité a particulièrement retenu notre attention. En tant que manifestation du risque, la mortalité peut être considérée comme un indicateur pertinent de l'exposition et de la vulnérabilité du territoire (Jongman et al., 2015). Le nombre de décès est par exemple souvent utilisé comme critère dans les échelles de classification des catastrophes et est largement repris par les médias. Au même titre que les dommages aux structures, la mortalité est ainsi un élément essentiel du bilan d'une inondation. Malgré un intérêt récent, ravivé par des inondations meurtrières ces dernières années (Xynthia, février 2010 ; Var, juin 2010), la mortalité et son évolution demeurent encore peu étudiées par les gestionnaires du risque en France (Boissier, 2013).

Face à ce constat plusieurs questions peuvent être soulevées. Quels sont les enjeux d'une analyse rétrospective de la mortalité imputable à des inondations remarquables du XXe siècle ? L'analyse du nombre, de la répartition spatio-temporelle ou encore des circonstances de décès permet-elle d'identifier des facteurs à l'origine de la mortalité durant l'évènement d'inondation ? De même, ces facteurs se distinguent-ils de ceux rencontrés lors d'inondations non-remarquables ? Si l'on émet l'hypothèse que le décès est la résultante d'un faisceau de circonstances et de vulnérabilités, peut-on déceler une évolution diachronique de ces circonstances et entrevoir une mutation dans les vulnérabilités face aux risques naturels ? On postulera finalement que le bilan d'une inondation reflète les paramètres expliquant la remarquabilité de l'évènement.

Afin de répondre à l'ensemble de ces questionnements, une première étape de notre travail consiste à interroger l'intérêt d'une étude de la mortalité lors d'évènements remarquables d'inondations. Malgré de fortes contraintes liées à une démarche rétrospective, la remarquabilité offre un cadre pour l'examen de la mortalité lors d'inondations passées. De multiples informations relatives à cette question ont été récoltées et l'intérêt pour l'étude de la mortalité transparaît régulièrement dans les monographies. Afin de capitaliser ces informations, une analyse descriptive des différentes variables caractérisant la mortalité est tout d'abord réalisée (tel que le lieu, la date de survenance du décès ou encore le profil de la victime) suivant la démarche établie par Boissier (2013). Ensuite, une analyse croisée et multivariée des différents indicateurs est entreprise pour tenter de comprendre l'origine de la mortalité durant les évènements remarquables étudiés.

1. Objectifs et enjeux d'une étude de la mortalité

1.1. La mortalité, marqueur de remarquabilité

1.1.1. Un type de dommage lié aux inondations

La mortalité doit tout d'abord être considérée comme un type de dommage à part entière. De nombreux auteurs se sont attachés à distinguer les principaux types de dommages rencontrés suite à un évènement d'inondation. Parker (2000) a dressé un tableau des types de dommages recensés, classés en fonction de leur relation (directe ou indirecte) avec l'inondation et de leur caractère tangible ou intangible (Figure V.1). Les dommages tangibles peuvent être considérés comme visibles et évaluables en attribuant une valeur monétaire au préjudice. A l'inverse, il est difficile d'associer voire impossible d'attribuer toute valeur marchande aux dommages intangibles (Grelot, 2004) : vies humaines, pertes patrimoniales ou environnementales…

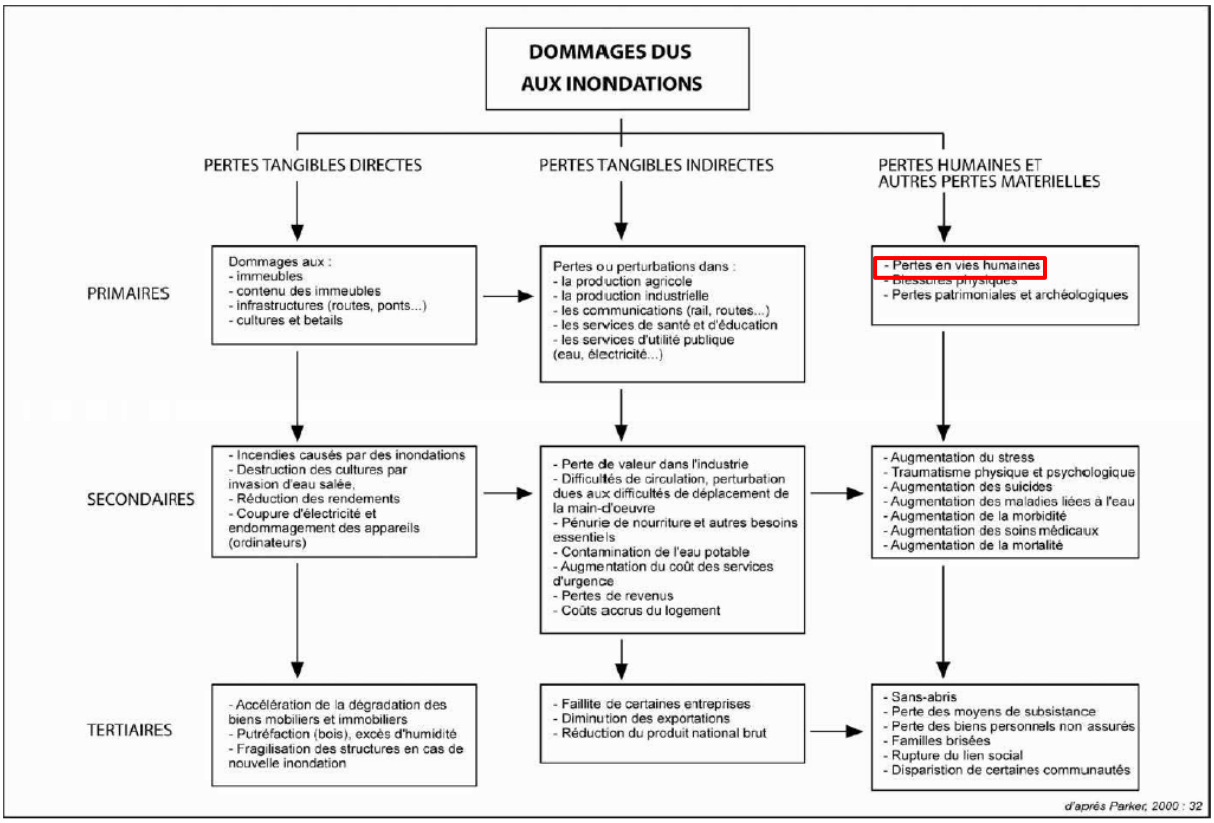


Figure V.1 Classification des dommages liés aux inondations selon Parker (Source : Parker, 2000, repris de Vinet, 2010)

1.1.2. Un indicateur de la catastrophe …

En tant que résultat du processus d'endommagement, la mortalité doit dans un second temps être appréhendée comme un indicateur de la catastrophe. Il est communément admis que la catastrophe résulte de l'occurrence d'un aléa rare et intense et dont les conséquences sont à l'origine de l'endommagement d'enjeux humains et socio-économiques plus ou moins vulnérables (chapitre I, section 2.1.2.). Le degré de cet endommagement (défini par l'ampleur et la nature des dommages) conditionne en partie la réponse de la société, pouvant conduire à une rupture au sein du système et donc à la catastrophe (Leone et Vinet, 2007). En accord avec cette définition, les échelles de classification utilisées par les instances internationales ou nationales se fondent la plupart du temps sur la quantification des dommages et en particulier des décès afin d'éclairer le caractère catastrophique d'un évènement naturel (Dauphiné et Provitolo, 2013). C'est le cas de la base internationale EM-DAT du CRED, qui recense les catastrophes naturelles au niveau mondial et s'appuie notamment sur un seuil de 10 décès pour intégrer un évènement. De même, l'échelle de classification du MEDDE (Barthelemy *et al.*, 1999) se fonde sur le nombre de victimes avec 6 classes, de l'incident jusqu'à la catastrophe majeure (Tableau V.1).

Classe		Dommages humains	Dommages matériels
0	Incident	Aucun blessé	Moins de 0,3 M€
1	Accident	1 ou plusieurs blessés	Entre 0,3 M€ et 3 M€
2	Accident grave	1 à 9 morts	Entre 3 M€ et 30 M€
3	Accident très grave	10 à 99 morts	Entre 30 M€ et 300 M€
4	Catastrophe	100 à 999 morts	Entre 300 M€ et 3 000 M€
5	Catastrophe majeure	1 000 morts ou plus	3 000 M€ ou plus

Tableau V.1 Echelle de classification des catastrophes utilisée par le ministère de l'écologie, d'après Barthelemy *et al.* (1999)

L'utilisation du nombre de victimes en tant que critère de classification résulte en partie de son caractère plus aisément quantifiable que les dommages économiques.

1.1.3. … et de la remarquabilité d'un évènement

Lors de l'établissement de la grille de lecture, le nombre de décès a été considéré comme un indicateur judicieux du caractère remarquable d'un évènement car il est particulièrement adapté à une approche rétrospective et comparative. Effectivement, le nombre de décès constitue un dommage intangible dont la valeur ne peut évoluer au fil des années. Contrairement aux dommages économiques, le nombre de victimes constitue une source d'information plus aisément comparable d'un évènement d'inondation à un autre. Le bilan humain est de plus fixé par les autorités quelques jours ou quelques semaines après l'évènement à l'inverse de l'évaluation économique, soumise à une plus grande inertie du fait de nombreuses incertitudes.

Un recul sur les 176 évènements sélectionnés lors de l'EPRI et renseignés dans la BDHI permet d'apprécier la contribution de la mortalité au sein de la remarquabilité d'un évènement. La moitié des évènements de la base (83 sur 176) comptent des décès. L'information relative au nombre de décès, plus imprécise pour les évènements antérieurs à 1900 ainsi que pour les petits évènements à l'origine de peu de décès, permet de penser que cette proportion d'évènement meurtriers est sous-estimée. La Figure V.2 dresse un histogramme comparatif du score de remarquabilité rapporté au nombre de victimes répertorié. Les résultats y sont bornés au XXe siècle compte tenu des fortes incertitudes associées à la mortalité pour les évènements plus anciens.

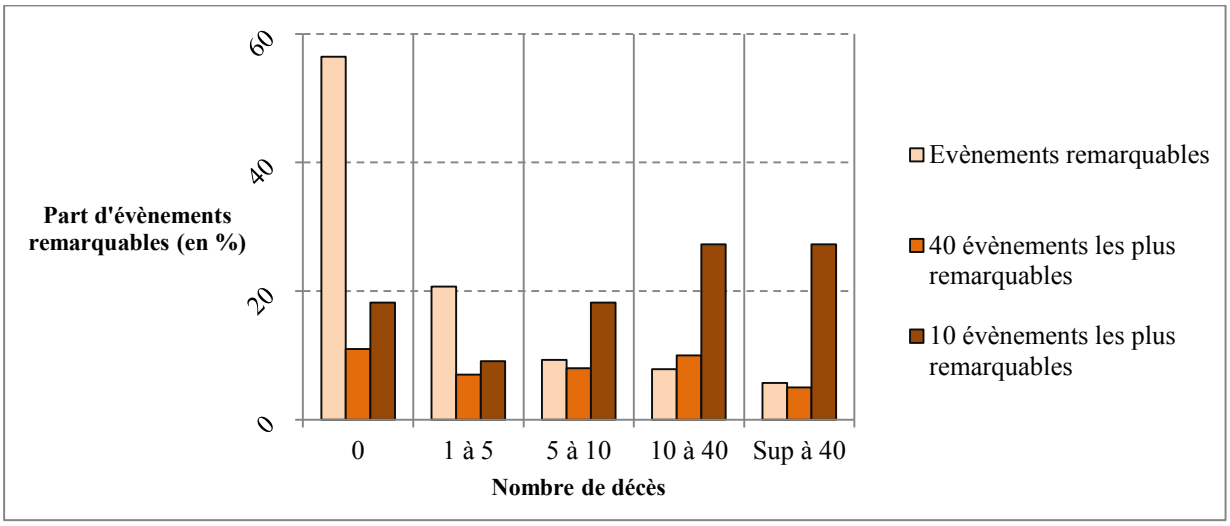


Figure V.2 Relation entre score de remarquabilité et nombre de décès par évènement (XXe siècle à nos jours)

Si la part d'évènements remarquables sans décès sur l'ensemble du XXe siècle est importante (57% du total), celle-ci devient plus faible à mesure que le score de remarquabilité augmente. Pour les 10 et 41 premiers évènements en termes de remarquabilité, ceux sans décès représentent respectivement 11 et 18% soit une minorité. De la même façon, les 10 évènements qui revêtent les plus hauts scores de remarquabilité sont pour plus de la moitié à l'origine d'au moins 10 cas de décès.

1.1.4. Une place importante dans le processus de production de l'évènement remarquable

L'endommagement doit être perçu comme la matérialisation d'un risque d'inondation et relève donc à la fois l'intensité de l'aléa mais aussi de la vulnérabilité et de l'exposition des enjeux. Ce processus est indissociable de la catastrophe et par la même de l'évènement remarquable (ni l'un ni l'autre ne peuvent exister sans dommages). Dans une même logique systémique, catastrophe et évènements remarquables résultent non pas d'un simple processus, mais également d'un effet de dépassement de seuil (ici du degré d'endommagement). Ce seuil d'endommagement (ainsi que celui de gestion/perception de l'évènement par la société) permet d'expliquer la bifurcation du système. Dans le cadre de notre étude, le seuil dit de *remarquabilité* est tributaire non seulement du montant de dommages (coût économique,

nombre de décès) mais également de ses caractéristiques (nature et circonstances de l'endommagement). Ce constat permet de s'interroger sur l'influence de la mortalité au sein du processus de remarquabilité : outre les dommages causés, la mortalité peut-elle être jugée comme un facteur participant à la construction de la remarquabilité ?

► Un facteur conditionnant la perception de l'évènement

Les monographies mettent en exergue le poids de la mortalité dans le processus menant à la remarquabilité d'un évènement d'inondation. La mortalité conditionne en particulier la perception de l'évènement et peut être évoquée en tant que facteur explicatif du niveau des répercussions socio-politiques. Le caractère meurtrier d'une inondation s'avère un point largement repris par la presse lors du traitement médiatique de la catastrophe. C'est le cas durant l'évènement de mars 1930 à l'origine de 230 victimes dans le sud-ouest français (Chapitre III, section 4.1.1.). Suite à cette inondation, un fascicule descriptif de l'évènement fut distribué par la presse à l'échelle de la France au profit des sinistrés (Bichambis, 1930). Ce magazine retraçait en détail la catastrophe et insistait en particulier sur les circonstances et le nombre de décès. Il possédait un titre pour le moins évocateur soulignant le poids médiatique attribué à un nombre important de victimes ainsi que le rôle de ce facteur dans la perception d'un évènement : « *Les inondations du Midi en mars 1930 : les paisibles rivières devenues torrents de ruine et de mort* ».

Figure V.3 Exemple de traitement médiatique de la mortalité, un fascicule vendu au profit des sinistrés (Source : Bichambis, 1930)

► Un facteur encourageant la prise de décisions politiques

Outre les impacts médiatiques d'un évènement d'inondation meurtrier, un lourd bilan peut aussi déboucher sur des mesures politiques. Toujours à propos des inondations de mars 1930, un exemple frappant de l'incursion de la mortalité au sein de la sphère sociale et politique d'un évènement s'illustre par l'instauration de la toute première journée de deuil national en France.

« *Le dimanche 9 mars 1930 est déclaré jour de deuil national, en raison des morts et des ruines causées par les inondations qui ont ravagé les départements du Midi de la France* » (Décret n° 37322 du 7 mars 1930 déclarant le dimanche 9 mars 1930 jour de deuil national, 1930).
Cette mesure inédite, au demeurant exceptionnelle, souligne le traumatisme créé par le nombre important de victimes, et participe activement à la remarquabilité de l'évènement. Dans une logique similaire, le lourd bilan humain de la tempête Xynthia en 2010 a révélé la défaillance d'acteurs locaux, aspect qui fut mis en lumière lors du procès de l'automne 2014 (FENVAC – SOS Catastrophes & Terrorisme, 2014c). Ce facteur se situe ainsi au centre du système de production.

L'importance de la mortalité doit néanmoins être relativisée en fonction du type d'inondation. Pour des évènements à cinétique lente, la mortalité exerce rarement une quelconque influence au vu du peu de victimes leur étant imputable. C'est davantage l'endommagement économique et fonctionnel qui sera mis en avant par la société comme source de répercussions. Il peut donc exister un évènement remarquable sans cas de décès répertorié (c'est le cas de l'évènement de la Somme en 2001). La mortalité et sa perception sont par ailleurs dépendantes du contexte temporel dans lequel s'inscrit l'évènement. Le degré de répercussions induit par la présence de victimes peut fluctuer en fonction de l'époque dans laquelle il intervient. Une référence à la notion d'acceptabilité du risque peut ici être soulignée. Celle-ci, relevant de facteurs culturels, a largement évolué. A propos des inondations dans la vallée du Rhône, Labeur (2011) souligne que la représentation des catastrophes relève de la fatalité durant l'Ancien Régime tandis que c'est l'explication rationnelle qui prime dans la période moderne (1840 à fin 1990).

1.2. Enjeux d'une analyse rétrospective de la mortalité

1.2.1. Un facteur de mortalité régulièrement illustré…

Les décès par inondation en France sont généralement associés à des crues brutales liées aux fortes intensités pluviométriques (crues « méditerranéennes ») ou à des ruptures d'ouvrages. Ils interviennent sur des échelles de temps et d'espace réduites qui révèlent de manière abrupte l'exposition et la vulnérabilité des territoires. C'est en particulier le cas dans les régions méditerranéennes caractérisées par un régime hydroclimatique spécifique et par une forte propension d'enjeux exposés. Les documents recensant les décès lors d'une inondation évoquent bien souvent la violence d'une mort par noyade. Les circonstances de décès évoquées lors du procès de Xynthia en février 2010 ont par exemple souligné le traumatisme des témoins de la catastrophe.

« *Il y a ici cette dimension surhumaine du face à face avec la mort, le froid, le noir, le brusque fracas des ouvertures qui cèdent, des objets qui cognent dans tous les sens. La lutte désespérée pour gagner quelque hauteur, quelque point d'appui; la certitude que l'on va vivre ses derniers instants, que la noyade est inévitable* » (FENVAC – SOS Catastrophes & Terrorisme, 2014c).
Ce type de propos a été largement relayé par les médias qui surnomment à cette occasion de « *cuvette mortifère* » la zone où a été relevé l'essentiel des victimes à la Faute-sur-Mer.

1.2.2. … et pourtant peu appréhendé par les gestionnaires

La question des décès imputables aux inondations, bien que régulièrement illustrée, demeure néanmoins un objet d'étude peu appréhendé tant du point de vue scientifique que politique.

► Un angle mort de la gestion des risques

Il n'existe aucun recensement systématique des décès suite à un évènement d'inondation en France. Bien que des bases de données existent sur la question, la quantification des décès est surtout utilisée pour déterminer l'ampleur de l'évènement mais rarement dans un cadre épidémiologique. Il n'existe ainsi aucune préconisation de quantification systématique des décès après une inondation. L'étude de la mortalité apparaît comme un « angle mort » épistémologique de la gestion des risques. Quatre raisons peuvent être invoquées pour expliquer ce désintérêt.

- La mortalité serait de prime abord une question délicate à aborder en France contrairement aux pays Anglo-Saxons. Le partage de données sur une victime relève généralement du secret médical (Boissier, 2013).
- La question de l'attribution d'une valeur à une vie humaine pose de nombreux problèmes sur le plan éthique.
- Le cloisonnement entre les acteurs de gestion de crise (Ministère de l'Intérieur) et les acteurs de prévention du risque (Ministère de l'Ecologie) complexifie la considération de la mortalité.
- La perception ancrée auprès des gestionnaires du caractère fortuit et incompressible du décès par les gestionnaires contribue à la faible prise en compte de la mortalité. L'occurrence de décès a longtemps été considérée, à tort, comme relevant du hasard contrairement aux dommages économiques (Torterotot, 1993). Sa considération dans une démarche de retour d'expérience ne permettrait pas de définir correctement les facteurs de vulnérabilité des territoires.

► Une question absente des retours d'expérience

Les retours d'expérience menés à la suite d'un évènement jugé catastrophique par l'Etat considèrent de manière souvent superficielle la question de la mortalité. Dans les rapports rédigés à la suite des inondations de l'Aude en 1999, du Gard en 2002, de Xynthia et du Var en 2010, la problématique des décès et de leurs circonstances revêt en effet une place négligeable (Tableau V.2). Ces derniers ne consacrent qu'entre 1 et 2 pages à cette question et se contentent bien souvent de dresser le bilan des décès en ne précisant que rarement leurs circonstances. Cette mention anecdotique de la mortalité au sein des retours d'expérience souligne le peu d'intérêt consacré à cette problématique.

Evènement	Source	Nombre de pages consacré / nombre total de pages (%)
Novembre 1999 - Aude	Lefrou *et al.* (2000)	1,5/140 (*1%*)
Septembre 2002 - Gard	Huet *et al.* (2003)	0,5/133 (*0,3%*)
Février 2010 - Xynthia	Anziani *et al.* (2010b) Bersani *et al.* (2010)	1/227 (*0,4%*) 1,5/191 (*0,8%*)
Juin 2010 - Var	Rouzeau *et al.* (2010)	1/87 (*1%*)

Tableau V.2 Place consacrée aux décès dans les retours d'expérience

L'apport de l'information sur la mortalité rencontrée lors des évènements majeurs d'inondations était pourtant déjà mise en exergue dans le rapport de Lefrou *et al.* (2000) :

« *Hormis le cas précédemment évoqué de la coulée de boue, seul l'examen cas par cas des décès, par noyade notamment, peut permettre de tirer des enseignements, que la mission n'a pas été en mesure de développer à ce stade, et renforcer des recommandations simples et déjà existantes pour la plupart.* »

Malgré ce constat ravivé lors d'initiatives ponctuelles telle que l'étude menée post- juin 2010 dans le Var par le CETE (2012), la mortalité demeure en retrait dans les retours d'expérience qui ont suivi. Le rapport des inondations de janvier 2014 dans le Var (Moulin *et al.*, 2014) se concentre par exemple sur l'analyse des dommages au bâti ou aux réseaux, et ne développe que brièvement sur les 26 victimes imputables à cet évènement. Les décès semblent avoir été considérés comme un dommage fortuit par les autorités en charge de l'expertise qui considéraient que leur analyse ne permettrait pas d'en tirer des enseignements pour une gestion prospective des risques.

1.2.3. Une connaissance imprécise de la mortalité imputable aux inondations

► Des bases de données imprécises

En tant que critère de classification des catastrophes (cf. 1.1.2, page 270), de nombreuses bases de données renseignent le nombre de décès imputables aux évènements d'inondations. Il s'agit en premier lieu de la base EM-Dat du CRED. Cette base de données peut être considérée comme relativement précise pour les dix dernières années mais souffre de lacunes pour les périodes antérieures (Vinet, 2010). A l'échelle de la France, une source d'information provient de la base PRIM renseignée par le MEDDE. Les évènements naturels dommageables de 1900 à 2012 y sont documentés et distingués selon le type d'aléa (inondations torrentielles, submersions marines…). L'observation de ces bases de données révèle néanmoins plusieurs limites relatives à la complexité de notre objet d'étude.

La définition d'un évènement d'inondation pose par exemple de nombreuses problématiques. L'évènement tel qu'il est identifié dans la base PRIM est délimité selon une cohérence spatiale et temporelle qui n'est pas forcément la même pour notre étude. Cela pose notamment problème lors d'évènements concomitants mais dont l'origine météorologique n'est pas la même ou à l'inverse lors d'évènements issus de conditions météorologiques similaires mais éloignées dans le temps. Une limite réside également dans la fiabilité des données (type d'aléa associé, nombre de décès….). Malgré son caractère d'inondation torrentielle, l'évènement de Vaison-la-Romaine (septembre 1992) est ainsi répertorié sous le registre « Storm » dans la base du CRED. De même, la base PRIM recense 47 victimes imputables à l'évènement tandis que de récents travaux en relatent 49 (Boissier, 2013). Cette incertitude grandit à mesure que la date de l'évènement s'éloigne dans le temps et souligne l'imprécision des bases de données sur la mortalité en France (liée en partie à l'absence de recensement systématique après l'occurrence d'un évènement meurtrier). Pour pallier ces contraintes, des bases de données locales et plus précises ont été construites.

► Des études locales plus exhaustives

Du fait de ces différentes limites, des études plus locales sur la mortalité ont été réalisées. Ces analyses sont généralement centrées sur un territoire donné tel que les régions méditerranéennes, particulièrement exposées. Il convient de citer notamment les travaux du laboratoire Géode de l'Université Toulouse II Jean-Jaurès à Toulouse (Antoine *et al.*, 2001). Une base de données géohistoriques y a été créée, renseignant les victimes des inondations en Languedoc-Roussillon du XIIIe au XXe siècle. Des informations ponctuelles sur l'épidémiologie des décès sont également apportées. Davantage axée sur la seconde moitié du XXe siècle, une base de données, la base VICT-IN, a été réalisée par le laboratoire du GRED à Montpellier et complétée en particulier par Vinet (2007) et Boissier (2013). L'objectif de cette base (à l'échelle des départements méditerranéens) est de renseigner un certain nombre de critères relatifs à la mortalité tels que le nombre de victimes, les causes, les circonstances, les dates et lieux de décès, ou encore des informations relatives au genre et à l'âge de la victime.

Bien que riches en enseignements, ces bases de données ne permettent pas d'avoir un regard exhaustif et objectif sur la mortalité des inondations en France. Effectivement, les travaux scientifiques relatifs à cette question portent souvent sur des échelles spatiales ou temporelles limitées qui permettent difficilement d'apprécier le comportement général de ce type de dommage. Les travaux menés par Géode sont ainsi centrés sur le Languedoc-Roussillon, rendant difficile une analyse à l'échelle de la France et masquant des effets frontières lors d'évènements transfrontaliers (Antoine *et al.*, 2001). Dans une même optique, la base VICT-IN s'intéresse à une période récente, interrogeant les caractéristiques de la mortalité lors d'évènements plus anciens et à l'échelle du territoire français.

1.2.4. Une analyse rétrospective afin d'appréhender l'évolution de la mortalité

► **Une baisse de la mortalité des inondations ?**

Bien qu'imprécises, les bases de données citées ci-dessus permettent d'apprécier l'évolution de la mortalité. S'il est admis que le coût des inondations augmente depuis les années 1970 (Bourguignon, 2014, SwissRe, 2015), la mortalité semble quant à elle connaître une tendance inverse dans les pays industrialisés (Pielke, 2000). Ce constat peut être appuyé par l'observation de la Figure V.4 qui retrace le nombre de décès imputable aux inondations depuis 1770 en France. Les informations sur les évènements récents antérieurs à 1900 sont issues de la base PRIM.Net et complétées ponctuellement pour le Languedoc par les renseignements provenant d'Antoine *et al.* (2001) et de Boissier (2013). Pour les évènements plus anciens, les informations provenant de la BDHI ont été privilégiées.

Au total, 190 évènements meurtriers sont recensés dans ce graphique. Bien que ce dernier ne puisse pas être considéré comme totalement exhaustif en raison des incertitudes liées aux évènements anciens ainsi qu'aux « petits » évènements engendrant moins de 10 décès (Antoine *et al.*, 2001), on constate une tendance à une moindre mortalité. En effet, on note qu'aucun évènement n'a engendré plus de 100 victimes depuis la rupture du barrage de Malpasset en 1959 (au moins 423 morts) et depuis mars 1930 (230 morts) pour un évènement d'inondation plus « classique » lié à un phénomène de débordement. Cette tendance à la baisse de la mortalité est-elle liée à une absence d'aléas réellement majeurs ou bien est-elle imputable aux progrès réalisés dans la gestion et la prévention des inondations ?

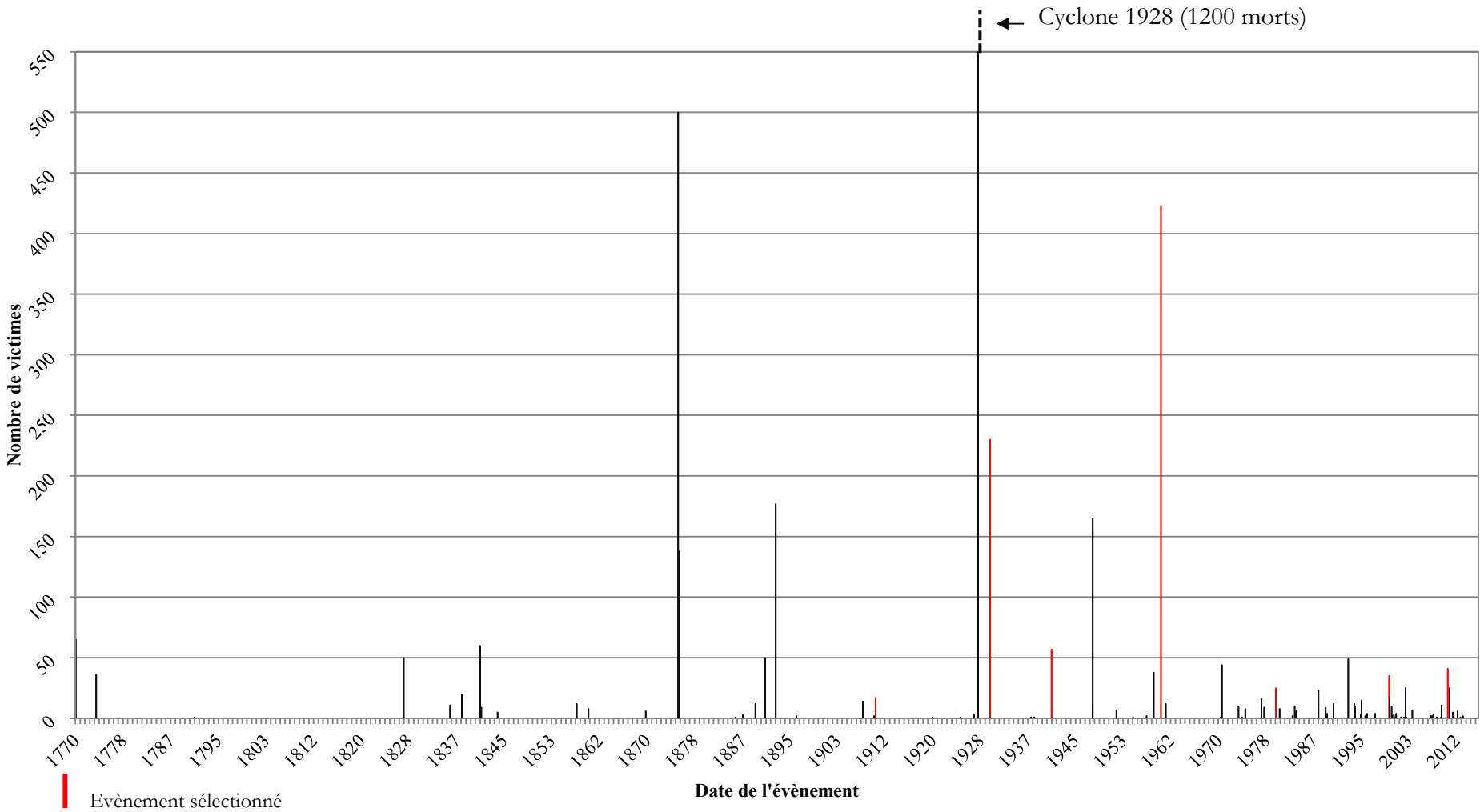


Figure V.4 Nombre de décès par évènement d'inondation depuis 1770 en France (Source : PRIM.net ; Boissier, 2013;BDHI ; Antoine *et al,*. 2001).

► Des catastrophes récentes ravivant des inquiétudes

Face au constat évident d'une absence d'évènements majeurs en termes de victimes depuis la fin des années 50, la survenance d'inondations meurtrières depuis quelques années a néanmoins révélé la vulnérabilité et l'exposition du territoire français face à ce risque naturel. Les lourds bilans humains de la tempête Xynthia (41 décès) et des inondations du Var en 2010 (23 décès) ont constitué un électrochoc pour la société et les gestionnaires du risque. C'est en particulier le cas de Xynthia dont l'occurrence a montré la vulnérabilité des territoires littoraux et de ses populations face à un risque jusqu'alors oublié et sous-estimé par les autorités locales. La catastrophe a dans ce sens révélé le processus de production du risque à l'œuvre sur les territoires côtiers depuis la seconde moitié du XXe siècle (Vinet *et al.*, 2012a). Ce constat renvoie à l'exposition croissante avérée des enjeux (tant humains qu'économiques), qui permet en particulier d'expliquer le coût croissant des inondations (Bourguignon, 2014).

L'augmentation croissante d'enjeux exposés, particulièrement dans certains territoires à risques tels que le sud de la France, questionne dans un autre temps l'impact de futurs évènements majeurs. Effectivement, si l'inondation de janvier 1910 soulève des inquiétudes pour les gestionnaires en terme d'indemnisation des dommages, une interrogation n'est-elle pas possible quant à la survenance d'inondations similaires à celles de juin 1875 sur la Garonne, à l'origine d'environ 500 décès, ou encore d'inondations de grande ampleur sur les rives de la Loire, épargnées depuis près d'un siècle et demi ?

► Une démarche rétrospective pour évaluer les facteurs de mortalité et leur évolution

Il est enfin possible de s'interroger sur les facteurs à l'origine de la mortalité lors des évènements d'inondations remarquables et sur leur évolution. Selon le postulat développé en début de thèse (chapitre I, section 2.2.1.), les caractéristiques de l'aléa ou des dommages imputables à l'inondation conditionnent la réponse de la société et la remarquabilité de l'évènement. Cette définition questionne ainsi sur les caractéristiques de la mortalité lors de ces évènements. De quelle manière se caractérise la mortalité lors d'évènements remarquables d'inondations ? Des dénominateurs communs peuvenBot-ils être trouvés et permettent-ils de juger de l'évolution des facteurs de vulnérabilité humaine ? Peut-on noter une évolution de ces facteurs qui tend à appuyer le constat de la diminution du nombre de décès ? L'un des enjeux réside notamment à percevoir si le déploiement de nombreux outils de gestion du risque au cours du XXe siècle peut expliquer la moindre mortalité lors d'inondations.

2. L'analyse de la mortalité lors d'évènements remarquables

2.1. Enseignements et limites apportés par la quantification des décès

En tant qu'indicateur de remarquabilité, le nombre de décès liés aux évènements d'inondations a été renseigné. Afin de le documenter, les sources récoltées durant la phase de l'EPRI ont été explorées donnant une première estimation de ce nombre de décès. Un travail plus approfondi pour chaque évènement a ensuite été réalisé de manière à vérifier l'information ou à la renseigner si celle-ci était manquante. Pour ce faire, une étude des bases de données mentionnées plus haut (PRIM, EM-DAT…) a été effectuée. Des articles scientifiques ou rapports de gestionnaires spécifiques à l'évènement ont également été parcourus afin de compléter cette étape. De nombreuses limites liées à l'analyse de la mortalité ont toutefois émergé tout au long de ce travail de renseignement.

2.1.1. Une information à appréhender avec précaution

La méthodologie de la grille de lecture s'appuie sur le renseignement de classes de critères permettant de limiter les incertitudes liées à l'utilisation d'informations historiques. Malgré cela des interrogations sont apparues au cours du renseignement du critère de nombre de décès dans la base de données. Cette difficulté tient notamment d'informations souvent contradictoires entre deux sources de données qui peuvent résulter d'une connaissance faible de l'évènement passé mais aussi relever d'une méthodologie de quantification différente suivant la source explorée (telle que la prise en compte des décès indirects). Nous avons retenu l'estimation jugée la plus fiable en fonction du sérieux de la source d'information (un rapport produit par des gestionnaires peut par exemple être considéré comme plus fiable qu'un article de presse). Lorsque des informations précises sur les circonstances de décès sont documentées, celles-ci permettent d'éviter le piège d'une double comptabilisation des victimes. Dans de nombreux cas, en particulier pour des évènements anciens où peu d'informations sont disponibles ou qui nécessitent un travail approfondi en archives, le nombre de décès n'a pas été renseigné. L'absence de victimes répertoriées ne permet pas d'en déduire que l'évènement n'a causé aucune victime et nécessite donc d'appréhender avec précaution cette information. Des cas de décès ont probablement été omis. C'est en particulier le cas pour des évènements anciens mais également pour des évènements qui comptabilisent peu de décès, dont on peut penser qu'ils ont fait l'objet d'une moindre prise en compte tant par la société que par les gestionnaires.

2.1.2. Des évènements majeurs à l'origine de nombreux décès

Le renseignement du nombre de décès a permis d'apprécier la distribution temporelle de la mortalité lors d'inondations (Figure V.4 : les évènements remarquables d'inondations sélectionnés sont représentés en rouge). Au vu de la représentation graphique, certains évènements semblent concentrer les décès. C'est le cas par exemple des inondations de juin 1875 dans le sud de la France (à l'origine de 500) ou encore de la rupture du barrage du barrage de Malpasset en 1959 (entre 424 et 500 décès). En accord avec les données récoltées, 7 évènements comptabilisent ainsi plus de 100 décès (Tableau V.3). Ils sont tous liés à des phénomènes d'inondations brutaux montrant l'influence du type d'aléa dans la mortalité :

- crues méditerranéennes (1875, 1930),
- épisodes cycloniques (1928 et 1948),
- ruptures de lac glaciaire ou de barrage (1892 et 1959).

Bassin versant / Territoire affecté	Date	Nombre de décès
Garonne	Juin 1875	Plus de 500
Vernazobre	Septembre 1875	138
Saint-Gervais	Septembre 1892	177 à 200
Guadeloupe	Janvier 1928	1200
Tarn, Garonne	Mars 1930	230
Réunion	Janvier 1948	165
Reyran	Décembre 1959	424

Tableau V.3 Evènements à l'origine de plus de 100 décès depuis 1770
(Source : d'après Lang et Cœur, 2004, p. 24 ; actualisé)

2.1.3. La répartition par districts hydrographiques

La localisation des décès imputables aux inondations constitue une information pertinente ry soulève des interrogations quant à la vulnérabilité et l'exposition des territoires. Afin de mettre en évidence l'apport de cette information, il est intéressant d'observer la mortalité par districts hydrographiques (Figure V.5 et Figure V.6). Certains districts semblent sujets à une faible mortalité lors d'évènements remarquables tels que Seine-Normandie, Rhin-Meuse ou Artois-Picardie, qui représentent une part négligeable de victimes. Au contraire des districts hydrographiques concentrent les évènements meurtriers. Près de la moitié des évènements d'inondations remarquables à l'origine d'au moins 10 décès sont ainsi recensés dans le district Rhône-Méditerranée-Corse ou RMC (environ 33% du nombre total de victimes). Un constat similaire est mis en évidence sur le district Adour-Garonne qui compte environ 28% des évènements de plus de 10 décès et 25% du nombre total de décès. La part d'évènements supérieurs à 10 décès dans les DOM et en Loire-Bretagne avoisine quant à elle les 10% et n'est donc pas négligeable. Cela est encore plus vrai pour les départements situés hors métropole qui comptabilisent environ 36% des décès répertoriés dans la grille de lecture. Ce

dernier constat résulte en partie du poids des décès imputables à certains évènements tels que le cyclone de janvier 1928 à la Guadeloupe qui recense à lui seul 1200 décès.

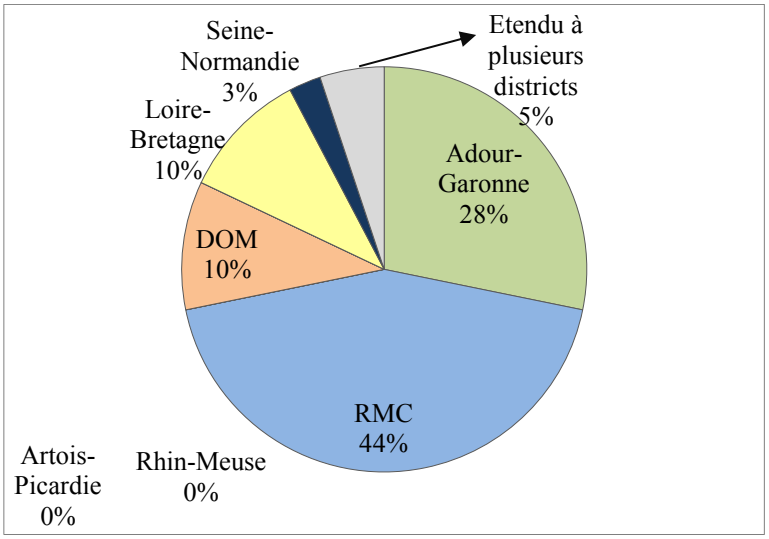


Figure V.5 Répartition des évènements de plus de 10 décès par district hydrographique de la Directive Inondation (Source : Lang et Cœur, 2014)

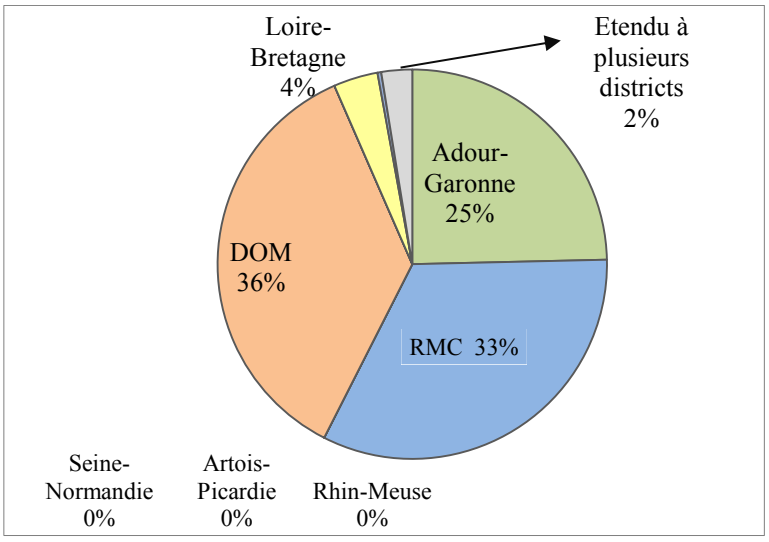


Figure V.6 Répartition du nombre de décès par district hydrographique lors d'évènements de plus de 10 décès (Source : Lang et Cœur, 2014)

La distribution de la mortalité au sein des districts hydrographiques souligne la forte exposition des régions soumises à des phénomènes hydroclimatiques soudains. L'interprétation d'une plus forte exposition au risque d'inondation et d'une prédisposition à la mortalité de ces régions doit toutefois prendre en compte les caractéristiques territoriales et géographiques des districts telles que leurs superficies ou la densité des enjeux, dont l'analyse est difficile à réaliser dans le cadre d'une étude rétrospective. De plus, cette information spatiale est ici circonscrite à un périmètre administratif, rendant son interprétation limitée. Certains évènements dont les décès se situent entre deux districts hydrographiques (tels Xynthia dont les décès se trouvent entre Loire-Bretagne et Adour-Garonne) sont notamment difficilement représentables et visualisables. Cette difficulté d'analyse est liée à la complexité

de l'objet d'étude et aux effets d'échelles du système. Pour cette même raison, il apparaît peu pertinent de mettre en place une approche temporelle des décès répertoriés à une échelle mensuelle ou encore en fonction de la typologie de l'aléa. Ces dernières caractéristiques peuvent effectivement varier durant un même évènement d'inondation.

La quantification des décès pour l'application de la grille de lecture rend perceptible la forte mortalité dans les régions soumises à des phénomènes hydroclimatologiques soudains tels que les régions méditerranéennes et les DOM. De même, la répartition chronologique des décès répertoriés illustre la tendance vers une diminution de la mortalité lors d'inondations. Ces constats, déjà démontrés par des études antérieures (Pielke, 2000, Boissier, 2013), demeurent néanmoins attachés à une approche quantitative et doivent être reliés aux différentes limites liées à l'échantillon d'évènements de l'EPRI ainsi qu'aux incertitudes de l'information historique. Cette démarche purement quantitative ne permet pas, par ailleurs, d'évaluer en détail les causes et les circonstances de décès. Le recours à une analyse plus fine, réalisée dans le cadre de notre étude à travers les monographies de neuf évènements remarquables d'inondation apparaît ainsi nécessaire.

2.2. Recensement des décès répertoriés pour les neuf cas d'étude

2.2.1. Méthodologie pour le dénombrement des décès

Le renseignement des critères de la grille de lecture a permis d'approcher une première estimation du nombre de décès imputables aux évènements remarquables d'inondation. Celle-ci demeure cependant incertaine et soumise à de nombreuses limites. Pour diminuer ces incertitudes, un travail d'enquête plus approfondi a été mené. Il a consisté dans un premier temps à croiser les sources d'informations disponibles. Dans le cadre des évènements les plus anciens (1910, 1930, et 1940), cette étape s'est en particulier appuyée sur l'exploitation des sources issues d'archives départementales. Le nombre de décès causé par une inondation varie souvent selon la référence. La lecture d'ouvrages de presse parus à l'époque de l'évènement paraît par exemple souvent surestimer le nombre de victimes imputables à l'inondation. C'est le cas pour les inondations de mars 1930 où un bilan de 700 décès est établi quelques jours après l'inondation. Les informations provenant de sources documentaires issues d'ouvrages scientifiques ou produites par les autorités locales paraissent plus fiables et ont été davantage sollicitées. Cependant, y compris dans ces documents, des écarts significatifs sont relevés. Pour remédier à cette incertitude sur le nombre de décès, nous nous sommes attachés à reporter dans un second temps le nom de la victime associé aux circonstances et au lieu de décès. Le renseignement systématique de ces informations possédant parfois un degré de précision important a permis de limiter les erreurs de comptabilité tels que la double prise-en compte d'un cas de décès.

► Sources utilisées pour le renseignement des évènements

Afin de documenter la mortalité lors d'évènements anciens plusieurs sources ont été privilégiées.

- *Les ouvrages d'histoire locale*

Le travail d'analyse fait par des érudits locaux comporte parfois des indications précises relatant le nombre de victimes, ou encore le nom et la localisation du décès. Le travail produit par Ena (1980) à propos des inondations de mars 1930 dans la vallée du Tarn et de la Garonne comporte par exemple une description précise des victimes imputables aux inondations. De même, le récit détaillé des évènements d'octobre 1940 retranscrit par Ribes (1982), ancien ingénieur hydraulicien, a permis d'avoir une vision assez nette de la mortalité lors de l'inondation.

- *Les articles de presse*

Les médias constituent une source textuelle intéressante afin d'apprécier la mortalité d'une inondation passée. Pour les évènements anciens, où peu de sources s'intéressent à la problématique du nombre de décès, les ouvrages de presse peuvent se révéler fort utiles. La presse régionale revêt en particulier un grand intérêt dans le cadre d'une analyse rétrospective (Lay et Rivière-Honegger, 2009). Celle-ci est en effet attachée à un territoire dont elle se fait l'écho et tend à rapporter les faits de façon exhaustive pour les populations locales. Bien qu'elles doivent être vues par un regard critique (Chapitre VI, section 2.1.4.), les récits des journalistes mentionnent souvent les faits avec un grand souci de détail, notamment en ce qui concerne les victimes de l'inondation. A titre d'illustration, l'étude des décès d'octobre 1940 s'est en partie reposée sur le travail de recueil et de synthèse des ouvrages de presse réalisé par Battle et Gual (1981) qui relate parfois de façon très précise les circonstances de décès. Il convient dans cette optique de souligner l'apport bénéfique des actions de numérisation d'ouvrages de la presse nationale ou régionale. Celles-ci initiées depuis quelques années dans de nombreuses bibliothèques ou archives contribuent à rendre plus aisée une démarche d'analyse rétrospective. Les archives du Petit Comtois[49], numérisées dans le cadre d'un programme scientifique, ont été par exemple consultées pour l'évènement de janvier 1910.

Malgré son intérêt évident, l'information apportée par la presse, tant régionale que nationale, doit être appréhendée avec un regard critique par le lecteur. La recherche du sensationnel peut parfois pousser les médias à grossir le nombre de victimes, de façon à susciter la compassion ou attiser la curiosité, l'attrait des lecteurs. De même, les discours doivent être perçus à travers le prisme des représentations sociales ou politiques relatives à l'époque de l'inondation.

[49] URL : http://adcost-elliadd.univ-fcomte.fr/petit-comtois/

- *Les sources d'archives*

L'étude de la mortalité lors d'évènements anciens a également été réalisée grâce au concours de sources d'archives. Les travaux récoltés dans le cadre de l'EPRI ou bien initiés lors du travail de thèse ont permis de disposer d'informations plus ou moins précises sur les victimes d'inondations. Tel est le cas par exemple pour les listes des victimes des inondations de mars 1930, récupérées aux archives départementales du Tarn-et-Garonne (Série M, sous-série Ms).

- *Les articles et bases de données scientifiques*

Des articles scientifiques relatifs à une inondation citent ou traitent spécifiquement de la mortalité imputable à l'évènement. C'est notamment le cas pour la tempête Xynthia, sélectionnée comme cas d'étude, objet de nombreux travaux (Lumbroso et Vinet, 2011, Vinet *et al.*, 2011, Vinet *et al.*, 2012a). L'analyse s'est également appuyée sur les données issues de la BD VICT-IN construite dans le cadre de la thèse de Boissier (2013) afin d'identifier la mortalité lors de l'évènement de novembre 1999.

- *Les rapports de gestionnaires et retours d'expérience*

Une dernière source utile pour comptabiliser les décès imputables à des évènements remarquables d'inondation provient des rapports menés par les autorités de gestion de risque. Certains retours d'expérience, produits consécutivement à un évènement dommageable, fournissent en effet des détails quant aux victimes. Bien que ces informations soient souvent succinctes, des données relatives à la localisation et aux circonstances peuvent être ponctuellement documentées.

Une fois l'ensemble des sources documentaires explorées, une base de données rassemblant les décès imputables aux neuf évènements d'inondation a été produite. Le croisement des différentes sources permet d'approcher une estimation du nombre de victimes pouvant être jugée comme relativement exhaustive. Bien souvent, le recoupement des sources documentaires et le renseignement des décès ont amené à reconsidérer à la hausse le bilan des victimes annoncé dans les bases de données. C'est par exemple le cas pour les inondations anciennes de 1910, 1930 et 1940. L'augmentation du nombre de victimes pour ces évènements (environ 10%), estimée à partir du renseignement d'informations relatives à la personne disparue, souligne les limites de l'étude de la mortalité ainsi que l'analyse rétrospective des dommages.

► Des incertitudes associées au recul temporel de l'évènement : le cas de Moissac (mars 1930)

Il convient de garder en mémoire les incertitudes liées à l'utilisation d'une information historique ainsi qu'aux problématiques inhérentes à la mortalité. Les bilans humains plus élevés lors des inondations anciennes rappellent les difficultés d'évaluation des dommages d'un évènement lointain. Les sources d'informations, non-vérifiables en raison de la date éloignée de l'inondation, ne peuvent pas être considérées comme totalement exhaustives et sont souvent contradictoires entre elles. Afin d'illustrer cet aspect, un zoom peut être effectué sur les décès relevés dans la ville de Moissac en mars 1930. Les données de décès ont été

renseignées au sein de différentes sources d'informations dont trois que nous considérons comme principales à savoir :

- Les articles de presse régionale de L'Express du Midi : numéros du 06/03/1930 au 31/01/1930[50].
- L'ouvrage de Ena (1980) « *Le Tarn, torrent de ruine et de mort : Evocation des 3 et 4 mars 1930 à Moissac* », consulté aux archives départementales du Tarn-et-Garonne.
- Une liste des victimes des inondations de mars 1930, dressée par la Préfecture du Tarn-et-Garonne en 1930 et récolté aux archives départementales du Tarn-et-Garonne (Série M, sous-série Ms3003).

Dans chacune de ces trois sources documentaires, des informations concernant la localisation, le nom de la victime et son âge sont renseignées. En relevant méthodiquement les victimes recensées dans ces trois documents, des différences concernant le nom de la victime sont rapidement apparues, contribuant à grossir fortement le bilan humain de la ville. Les raisons de ces incohérences peuvent résider par une méthode de renseignement différente telle que le renseignement du nom de jeune fille plutôt que celui d'épouse dans le cas du décès d'une femme, ou encore par de légères différences de toponymie. Des erreurs de localisation peuvent également exister, et une victime d'une autre commune a pu être répertoriée. De même des bilans dressés à la hâte peuvent omettre certains cas de décès. En croisant l'ensemble des sources, nous avons néanmoins pu relever les victimes communes aux trois listes, auxquelles nous avons ajouté les victimes ne figurant que sur une seule liste. Le bilan final porte à 130 le nombre de décès au lieu de 120, décompte généralement repris comme le total des victimes relevées à Moissac. Bien que ce bilan ne puisse être totalement affirmé en raison de la date éloignée de l'évènement, il est néanmoins conforté par un document récolté en archives qui récapitule les dégâts aux bâtis ainsi que le nombre de victimes et sinistrés, et qui mentionne 130 décès à Moissac.

► Importance du contexte territorial lors du déclenchement de l'évènement

L'exemple du décompte des victimes à Moissac illustre l'importance que revêt la date d'occurrence de l'évènement dans les incertitudes relatives à l'estimation de la mortalité, en mettant en avant les précautions à utiliser lors de l'interprétation de documents anciens. Cette temporalité défavorable, ici relative à une dimension de long terme, peut aussi dépendre d'un contexte territorial de court terme. En effet, lors du recensement des victimes, la question des personnes disparues s'est rapidement posée. Or, selon le contexte territorial, une part plus ou moins importante de population « de passage » (tourisme, ou migration saisonnière) peut être victime de l'inondation. Dans ces cas-là, la certitude du décès est moindre dans la mesure où la présence de la personne n'est pas systématiquement attestée sur la commune. Dans le cadre des évènements de 1940, de nombreux travailleurs et réfugiés espagnols étaient présents dans les Pyrénées-Orientales. Dans le bilan des victimes, trois personnes originaires d'Espagne furent recensées. C'est par exemple le cas d'une femme, noyée à proximité du camp de réfugiés d'Argelès-sur-Mer

[50] URL : http://rosalis.bibliotheque.toulouse.fr/

« *Une pauvre réfugiée espagnole, voyant son fils tomber d'un véhicule dans l'eau, s'est précipitée à son secours. La malheureuse, entraînée par la violence du courant, s'est noyée; l'enfant a pu être sauvé* » (Battle et Gual, 1981).

Dans une même optique, Donat (1990) souligne les incertitudes du bilan humain associé à la rupture du barrage de Malpasset :

« *Le nombre de victimes a été très délicat. En effet, il y avait à cette époque de nombreux travailleurs clandestins. C'est pour cela que l'on ne sait pas exactement le nombre total de victimes* ».

Comme pour ces exemples particuliers, il existe, sur d'autres évènements, des incertitudes similaires ce qui met en lumière l'importance du contexte territorial lors de la catastrophe et pousse à appréhender avec recul l'estimation des victimes dans notre analyse.

► La question des décès indirects

Une dernière problématique réside dans la prise en compte des décès dits indirects c'est-à-dire ne s'opérant pas dans la temporalité immédiate du phénomène physique de l'aléa ou qui ne sont pas consécutifs à un décès par noyade (Boissier, 2013). Cela peut par exemple être des cas de décès liés à des crises cardiaques, à des accidents mortels durant les opérations d'évacuation de population, ou encore des intoxications au monoxyde de carbone (Jonkman, 2005). La prise en compte ou non de ce type de décès peut modifier considérablement le bilan humain d'une inondation (Vallette et Cartier, 2012). Une interrogation identique se pose à propos des décès imputables à d'autres aléas survenant durant l'inondation tels que les glissements de terrain ou le vent lors d'un épisode de tempête. Comme évoqué précédemment, si le nombre total de décès d'un évènement participe à sa remarquabilité, ce sont davantage les circonstances de ces décès et leur lien avec l'aléa hydrologique qui nous intéressent ici. Ces décès seront pris en compte dans la mesure où une information est disponible mais ne constituent pas l'objet principal de notre étude. A titre d'exemple, la tempête Xynthia a entraîné la mort de 47 personnes en France. Cependant, certains de ces décès peuvent être considérés comme indépendants des phénomènes de submersion et nous donc principalement nous retiendrons les 41 cas de décès par noyade enregistrés durant cet évènement.

Toujours à propos de la prise en compte des décès indirects, on peut se demander si l'on doit prendre en considération la mortalité induite par les conséquences de l'inondation sur une dynamique de long terme. C'est en particulier le cas des décès causés par dépression suite au traumatisme de l'inondation. Cette information est rarement connue et relatée, en particulier pour des évènements anciens, ce qui rend sa considération délicate dans notre analyse.

2.2.2. Nombre de décès répertoriés lors des neuf évènements remarquables

En tenant compte des informations recensées précédemment et de leurs limites, il est possible de dresser le décompte des décès répertoriés durant les 9 évènements remarquables d'inondation. Nous comptabilisons pour les évènements de 1910, 1930, 1940, 1947, 1959, 1980, 1999 et 2010 respectivement 17, 230, 57, 10, 25, 424, 35 et 41. D'une manière générale

les évènements remarquables sélectionnés ont engendré un nombre de décès significatif à l'exception des inondations de 2000-2001 qui sont caractérisées par une cinétique lente et atypique spécifique aux remontées de nappe et n'ont entraîné aucune victime. Hormis le cyclone de janvier 1928, les évènements retenus font partie des inondations les plus meurtrières de 1900 à nos jours en France métropolitaine : 5 évènements se situent dans la liste des 10 plus meurtriers (Tableau V.4). Ce constat rappelle le poids de la mortalité au sein de la grille de lecture ainsi que son rôle essentiel dans le processus de production. Si une distinction des évènements par seuils de décès semble difficile, des regroupements apparaissent d'eux-mêmes lors de la visualisation du nombre de décès (Antoine *et al.*, 2001).

Date	Evènement	Estimation décès
Décembre 1959♦	Malpasset	424
Mars 1930♦	Tarn	230
Octobre 1940♦	Pyrénées-Orientales	57 (300 en Catalogne)
Septembre 1992	Vaison-La-Romaine	49
Février 2010♦	Xynthia	47 (41 submersion)
Octobre 1958	Gard	35-38
Novembre 1999♦	Aude	35
Juin 2010	Var	25
Juillet 1987	Grand-Bornand	23
Septembre 2002	Gard	23

Tableau V.4 Les 10 évènements d'inondations les plus meurtriers en France métropolitaine de 1900 à nos jours (♦ : Evènement sélectionné comme cas d'étude)

► Des évènements exceptionnels en termes de mortalité (plus de 100 victimes)

Trois évènements d'inondations se distinguent par leur nombre important de décès dépassant nettement 100. Il s'agit en premier lieu de la rupture du barrage de Malpasset. S'il convient ainsi de prendre avec précaution ce nombre de décès, il est au moins équivalant à 420 ce qui rend cet évènement le plus meurtrier du XXe siècle en France métropolitaine. Le nombre de 423[51] est le plus souvent évoqué parmi les sources exploitées et a été retenu comme nombre de décès pour notre étude (Foucou, 1978, Valenti et Bertini, 2003). L'évènement le plus meurtrier après celui de Malpasset parmi les cas d'étude est celui de mars 1930, principalement concentré autour du bassin du Tarn avec un bilan retenu de 230 victimes. Il s'agit de l'inondation par débordement fluvial la plus récente à l'origine de plus de 100 décès en France métropolitaine. A ces deux évènements s'ajoutent celui d'octobre 1940 dans les Pyrénées-Orientales qui totalise 57 victimes. Ce lourd bilan doit toutefois être mis au regard de près de 300 victimes recensées en Catalogne Espagnole (Soutadé, 1990), contribuant à faire des inondations d'octobre 1940 l'un des évènements d'inondations les plus meurtriers qu'ait connu l'Europe au XXe siècle.

[51] Auquel un cas décès liés aux opérations de secours a été ajouté.

► **Des évènements à l'origine d'au moins 20 décès**

Des évènements avec un nombre de décès compris entre 20 à 50 peuvent ensuite être mis en évidence. C'est le cas de Xynthia en février 2010 à l'origine de 41 victimes (47 au total pour la tempête) qui constitue la seconde inondation la plus meurtrière depuis les années 1950 (derrière Vaison-La-Romaine en septembre 1992 avec 49 décès). Parmi les évènements à l'origine de plus de 20 victimes doivent également être considérées les inondations de novembre 1999 (35 décès) et le cyclone Hyacinthe en janvier 1980 à la Réunion (25 décès). Ces évènements ne sont pas caractérisés par une mortalité aussi importante que ceux du début du siècle mais constituent néanmoins des records pour la seconde moitié du XXe siècle. Ils peuvent donc être considérés comme majeurs pour cette période.

► **Des évènements avec une moindre mortalité**

Parmi les évènements remarquables étudiés, ceux liés à des phénomènes de submersions à cinétique lente sont à l'origine d'une moindre mortalité. C'est le cas des inondations de janvier 1910 auxquelles 17 décès peuvent être associés dans la moitié nord de la France. Ce bilan relève cependant davantage de facteurs indirects et non de la violence de l'inondation elle-même : près de la moitié des victimes proviennent de la destruction du hameau dit « de Lorroy » dans la vallée du Loing, conséquence de l'érosion des sols par la pluviométrie fortement excédentaire. Concernant les inondations de décembre 1947, 10 victimes furent recensées, principalement localisées autour des massifs Vosgiens. Seul l'évènement de la Somme en 2000-2001 ne compte aucune victime, en raison du type d'aléa lié à la lente remontée de nappes phréatiques.

2.3. Répartition spatiale des décès imputables aux neuf évènements

Au sujet des inondations, Jonkman (2005) préconise le renseignement du lieu et de la date de décès dans sa méthodologie portée sur l'analyse de la mortalité. La localisation et la datation permettent en effet d'éviter les erreurs de comptabilité lors du recensement du nombre de décès et offrent par ailleurs des pistes intéressantes afin d'explorer les causes de la mortalité. Cet aspect a été mis en lumière par de nombreux auteurs s'intéressant à la mortalité lors de catastrophes naturelles. Au sujet des tornades, Ashley (2007) a par exemple montré l'utilité d'une analyse spatio-temporelle des décès de façon à illustrer la vulnérabilité des territoires impactés.

2.3.1. Répartition des décès répertoriés pour les neuf évènements

La localisation des décès imputables au panel d'inondations remarquables de l'EPRI est complexe à déployer à l'échelle du territoire. Néanmoins, une étude approfondie de la mortalité sur certains évènements, comme celle réalisée au cours de la thèse, autorise une maille d'analyse plus fine à l'échelle communale. Ces informations ont été synthétisées et cartographiées au sein de la Figure V.7.

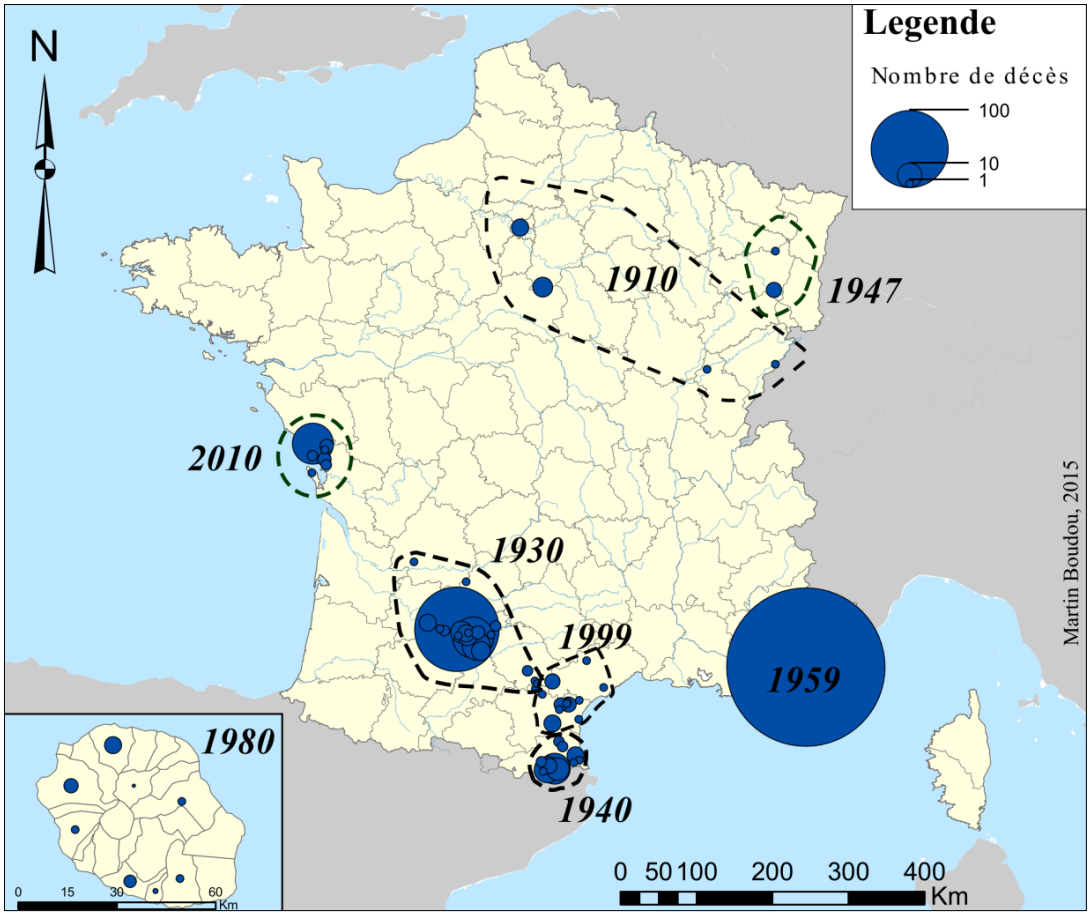


Figure V.7 Répartition des décès imputables aux inondations remarquables étudiées

Cette représentation montre tout d'abord le poids de Malpasset qui écrase la distribution spatiale des décès. En second lieu, la répartition spatiale des décès illustre en partie, au même titre que la cartographie des dommages économiques, l'étendue de l'évènement hydrologique dommageable. Ainsi certains décès s'articulent sur un territoire relativement vaste tel que celui de janvier 1910, mettant en lumière le caractère généralisé des débordements lors de cet évènement. Le nombre de décès recensé dans les régions méditerranéennes met en exergue la forte mortalité des évènements de cette zone (1930, 1940, 1999). La distribution spatiale des décès de mars 1930 et octobre 1940 s'entrecroise notamment avec celle rencontrée en novembre 1999. De manière à identifier plus nettement les caractéristiques spatiales de la mortalité de ces cas d'étude, un changement de niveau de représentation à l'échelle de l'évènement est nécessaire.

2.3.2. Distribution spatiale des victimes par évènement

La cartographie des décès à l'échelle de la France révèle des différences sensibles entre évènements. Un zoom est ici effectué sur les évènements correspondant à des inondations d'origine méditerranéenne ou cyclonique sur une échelle communale. Les cas particuliers des crues océaniques lentes ont été considérés comme moins riches en enseignements quant à la distribution spatiale de la mortalité à l'échelle communale et ne seront pas appréhendés dans cette section. En effet, nous assumons que ces décès, plus diffus spatialement et moins nombreux, traduisent moins le lien entre aléa et vulnérabilité que pour ceux survenus lors d'évènements plus soudains. De même, les décès liés à la rupture du barrage de Malpasset se situant sur une l'échelle infra-communale, ils ne sont pas représentés ici.

- **Mars 1930** : Au total 230 décès ont été comptabilisés. Leur répartition indique une forte concentration dans le département du Tarn-et-Garonne, dans le bassin aval du Tarn après la confluence du cours d'eau avec l'Agout (Chapitre III, section 4.1.1, Figure III.15). Certaines communes comptabilisent un grand nombre de décès. C'est le cas de Moissac où 130 personnes ont trouvé la mort, de Montauban (31), ou de Reyniès (20).

- **Octobre 1940** : La répartition des 57 victimes (Figure V.8) met en avant les forts impacts de l'inondation dans la haute vallée du Tech. Certaines communes de cette vallée ont enregistré un nombre conséquent de décès : Arles-sur-Tech (16), Amélie-les-Bains (13), ou Le Tech (12), toutes situées à quelques kilomètres d'intervalle.

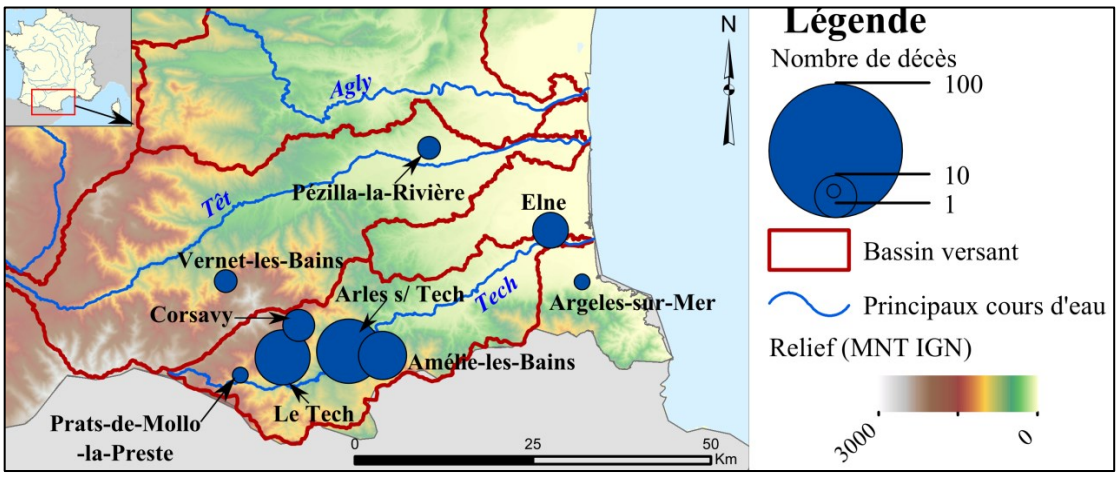


Figure V.8 Localisation par commune des décès liés aux inondations d'octobre 1940

- **Janvier 1980** : La mortalité du cyclone Hyacinthe dresse un tableau sensiblement différent de celui des inondations de 1930 et 1940 (Figure V.9). Les 25 victimes du cyclone sont en effet dispersées dans les communes qui composent le territoire de l'île. Certaines comptabilisent un nombre important de décès comme Salazie où 10 personnes issues d'une même famille sont décédées lors d'un glissement de terrain emportant l'habitation.

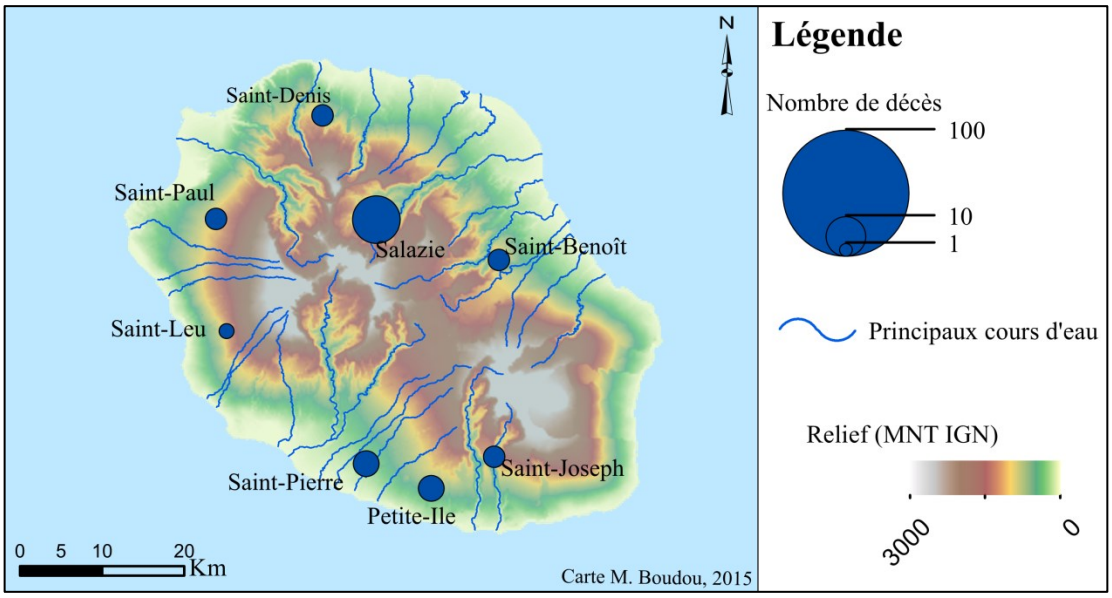


Figure V.9 Localisation par commune des décès liés au cyclone Hyacinthe en janvier 1980

- **Novembre 1999** : La distribution spatiale des victimes de novembre 1999 (Figure V.10) se rapproche de celle du cyclone Hyacinthe dans la mesure où les décès sont relativement dispersés le long des communes inondées (un maximum de 5 décès par commune est relevé). Quelques cas de décès sont enregistrés dans la partie amont des bassins versants, sur les affluents descendants de la Montagne Noire. Contrairement à octobre 1940, ce sont les basses plaines (ici de l'Aude) qui concentrent la majorité des victimes.

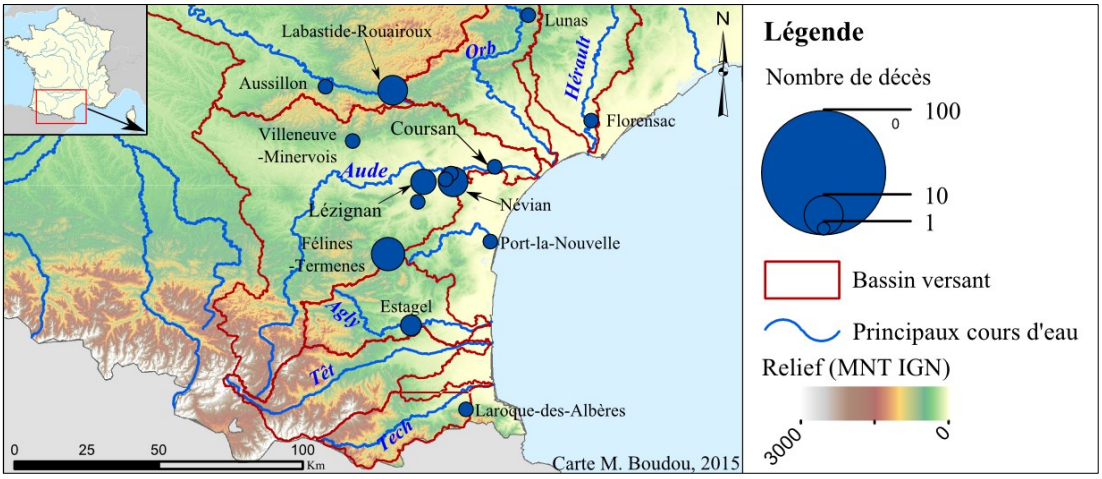


Figure V.10 Localisation par commune des décès liés aux inondations de novembre 1999

- **Février 2010** : Les submersions marines attribuables au passage de la tempête Xynthia indiquent un schéma spatial singulier. La grande majorité des décès se situent en effet dans la commune de la Faute-sur-Mer : 29 sur 41 personnes décédées soit 70% du total. Des cas de décès en marge de la Faute sont relevés, entièrement situés sur les communes riveraines des pertuis charentais et vendéens.

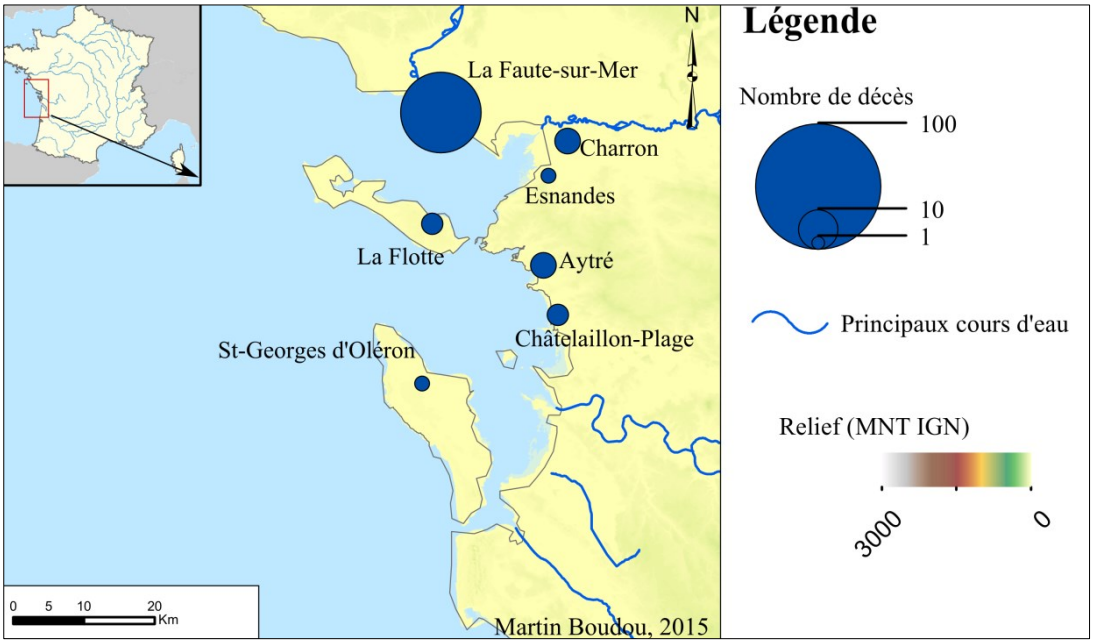


Figure V.11 Localisation par commune des décès liés aux inondations de février 2010

L'analyse des décès par commune révèle deux principaux schémas de la variabilité spatiale de la mortalité. En premier lieu, la mortalité peut s'organiser sur des territoires bien délimités, questionnant la présence de « poches de mortalité » tels que la commune de Moissac en mars 1930 ou de la Faute-sur-Mer en février 2010. A l'inverse, la mortalité peut être plus diffuse le long des différents bassins versants affectés comme en octobre 1940 ou en janvier 1980.

► L'intérêt d'une géolocalisation plus fine : exemple de Montauban (mars 1930)

La localisation des décès à l'échelle communale est intéressante dans la mesure où l'information des victimes à ce niveau spatial est fréquemment renseignée. Pour certains évènements, en fonction de l'information disponible, il est possible d'avoir une vision plus nette des décès en géo-localisant le lieu de décès à une échelle infra-communale. La Figure V.12 illustre la localisation fine des décès répertoriés à Montauban suite aux inondations de mars 1930. Cette cartographie, calquée sur un fonds de carte ancien afin d'avoir une idée de l'extension du bâti, montre le nombre important de victimes sur la rive gauche de Montauban et plus précisément dans le quartier de Villebourbon et des hameaux situés en banlieue du centre-ville (Saraillé, Cammas et Bourdens). L'important nombre de victimes dans ces secteurs de la cité révèle sa forte exposition durant les inondations de mars 1930. L'attention des autorités, initialement focalisée sur le quartier de Sapiac (situé à la confluence du Tescou et du Tarn, en contrebas du centre-ville sur la rive droite), fut rapidement détournée vers Villebourbon. Submergés par la hauteur exceptionnelle de la crue du Tarn, le quartier et ses alentours sont en effet complément isolés du reste de la cité (Blanc, 2002), prenant au piège de nombreux habitants.

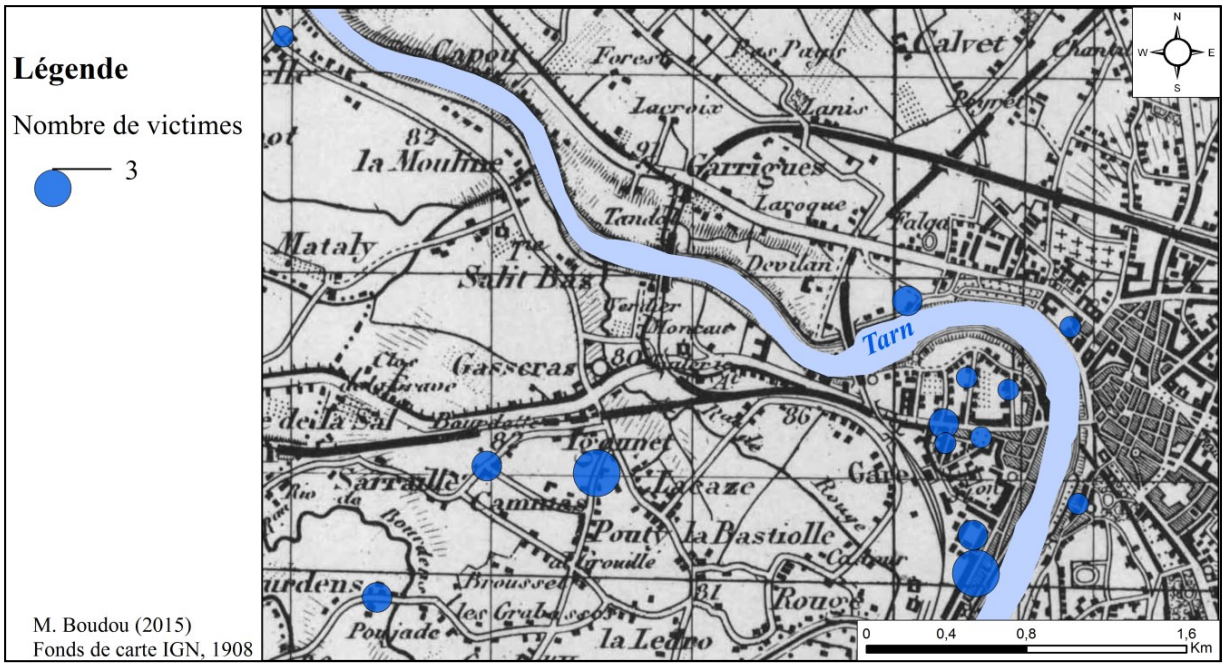


Figure V.12 Géolocalisation de 29 des 31 décès relevés à Montauban lors de l'inondation de mars 1930

A travers l'exemple de Montauban en mars 1930, la localisation des victimes à l'échelle infra-communale permet de dégager des pistes quant à l'exposition des enjeux et aux circonstances de décès lors d'un évènement remarquable d'inondation. Cette information spatiale doit néanmoins être associée aux caractéristiques temporelles du décès ainsi qu'au profil des victimes.

2.3.3. Une mortalité qui s'articule autour de plusieurs échelles

La visualisation spatiale des décès par évènement met en évidence de fortes variations d'un évènement à un autre. Malgré cette hétérogénéité spatiale et à l'exception du cyclone Hyacinthe, des « poches » ou des zones de forte mortalité se distinguent. Ces dernières fluctuent néanmoins selon le niveau spatial choisi lors de la représentation. L'échelon communal pointe ainsi du doigt la forte mortalité des décès à Moissac en 1930 et à la Faute-sur-Mer en 2010. Dans une même optique, l'appréciation des décès à l'échelle départementale illustre l'accumulation des victimes des évènements de 1930 et 1999 dans les départements du Tarn-et-Garonne et de l'Aude. Une répartition selon les bassins versants (permettant une localisation des décès sur une dimension physique du territoire) montre la concentration des victimes dans le bassin versant du Tech lors des inondations d'octobre 1940 (54 sur 57 répertoriées) ou encore du Tarn lors des inondations de mars 1930.

La perception de foyers de mortalité met en évidence l'endommagement de certains territoires et offre des pistes de réflexion afin d'identifier les facteurs responsables de cette forte mortalité. La notion de foyer de mortalité varie cependant selon l'échelle spatiale considérée lors de l'analyse, illustrant les différents niveaux sur lesquels s'articule l'évènement remarquable ainsi que les effets d'échelles du système de production. Les niveaux considérés ici sont relatifs à une échelle relativement large (commune ou bassin versant). La

géolocalisation du décès à l'intérieur du périmètre communal, parfois difficile à déployer dans le cadre d'une étude rétrospective, demeure néanmoins l'information la plus fine permettant d'étudier les facteurs de mortalité.

2.4. Temporalité des décès répertoriés

2.4.1. Répartition saisonnière des décès

L'information temporelle du décès offre de nombreux intérêts. Au même titre que les informations relatives à la distribution spatiale, celle-ci peut être observée sous différentes échelles. C'est tout d'abord au niveau de la saison d'occurrence. En fonction de la saisonnalité de l'évènement, induisant des paramètres spécifiques de l'aléa hydrologique, des périodes plus enclines à engendrer des victimes peuvent être distinguées. C'est par exemple le cas des crues méditerranéennes en automne, régulièrement à l'origine de nombreux décès, ou encore celui des inondations hivernales marquées par une faible température de l'eau accentuant les risques d'hypothermie des victimes (Jonkman *et al.*, 2008). Ce facteur a notamment été évoqué pour Xynthia. La température de l'eau, alors comprise entre 5 à 10 C°, ne laisse en effet qu'entre une heure et une heure et demie de chance de survie pour l'individu (FENVAC – SOS Catastrophes & Terrorisme, 2014, témoignage d'un médecin légiste lors du procès de Xynthia).

Dans le cadre d'une étude comparative telle que la nôtre, avec un faible échantillon et de nombreux types d'inondations, le niveau d'interprétation relatif à l'échelle saisonnière s'avère rapidement d'un intérêt limité. Apprécier la mortalité en fonction de la saison d'occurrence de l'inondation semble effectivement être davantage adapté à une étude régionale, centrée autour d'un même type d'inondation.

2.4.2. Répartition journalière

Un autre niveau d'interprétation de la temporalité des décès réside dans la distribution hebdomadaire des victimes. A partir de cette information, une interrogation est possible quant aux journées marquées par une plus forte mortalité. Les décès liés à des évènements remarquables ont-ils par exemple tendance à avoir lieu hors jours-ouvrables ? Afin de répondre à cette question, un recensement de la journée du décès a été réalisé lorsque l'information était documentée (Tableau V.8). Les décès liés aux inondations de janvier 1980 à la Réunion sont intervenus durant près de 12 jours, du 18 au 30 janvier (Figure V.13). La répartition journalière de la mortalité illustre une certaine diffusion temporelle des victimes, malgré un pic le 28 janvier 1980 avec 10 décès. La forte mortalité de ce jour s'explique par le glissement de terrain à Grand-Ilet dans la commune de Salazie, responsable de la mort des 10 personnes d'une même famille. A l'inverse du cyclone Hyacinthe, les autres évènements remarquables se caractérisent par une brève temporalité. C'est notamment le cas de Xynthia, à l'origine de la totalité 41 décès par submersion dans la nuit du samedi 27 au dimanche 28 février 2010.

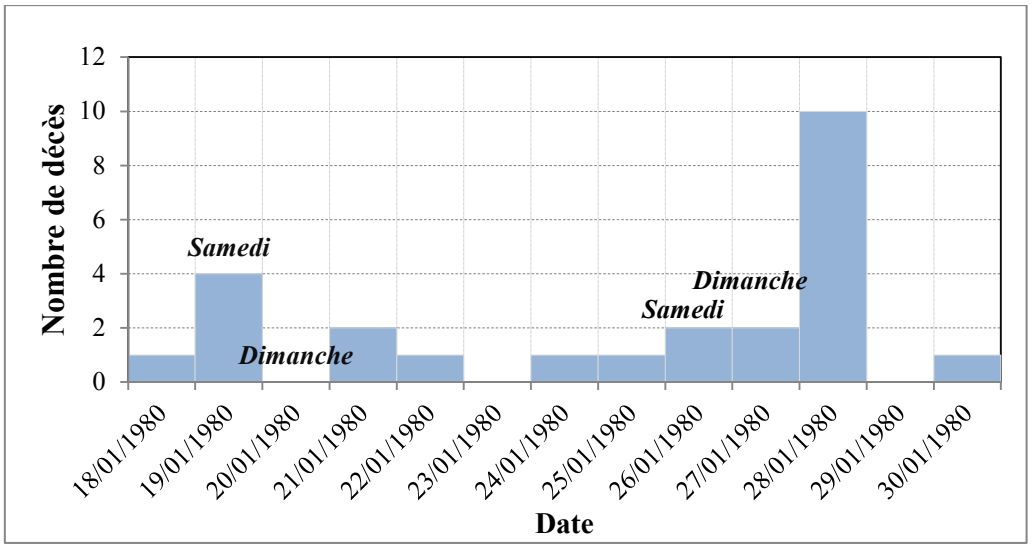


Figure V.13 Répartition journalière des décès lors du cyclone Hyacinthe (janvier 1980)

2.4.3. Répartition circadienne des victimes

Une fois identifiée la date d'occurrence du décès avec plus ou moins de précision, il est intéressant d'approcher l'échelle infrajournalière afin de la relier au contexte temporel précis lors de sa survenance. Les décès lors d'évènements remarquables s'opèrent-ils plutôt la nuit, ou bien dans la journée ? Pour quelles raisons ?

La qualité et la quantité des informations relatives à la tranche horaire de décès demeurent fortement variables selon l'évènement étudié. Dans certains cas, cette information peut être tout simplement absente. Pour d'autres, l'heure renseignée peut correspondre à l'heure où le corps de la victime fut retrouvé et ne correspond pas forcément à celle de l'accident mortel. En tenant compte de ces limites, le travail de synthèse a toutefois permis d'approcher l'heure approximative d'une partie des décès rencontrés lors d'évènements remarquables d'inondations.

De façon à illustrer l'importance de ce paramètre, un zoom est effectué sur l'inondation d'octobre 1940 (Tableau V.5). A partir des témoignages relatés dans les ouvrages de presse (Battle et Gual, 1981), il est possible d'apprécier l'heure de la grande majorité des décès relevés alors (47 sur 57 victimes au total). La répartition circadienne montre la forte prédominance des cas de décès survenus la nuit (73%) et plus précisément de 18 heures à 24 heures (63% des décès total). Cette mortalité accrue durant cette courte période offre des pistes de réflexion pour explorer les paramètres explicatifs : cette mortalité est-elle uniquement liée à l'heure du pic d'intensité hydrométéorologique ou révèle-t-elle à l'inverse une plus forte vulnérabilité de la population en fin de journée ?

Tranche horaire	Nombre de victimes	Pourcentage du total
0 à 6 heures	6	10 %
6 à 18 heures	5	9 %
18 heures à 24 heures	36	63 %
Pas ou peu d'information	10	18 %

Tableau V.5 Répartition circadienne des décès lors de l'évènement d'octobre 1940

2.5. Analyse des causes et circonstances de décès

2.5.1. Classification des causes et circonstances de décès

En accord avec Antoine *et al.* (2001), une fois le lieu et l'espace du décès définis, se pose ensuite la question du « comment » et donc des causes cliniques et des circonstances de décès. Définir ces variables de la mortalité impose de faire des choix méthodologiques lors de l'établissement de la classification. Dans le cadre de notre étude, nous nous sommes fondés sur les critères de la BD Vict-In établie par Boissier (2013) inspirée des travaux de Jonkman et Kelman (2005b). Les causes des décès correspondent tout d'abord aux raisons cliniques du décès à savoir :

- Par noyade,
- Par traumatisme physique,
- Par crise cardiaque,
- Par électrocution,
- Lors d'un incendie,
- Par intoxication au monoxyde de carbone,
- Par des causes *autres* telles que l'hypothermie, l'hydrocution, des maladies d'ordre physiques ou psychologiques survenant après l'inondation, des cas de suicides durant l'évènement, etc.

Dans un même ordre d'idée quatre circonstances principales de décès sont identifiées :

- Les décès intervenant à domicile : dans le bâtiment ou à l'extérieur (jardin…),
- Les décès intervenant dans un bâtiment autre que le domicile (lieu de travail, camping…),
- Les décès à l'extérieur : en tant que piéton ou en véhicule (voiture, train),
- Les décès liés à des opérations de sauvetage (n'agissant pas sur la même temporalité que les cas précédents, ces décès constituent néanmoins une cause spécifique de mortalité qui mérite une attention particulière).

A ces différentes circonstances, liées au lieu de survenance du décès, des informations complémentaires par évènement peuvent être associés de façon à affiner l'analyse. Il s'agit par exemple du type d'aléa à l'origine du décès ou encore de circonstances particulières liées au territoire ou à l'aléa.

2.5.2. Des causes de décès peu renseignées

Si le nombre de victimes ou les circonstances de décès sont fréquemment précisées, les sources documentaires relatent rarement l'explication clinique du décès. Cela s'explique par une appréhension difficile de cette information qui relève généralement du secret médical. Malgré cette limite, certaines informations transparaissent parfois sur certaines victimes, en particulier lors d'évènements récents. Ainsi, le médecin légiste qui témoigne lors du procès de Xynthia à l'automne 2014 mentionne que la noyade primaire est la cause de décès pour 26 des 29 victimes de la Faute-sur-Mer (FENVAC – SOS Catastrophes & Terrorisme, 2014b). Pour les trois victimes restantes le médecin incrimine d'autres causes cliniques telles que l'hydrocution ou l'hypothermie.

2.5.3. Panorama des circonstances rencontrées lors d'évènements remarquables

Contrairement aux causes, des descriptions précises des circonstances de décès sont souvent associés aux évènements d'inondations tels qu'octobre 1940 ou janvier 1980. Pour certains évènements liés à un grand nombre de victimes cette information est néanmoins plus incertaine. C'est par exemple le cas de mars 1930 ou de décembre 1959. Pour ces évènements, l'analyse peut néanmoins s'appuyer sur les témoignages de rescapés pour distinguer les principales circonstances des décès. Afin d'illustrer l'apport de l'information relative aux causes de décès, un zoom est ici effectué sur les évènements pour lesquels cette information est renseignée.

► Victimes des inondations d'octobre 1940 : prédominance des décès au domicile

Au total, le croisement des sources documentaires a permis de voir que l'évènement d'octobre 1940 est à l'origine de 57 victimes. Les circonstances de décès pour 53 d'entre elles sont visualisables sur la Figure V.14.

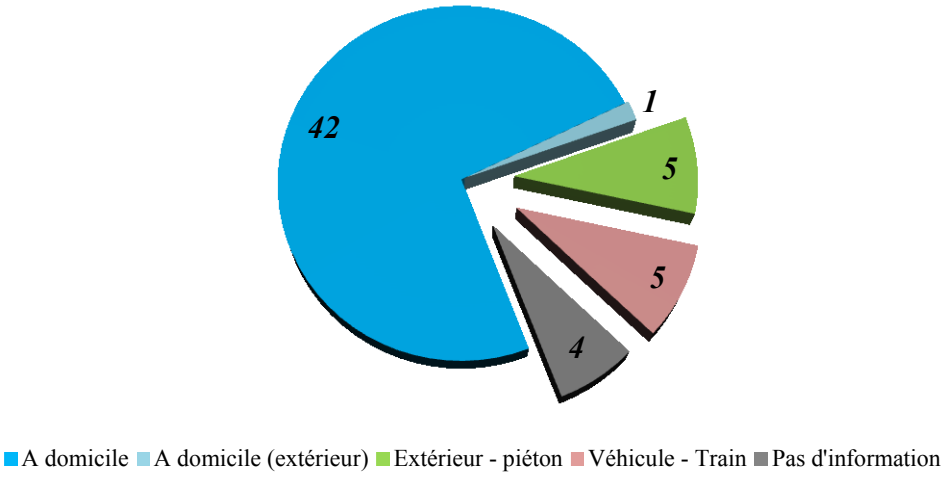


Figure V.14 Circonstances de décès des victimes des inondations d'octobre 1940

La répartition des circonstances de décès offre en premier lieu le constat de la large prédominance des décès survenus au lieu d'habitation. Près de 42 décès sont recensés dans le bâtiment et 1 à l'extérieur du domicile. Cette forte prédominance des décès au domicile est à relier avec les nombreuses destructions de bâtiments, vulnérables face à la pression de l'eau chargée en matériaux solides. En second lieu, 5 cas de décès correspondent à des décès à l'extérieur en tant que piétons : 2 d'entre eux surviennent lors de la traversée d'un ruisseau en crue au lieu-dit de Bénat dans la commune de Le Tech (Ribes, 1982). Enfin, 5 victimes sont attribuables à un accident de train de la ligne d'Elne à Palau-del-Vibre, englouti dans un gouffre lors de son passage au matin du 18 octobre (Battle et Gual, 1981). Il est intéressant de souligner qu'un accident de train relativement similaire a eu lieu en Catalogne Espagnole durant ce même évènement : un pont sur la ligne Barcelone-Torello s'est effondré, entraînant le décès d'au moins deux voyageurs.

► Circonstances de décès lors de l'évènement de janvier 1980 : une part importante de décès à l'extérieur

Les circonstances de décès de janvier 1980 sont sensiblement différentes de celles rencontrées en octobre 1940 (Figure V.15). Au total, parmi les 25 décès imputables à l'évènement, 13 surviennent à domicile lors de glissements de terrain. Les 12 autres ont lieu à l'extérieur en tant que piéton. Parmi ces 12 cas de décès, la moitié est liée à des personnes emportées lors de la traversée d'un radier submergé. Cette cause récurrente de mortalité est pointée du doigt par les autorités comme l'un des principaux facteurs explicatifs du lourd bilan humain imputable au passage du cyclone Hyacinthe (Le Quotidien, 1980).

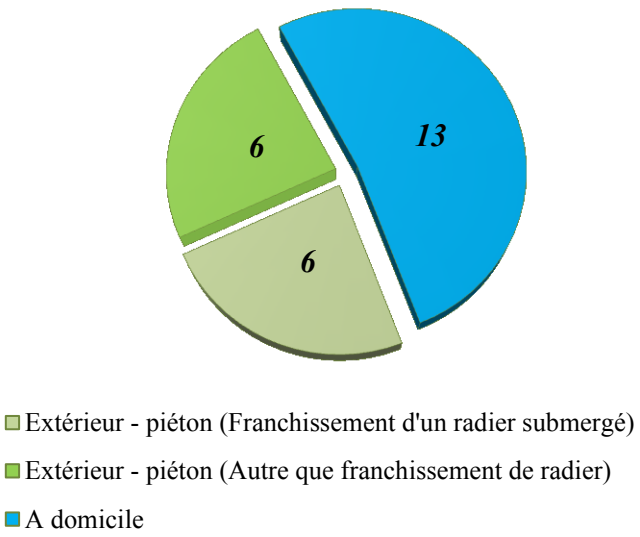


Figure V.15 Circonstances de décès du cyclone Hyacinthe (janvier 1980)

► Une large palette de circonstances de décès offrant des pistes de réflexion

L'exemple des victimes imputables aux inondations d'octobre 1940 et janvier 1980 a mis en lumière la diversité des circonstances de décès rencontrées lors de deux évènements remarquables d'inondation. Parmi le panel d'évènements sélectionnés, l'analyse de la mortalité

a en effet révélé que ces circonstances peuvent sensiblement varier d'un évènement un autre. Les décès de mars 1930 et de février 2010 ont principalement lieu au sein du domicile à l'instar d'octobre 1940. A contrario, les décès de janvier 1980 sont principalement liés à des déplacements, piétons ou en véhicule dans le cas de 1999. Cette hétérogénéité des circonstances permet de questionner les facteurs à l'origine de la mortalité propres aux évènements d'inondations. Par exemple, ces différences résultent-elles du contexte spatial et temporel et des caractéristiques de l'aléa ou bien sont-elles également à relier avec les paramètres socio-économiques du territoire ?

2.6. Le profil des victimes : une information complémentaire

2.6.1. Des informations relatives à l'individu

Un dernier échelon d'analyse pour l'étude de la mortalité réside dans le renseignement des caractéristiques de la victime. Ces informations sont directement reliées aux facteurs de vulnérabilité individuelle de la population affectée. Cinq paramètres principaux ont été identifiés :

- L'âge,
- Le genre,
- La présence d'un handicap (physique, mental) ou de troubles psychologiques (dépression),
- L'origine géographique de la personne,
- Les caractéristiques socio-économiques ou culturelles de la personne (niveau de revenus, expérience du risque, composition du foyer….).

De nombreux auteurs ont appuyé l'importance des variables propres à la personne décédée pour l'étude de la mortalité (Jonkman *et al.*, 2008). Certains de ces paramètres, mentionnés ci-dessus, sont plus aisément renseignés. Le genre est connu pour la grande majorité des décès répertoriés et le critère relatif à l'âge est également renseigné de façon systématique à l'exception des évènements de 1910, 1947 et 1959. Les autres variables, souvent méconnues et difficilement quantifiables, se révèlent toutefois moins faciles à étudier dans le cadre d'une approche rétrospective étendue à différents niveaux spatiaux-temporels. Il s'agit par exemple du « vécu » de l'individu face à l'inondation déterminant en partie sa conscience du danger. Bien que ces caractéristiques entrent en jeu afin d'expliquer la vulnérabilité de la personne, elles demeurent néanmoins complexes à analyser dans notre étude et ne seront donc appréhendées qu'indirectement par des exemples ponctuels reposant sur des cas particuliers.

2.6.2. Âge et genre des victimes lors d'évènements remarquables

► Genre des victimes rencontrées lors des neufs évènements remarquables

Le renseignement de la base de données permet de connaître le genre des victimes lors des inondations étudiées (Figure V.16). Parmi les 849 cas de décès recensés, l'analyse par genre révèle que près de 44% des victimes sont des femmes et 47% des hommes. Ces chiffres dressent une mortalité légèrement supérieure des individus de sexe masculin, allant dans la direction de certains auteurs attestant de la plus forte mortalité des hommes lors d'inondations (Jonkman et Kelman, 2005a, Jonkman *et al.*, 2009, Boissier, 2013). L'une des hypothèses afin d'expliquer cette légère surmortalité réside notamment dans la prise de comportements à risque, sur laquelle nous reviendrons plus tard. Ce constat doit cependant être nuancé par le faible écart entre les deux genres ainsi que par le nombre conséquent de victimes où l'information relative au genre n'a pas été trouvée (9% du total), en particulier pour Malpasset. Des différences de répartition par genre entre évènements d'inondation peuvent également exister, montrant la nécessité d'une analyse plus fine.

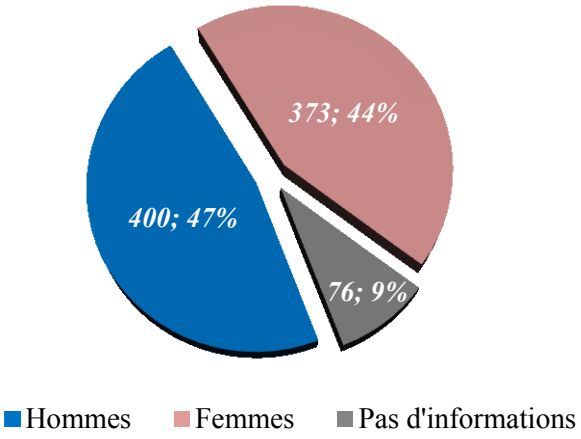
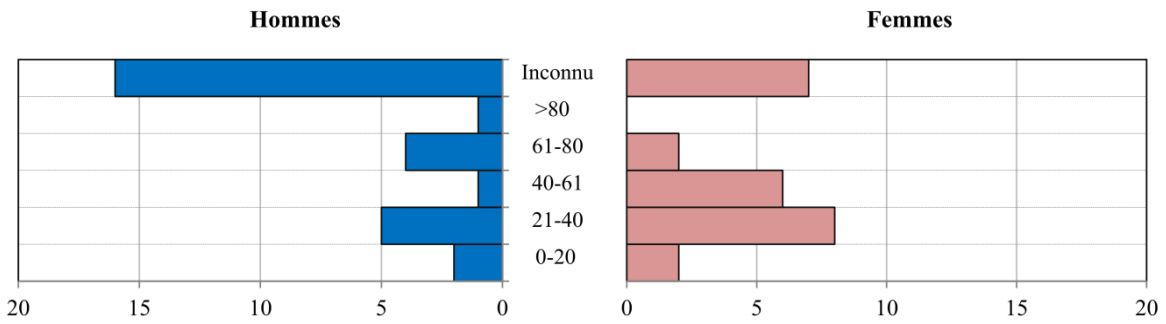


Figure V.16 Répartition des victimes d'inondations remarquables par genre

De manière à illustrer les profils de victimes rencontrés lors d'évènements remarquables d'inondations, il est possible d'associer le genre de la victime à son âge. Ces informations sont disponibles (partiellement) pour deux évènements : octobre 1940 et janvier 1980.

► Profil des victimes d'octobre 1940 : de faibles tendances

Le renseignement des profils des victimes des inondations d'octobre 1940 dans les Pyrénées-Orientales est représenté sur la FigureV.17. Pour cet évènement, les informations relatives au genre ont été renseignées pour 54 des 57 victimes recensées soit la grande majorité. Celles concernant l'âge sont moins nombreuses et ont été documentées pour seulement 31 des 57 victimes (soit un peu plus de la moitié du bilan final).



FigureV.17 Pyramide des âges des décès d'octobre 1940

La répartition des victimes illustre dans un premier temps une mortalité légèrement plus forte des hommes que des femmes. Les décès correspondant à des personnes de sexe masculin représentent en effet 29 du nombre total de victimes contre 25 pour les femmes. La répartition par âge illustre la forte mortalité des femmes dont l'âge se situe entre 21 à 61 ans (14 soit environ 25% du nombre total de victimes). L'âge des victimes masculines marque quant à lui un pic de mortalité pour les tranches d'âges supérieures de 21 ans à 40 ans et 61 ans à 80 (respectivement 5 et 4 victimes). Au vu de ces constats, les résultats apportés par le renseignement des victimes d'octobre 1940 semblent indiquer une plus forte mortalité des personnes d'âge moyen, permettant de s'interroger sur les raisons de cette plus forte mortalité. Ces conclusions méritent toutefois d'être nuancées au vu de la taille de l'échantillon (qui peut masquer des tendances), et devraient également être mises au regard d'autres paramètres tels que l'âge médian de la population du territoire affecté. Malheureusement, les données disponibles sur l'INSEE concernant la structure de la population ne sont pas disponibles avant 1970, ne permettant pas d'acquérir cette information.

► Cyclone Hyacinthe, janvier 1980 : une forte proportion d'hommes jeunes

Au vu de la précision des informations récoltées, l'examen du profil de l'ensemble des 25 personnes décédées lors du cyclone Hyacinthe est possible (Figure V.18).

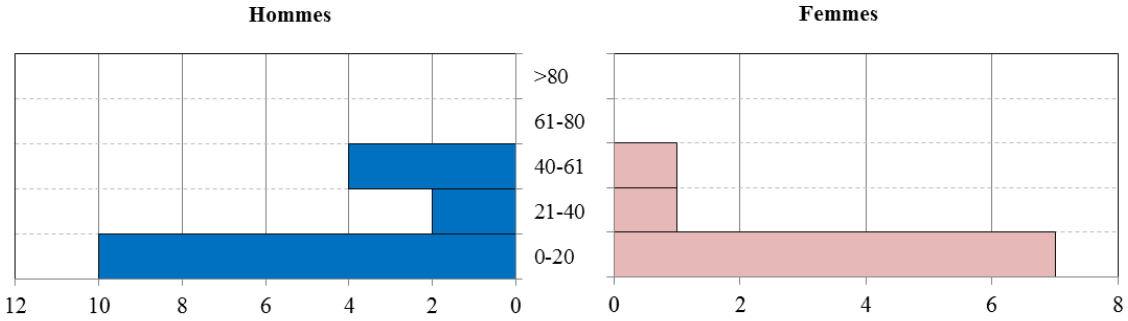


Figure V.18 Pyramide des âges des décès imputables au cyclone Hyacinthe (janvier 1980)

La pyramide des âges ci-dessus permet de constater la plus forte mortalité des hommes lors du cyclone Hyacinthe : 16 soit 64% du nombre total de victimes. Le second niveau d'analyse, relatif à l'âge, montre la forte proportion des victimes jeunes qui représentent environ 68% des décès. Ce constat est cependant en partie biaisé par l'importante que revêtent les glissements de terrain. En excluant les 11 victimes imputables à ces phénomènes (qui peuvent

être considérés comme de moindre intérêt dans le cadre de notre étude de la mortalité lors d'inondations), la part des victimes dont l'âge est inférieur à 21 ans passe de 64 à 42% du bilan total de décès, tendant à atténuer le constat d'une forte mortalité chez les plus jeunes. Cette opération permet à l'inverse d'attester la forte mortalité des hommes durant cet évènement (71% du nombre total de décès liés au phénomène d'inondation).

L'analyse de la structure de la population est intéressante à considérer afin d'étudier le caractère en apparence exceptionnel de la proportion d'individus de moins de 20 ans décédés durant Hyacinthe. La population de la Réunion lors du passage de Hyacinthe est jeune : en 1982, les individus de moins de 20% constituent près de 49% de la population de l'île (Sandron, 2007). Cette structure particulière s'explique par un taux de fécondité sensiblement plus élevé à La Réunion qu'en métropole, malgré une baisse à partir des années 1980. Cette structure de la population tend ainsi à relativiser la plus forte mortalité des jeunes.

3. Facteurs explicatifs de la mortalité lors d'évènements remarquables

A partir des données récoltées et décrites lors de la partie précédente, une analyse croisée des caractéristiques de la mortalité est réalisée de façon à déterminer les facteurs de mortalité lors d'un évènement remarquable d'inondation. Plusieurs pistes de réflexion sont explorées : tout d'abord la relation (nécessaire) entre aléa hydrométéorologique et mortalité, puis le rôle de la vulnérabilité et de l'exposition du bâti, et enfin l'importance de la gestion de crise.

3.1. Croisement entre indicateurs de l'aléa et mortalité

Il s'agit dans un premier temps de revenir sur le lien existant entre intensité de l'aléa hydrométéorologique et nombre de victimes imputables à un évènement d'inondation. Jonkman *et al.* (2009) identifient trois principales caractéristiques physiques de l'inondation entrant en jeu dans le processus de mortalité lors d'un évènement :

- la vitesse du courant, susceptible d'augmenter l'instabilité de la personne une fois dans l'eau,
- la hauteur d'eau, facteur déterminant lors de cas de décès par noyade (en particulier à domicile),
- la rapidité de submersion, qui conditionne le délai de mise en sûreté face au danger.

A ces paramètres, nous ajouterions la température de l'eau et le rôle du transport solide qui peuvent s'avérer déterminants (section 2.4.1).

3.1.1. Lien entre intensité hydrologique et localisation des victimes

► Mars 1930 : une concentration des victimes dans la partie inférieure du Tarn

Le chapitre IV (section 2.3.4.) a montré que la période de retour associée au débit instantané maximal constitue un bon indicateur de l'intensité atteinte par l'aléa hydrologique. Le travail de localisation des victimes imputables à l'évènement de mars 1930 a permis d'établir une cartographie de leur répartition par commune, à laquelle peut être superposée celle des périodes de retour (Figure V.19).

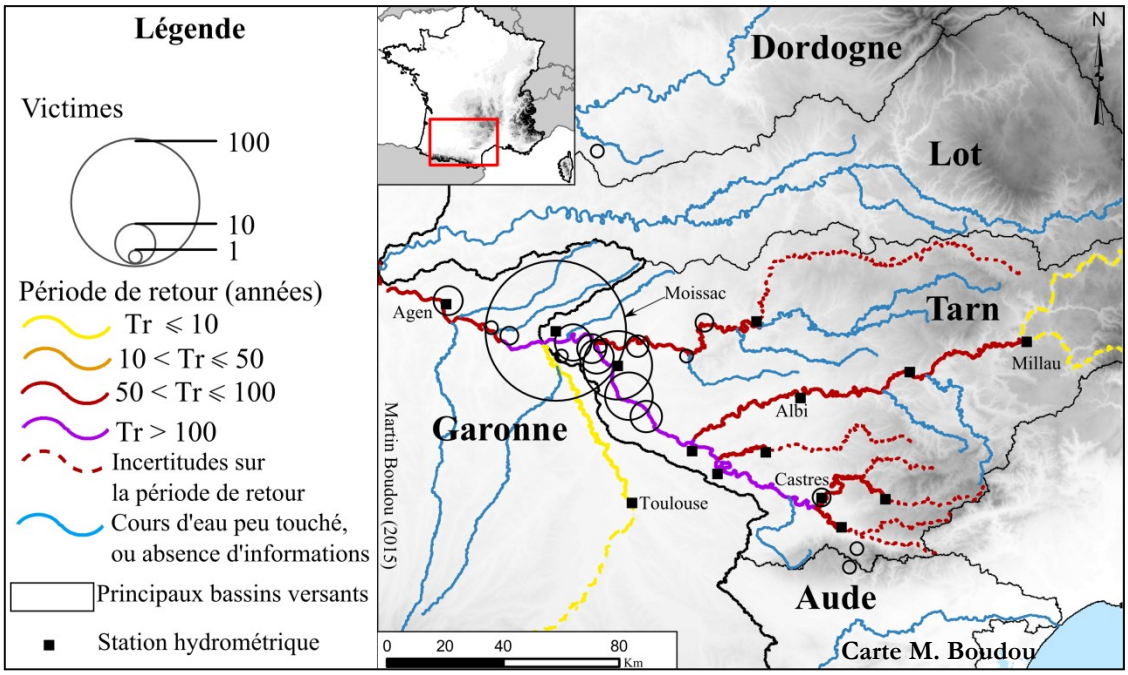


Figure V.19 Périodes de retour et nombre de victimes durant l'évènements de mars 1930

Sur l'ensemble des données récoltées, la représentation spatiale montre que les victimes dont la localisation est connue ont été répertoriées le long de rivières touchées par des inondations dont la période de retour excède 50 ans, illustrant la corrélation entre ces deux paramètres. Ce constat est d'autant plus frappant dans la partie aval des bassins du Tarn et, dans une moindre mesure, de l'Agout, tous deux caractérisés par des périodes de retour significativement supérieures à 100 ans. En effet, 212 des 230 victimes recensées durant cet évènement ont été localisées dans les communes voisines de ces deux cours d'eau (soit 92 % du nombre total de décès). La répartition spatiale des victimes sur le territoire doit toutefois tenir compte de la densité de population lors de l'évènement, de façon à ne pas dégager de fausse tendance et simplement révéler les foyers d'exposition des territoires affectés. Afin de prendre en compte cette limite, une carte recoupant densité de population et nombre de victimes a été réalisée (Figure V.20). Les recensements de populations de 1926 illustrent une absence de corrélation évidente entre décès et densité. A l'exception de la commune de Montauban, qui compte 29 victimes et une densité relativement importante pour l'époque (211 habitants/km^2), les espaces de mortalité ne semblent pas imputables à la densité d'occupation du territoire. Ce constat, qui tend à appuyer le poids de l'intensité de l'aléa hydrologique dans le processus de mortalité, devrait toutefois faire l'objet d'une étude plus fine à l'échelle infra-communale en vue d'identifier la densité de population dans la zone exposée. Cette opération est néanmoins difficile à réaliser sur l'ensemble de l'évènement par manque d'informations disponibles pour restituer l'occupation du territoire de l'époque mais soulève des perspectives pour de futurs travaux d'analyse.

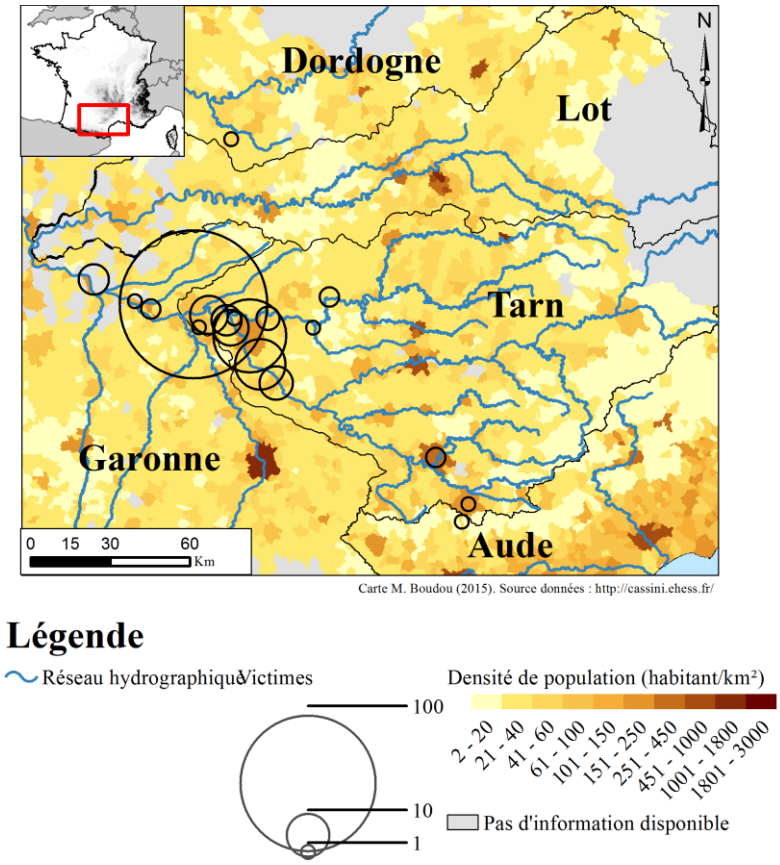


Figure V.20 Densité de population (recensement de 1926) et nombre de décès des inondations de mars 1930 (Source : Recensements issus de site du site des « Villages de Cassini aux communes d'aujourd'hui[52])

► Une constance lors d'évènements remarquables d'inondations ?

A l'instar de mars 1930, la localisation des victimes le long des cours d'eau/littoraux affectés par de faibles probabilités d'occurrence (au moins équivalente ou supérieure à 100 ans) semble être un schéma récurrent pour l'ensemble des évènements remarquables d'inondations étudiés. C'est par exemple le cas de Xynthia en 2010, où les 41 victimes attribuables aux submersions se concentrent autour des pertuis charentais et vendéens. Or cette zone connaît alors les plus hauts niveaux marins de pleine mer, dont la fréquence d'occurrence est nettement supérieure à 100 ans selon l'analyse des relevés marégraphiques (Chapitre IV, section 2.3.4., Figure IV.18). Un constat similaire peut être établit à propos des inondations d'octobre 1940. Durant cet évènement, la grande majorité des victimes sont liées à des submersions de cours d'eau dans les hautes vallées du Tech et de la Têt affectées par des crues dont la période de retour dépasse nettement 100 ans.

Pour certains évènements ou décès, la relation entre période de retour hydrologique et nombre de victimes apparaît cependant moins évidente. Par exemple, les décès imputables au cyclone Hyacinthe en janvier 1980 et aux inondations de novembre 1999, plus diffus spatialement que pour les autres évènements (Figure V.9 et Figure V.10), ne se situent pas

[52] URL : http://cassini.ehess.fr/

systématiquement à proximité des plus fortes périodes de retour. Cette faible corrélation peut résulter d'une part d'un aléa meurtrier défini par une typologie autre qu'un simple phénomène classique d'inondation par débordement de cours d'eau (glissement de terrain, coulée de boues ou encore rupture d'ouvrages) et d'autre part par le fait que ces décès interviennent sur de petits bassins versants qui font rarement l'objet de relevés hydrométriques (Vannier, 2013). Pour les cours d'eau de ces bassins, marqués par une forte réactivité face à l'épisode pluvieux lié à un faible temps de réponse, la période de retour du débit instantané n'est pas facilement accessible et n'est pas toujours un indicateur adapté pour éclairer les causes de la mortalité.

3.1.2. Seuil de précipitations et mortalité

La relation entre l'intensité des cumuls précipités et la localisation des victimes peut permettre de mettre en évidence des décès dont l'origine n'est pas directement imputable à l'intensité du phénomène hydrologique mais résulte davantage de l'intensité pluviométrique de l'épisode déclencheur. C'est par exemple le cas de victimes décédées suite à des phénomènes de glissements de terrain ou lors d'inondations par ruissellement. Pour illustrer ce lien entre cumuls de pluie et mortalité, nous pouvons mentionner la cartographie établie par le CETE Méditerranée (2012) au sujet des inondations de juin 2010 dans le Var. Deux schémas spatiaux de décès y sont mis en évidence. L'un correspond au secteur aval du bassin de l'Argens, autour des communes de Roquebrune et Fréjus (et dont les victimes résultent de débordement de cours d'eau). L'autre est situé plus en amont, dans une zone concernée à la fois par des débordements mais aussi par de forts ruissellements. Si cette cartographie n'est pas l'objet d'une interprétation dans le dit-rapport, elle permet toutefois de penser que les victimes relevées dans la seconde zone résultent davantage de phénomènes de ruissellement en versant.

► Phénomènes de crues rapides et ruissellement intense : exemple de novembre 1999

Pour mettre en évidence l'importance du cumul de pluie sur la mortalité, nous présentons en Figure V.21, une cartographie croisée de la lame d'eau et du nombre de victimes imputables à l'évènement de novembre 1999. Bien que relativement diffuse à l'exception d'un foyer de mortalité dans les basses-plaines, la distribution spatiale des décès relevés suit la forme du noyau d'intensité des cumuls précipités lors de cet évènement : la majorité d'entre eux ont eu lieu au sein de l'isohyète 300 mm (cumuls sur 48 h). Cette coïncidence spatiale entre décès et précipitations souligne l'importance de l'intensité atteinte par les cumuls de pluies sur le nombre de victimes et la dangerosité des petits bassins versants lors de crues rapides d'origines méditerranéennes. En effet sur les 35 victimes attribuables à l'évènement de 1999, « *près d'une dizaine ont ainsi lieu dans des bassins de taille modeste, près d'une dizaine eurent lieu à proximité de petits ruisseaux locaux de quelques dizaines de km² seulement, parfois moins* » (Boissier et Vinet, 2009). Ces cas de décès doivent également être reliés à des comportements individuels inadaptés au risque, avec ici des déplacements motorisés. C'est le cas de 4 victimes relevées à Félines-Termenès surprises par le débordement du ruisseau de la Lyre (affluent de l'Orbieu)

alors qu'elles se trouvaient dans leur véhicule. De nombreux rescapés racontent la soudaineté de l'inondation qui les a pris au piège dans leurs automobiles.

« « *Je roulais à 70km/h à peine. Je n'ai rien vu, sinon une vague qui nous a balayés. On a flotté, et on est sortis de la voiture pour grimper aux arbres » raconte Christophe, l'un des naufragés de la plaine Narbonnaise, victime des torrents descendus des Corbières et du Minervois. Pendant plus de dix heures, lui et sa compagne sont restés perchés. Ils ont ainsi vu d'autres véhicules tomber dans le lit du torrent, puis les phares disparaître dans les flots boueux* » (Le Figaro, 15/11/1999).

Des circonstances similaires sont régulièrement mises en lumière lors d'inondations comme dans le Gard en septembre 2002 (Ruin, 2010) ou encore lors des inondations de mars 1930 :

« *Trois jeunes gens, descendant en automobile la côte de Litière, se sont précipités dans la Bonnette au lieu de Pouget. Des trois occupants du véhicule, l'un a pu se dégager et se hisser sur le capotage. On n'a pu l'approcher et le délivrer qu'après sept heures d'efforts ; mais ses deux amis n'ont pu être retrouvés et leurs corps ont été emportés par les eaux* » (L'Express du Midi, 07/03/1930a).

Cet aspect rappelle l'importance de l'aléa pluviométrique au sein de la mortalité, ainsi que la dangerosité des déplacements motorisés lors d'évènements hydrométéorologiques soudains. Dans les petits bassins versants, Boissier (2013) parle en ce sens du rôle prépondérant des comportements individuels au sein de la mortalité.

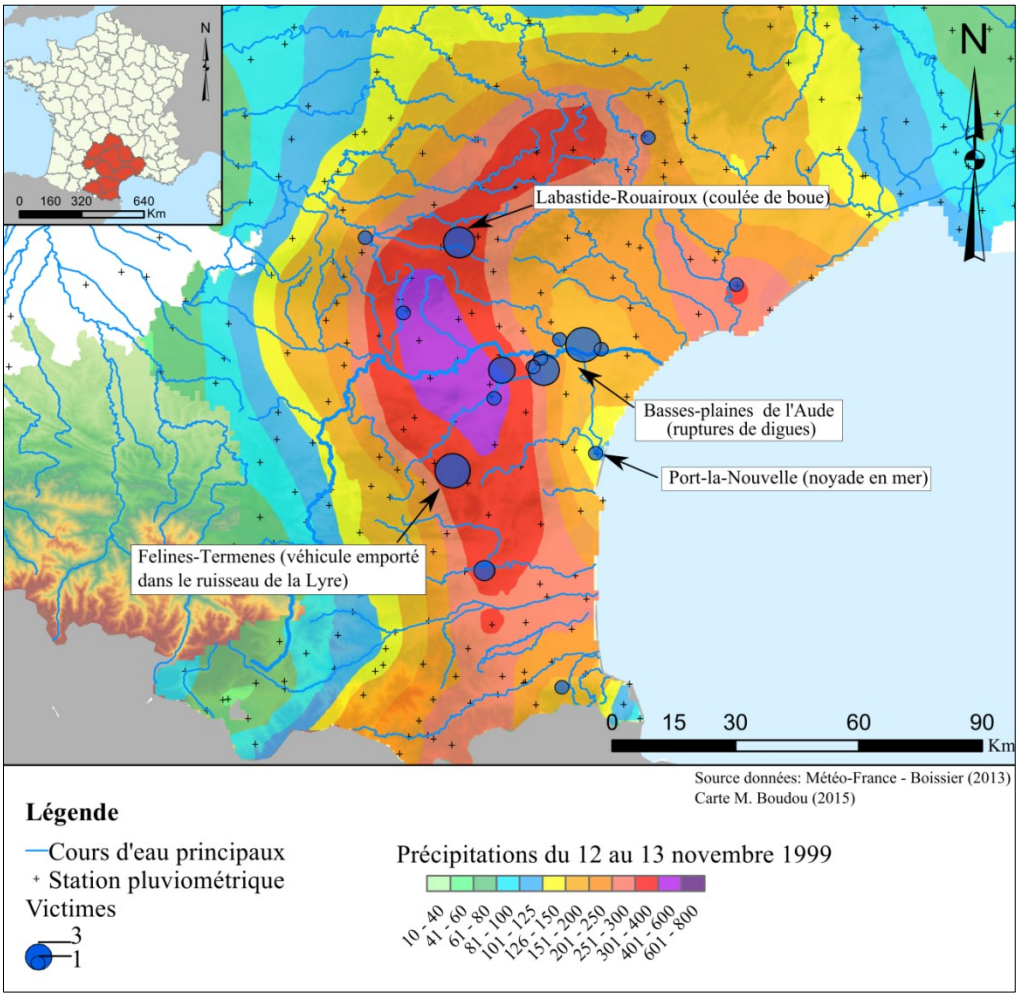


Figure V.21 Cumuls précipités et décès imputables de l'évènement de novembre 1999

► **Le lourd bilan des effets induits par l'aléa pluviométrique (glissements de terrain, coulées de boue)**

Parmi les effets associés à l'aléa pluviométrique les glissements de terrains, éboulements, et coulées de boue, figurent comme une cause importante de la mortalité lors d'inondations. Liés à la fois à l'intensité des cumuls lors de l'épisode, à l'état de saturation des sols ainsi qu'à la sensibilité naturelle du terrain, ces phénomènes sont souvent mentionnés comme à l'origine de victimes dans notre base de données. La grande majorité de ces décès survient au domicile de l'individu. En novembre 1999, 5 personnes vivant dans la commune de Labastide-Rouairoux dans la vallée du Thoré (Figure V.21) ont par exemple péri au sein de leur domicile, en grande partie détruit par une coulée de boue. Lors du cyclone Hyacinthe en 1980 plus de la moitié des victimes a péri lors de glissements de terrain :

- Trois enfants d'une même famille, emportés dans leur sommeil le soir du 19 janvier dans la commune de Petite-Ile au sud de l'île qui se trouve alors au centre de l'intensité pluviométrique (Service Météorologique de La Réunion, 1980),
- La famille Nourry composée de 10 personnes dont 8 enfants le 28 janvier à Grand-Ilet, dans la commune de Salazie, dans le cirque du même nom (Le Quotidien, 1980).

Ces drames collectifs mettent en exergue l'impact des glissements de terrain dans le bilan humain d'épisodes cycloniques à la Réunion (Jouanjean, 2011) ainsi que la vulnérabilité des habitations isolées situées dans la partie amont des ravines ou dans les cirques volcaniques, aux sols hautement érodables.

D'autres cas de décès liés à des phénomènes imprévisibles tels que les glissements de terrain figurent durant les évènements plus anciens. En décembre 1947, trois personnes se trouvant dans une ferme sont ensevelies par une coulée de boue à proximité de Saulxures-sur-Moselotte (Est Républicain, 1948). En octobre 1940, où de nombreux glissements de terrain furent recensés, un jeune homme a été emporté dans la vallée du Riu-Ferrer à Leca (Ribes, 1982). Enfin, lors des inondations de mars 1930, un homme fut emporté par un éboulement qui l'a précipité dans l'Arnette, alors qu'il se rendait à pied jusqu'à son travail à Mazamet en compagnie de deux collègues (Blanc, 2002).

3.1.3. Des évènements singuliers situés hors du cadre naturel

Parmi les évènements d'inondations figurant dans la sélection de l'EPRI, certains se distinguent nettement du fait de la singularité exceptionnelle de leurs caractéristiques physiques, à l'origine de nombreuses victimes. L'histoire est ponctuée de la trace de ces évènements meurtriers. C'est le cas de la rupture du barrage de Malpasset, à l'origine d'au moins 424 victimes. Dans la sélection de l'EPRI, il faut aussi noter la rupture du lac souterrain du glacier de la Tête-Rousse à Saint-Gervais (177 décès). A une échelle plus large se distinguent l'inondation de Grenoble en 1219 (générée par la rupture d'un barrage naturel dans la vallée de la Romanche) ou encore l'onde de submersion au droit du barrage de Vajont en Italie en 1963 créée par un glissement de terrain dans la retenue et à l'origine de 1921 morts (Guzzetti *et al.*, 2005). Pour ces évènements, l'aléa résulte de la création d'une onde de

débâcle soudaine, avec des hauteurs d'eau et des vitesses de propagation pouvant être considérées comme exceptionnelles. La spatio-temporalité qui les caractérise diffère également des autres évènements d'inondations. Le territoire endommagé dépasse rarement le périmètre de la commune tandis que l'aléa s'opère sur une durée *éclair* n'excédant guère celle de l'heure. Ces évènements sont singuliers et constituent des catastrophes hors-du-commun. Leurs caractéristiques en termes d'aléa et de dommages varient en effet sensiblement de celles d'inondations plus classiques (bien que celles-ci puissent également être une source de mortalité importante). L'intensité atteinte par l'aléa est telle qu'elle dépasse le contexte naturel de l'hydrologie et est à l'origine de dommages d'une extrême sévérité sur le territoire touché (destruction des habitations, fort taux de mortalité…), ainsi que de nombreux traumatismes pour les populations rescapées. Le récit à propos de la vague de Malpasset en décembre 1959 atteste de cet aléa avec une intensité sans commune mesure avec celle d'autres catastrophes naturelles :

« *Les aiguilles de l'horloge municipale de Fréjus connaissaient seule l'heure « H ». Lentement, comme si elles hésitaient devant leur responsabilité, elles martèlent neuf coups. Encore quelques minutes de répit pour les condamnés à mort. Soudain, un formidable coup de canon retentit. Le monstre aquatique ouvre sa gueule béante : 132 mètres de largeur, sur environ 62 mètres de hauteur. Vomissant un Niagara précédé d'un vent violent et glacial, la vague infernale, hydre démonique aux tentacules monstrueuses allait glorifier la Mort* » (Neyron, 1961).

Ce récit, bien que largement métaphorique, relate le franchissement de seuil de l'aléa lors de la rupture du barrage de Malpasset, ne laissant que peu de chances de survie aux populations exposées.

3.1.4. Appréciation de la mortalité de Malpasset : l'apport de modélisations

► Géolocalisation des victimes de Malpasset

Nous avons pu géolocaliser une partie des victimes imputables à la rupture du barrage de Malpasset (décembre 1959) grâce aux informations fournies par l'ouvrage de Neyron (1961), intitulé « Le drame de Malpasset ». Celles-ci sont représentées dans la Figure V.22 qui reprend le découpage géographique de Johnstone (2005), et sont superposées à la modélisation hydraulique du barrage de Malpasset. Quatre zones sont définies :

- la vallée amont du Reyran (zone 1), située juste en aval de l'ancien barrage et qui comprend notamment le hameau des mines de Bosson.
- la moyenne vallée du Reyran (zone 2), située entre la zone 1 et le débouché de la vallée dans le bassin aval de l'Argens. Elle est caractérisée par un type d'habitat dispersé et de nombreux bâtiments à usage agricole.
- le centre-ville de Fréjus et ses alentours (zone 3), qui correspond à l'ouest du centre ancien et à deux rues (avenue de Verdun et rue Henri Vadon) fortement impactées par la vague.
- la basse vallée et plaine de l'Argens, qui comprend le quartier urbanisé de Villeneuve et de Fréjus-plage au sud de l'agglomération, la base aéronavale et enfin un large secteur correspondant à l'estuaire de l'Argens dans les limites de la vague de submersion.

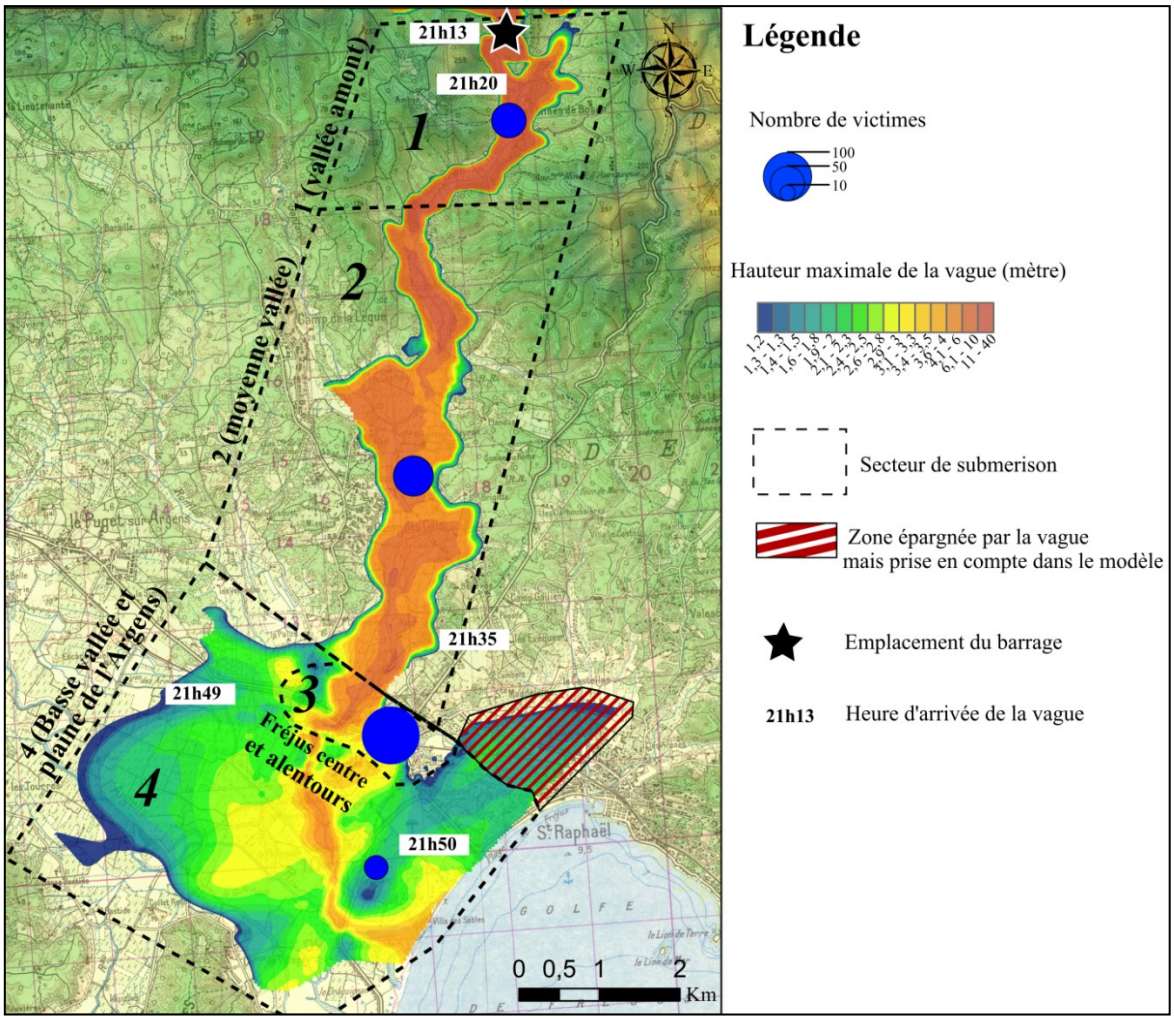


Figure V.22 Géolocalisation des victimes répertoriées dans Neyron (1961), modélisation hydraulique et chronologie de la vague de submersion de Malpasset (Fonds de carte IGN, 1951)

La cartographie offre trois principaux constats. Tout d'abord, les zones les plus impactées par ordre croissant du nombre de victimes sont : la zone **3** (161 victimes recensées), la zone **1** (68), la zone **2** (51) et enfin la zone **4** (24). La modélisation hydraulique illustre d'autre part l'importance des hauteurs de submersion atteintes. Celles-ci dépassent localement plus de 40 mètres dans la haute vallée (zone **1**), avant de décroitre progressivement jusqu'à l'embouchure (zone 4) avec des hauteurs situées entre 1 et 4 mètres. Le parcours du Reyran, en tant qu'axe de passage privilégié de la vague se découpe dans la cartographie avec des hauteurs supérieures à 3 mètres jusqu'à l'embouchure du fleuve côtier. Au total, la vague a mis un peu plus de 20 minutes pour parcourir la distance qui sépare le barrage de l'entrée de Fréjus (environ 7 km) et 37 minutes pour atteindre la base aéronavale au sud de Fréjus (environ 11 km). La corrélation entre intensité physique de l'aléa (hauteur et vitesse de propagation) et nombre de victimes ne ressort donc pas directement de la cartographie. Cela s'explique par l'inégale répartition de la population exposée au sein du périmètre impacté par la vague, et mérite d'être étudiée ici.

► Des modélisations de la vulnérabilité humaine et des paramètres physiques de l'aléa

La rupture du barrage de Malpasset, plus grande catastrophe d'ingénierie civile du XXe siècle en France, a fait l'objet de nombreux travaux scientifiques de modélisation. Il s'agit de modélisations hydrauliques, visant à reconstruire les paramètres physiques de l'onde de rupture, mais également de systèmes d'évaluation de la mortalité potentielle. Ces derniers couplent une modélisation hydraulique du phénomène avec celle des comportements humains et de l'occupation du sol, de façon à estimer le nombre potentiel de décès lors d'une submersion soudaine (telle que par ruptures de digues ou de barrages). Les résultats offrent des scénario-catastrophes et participent à l'aide à la décision pour le déploiement de mesures d'évacuation adaptées. A ce titre, Lumbroso *et al.* (2011) évaluent avec leur modèle LSM[53] le taux de mortalité de la population exposée (PAR[54]) pour les 4 secteurs affectés par l'onde de submersion (Figure V.22). Ce modèle s'appuie sur les résultats de Johnstone (2005, 2012) et Johnstone *et al.* (2003), qui ont préalablement réalisé une estimation de la population à risque et du nombre de victimes à partir de sources documentaires diverses (cartes aériennes et topographiques pour le recensement des bâtiments, ouvrages pour les circonstances de mortalité…).

► Comparaison du nombre de victimes par secteurs affectés

Les résultats de la modélisation montrent un nombre total de victimes de 424 (soit très proche du nombre total estimé par les autorités (423 à 500). Si l'on compare le nombre de victimes des 4 zones aux informations issues de l'ouvrage de Neyron (1961), des différences significatives apparaissent (Tableau V.6). Si le secteur de la plaine de l'Argens et de la moyenne vallée du Reyran (et dans une moindre mesure de Fréjus) comptabilisent un nombre de décès quasiment identique, le modèle LSM relève à l'inverse un écart conséquent dans le secteur amont (secteur **1**). Près de 34% du nombre total de victimes est ainsi estimé dans ce secteur selon le modèle LSM tandis que celui-ci ne représente que 17% du nombre total de victimes selon les informations textuelles analysées.

Plusieurs hypothèses peuvent être émises de façon à expliquer cette différence. Tout d'abord, les sources exploitées pourraient être incorrectes et permettrait d'expliquer un si grand écart de mortalité. D'autre part, il faut mentionner qu'un baraquement hébergeant des ouvriers participant au chantier de construction de l'autoroute A8, et situé juste en aval du barrage, a été emporté par la vague. D'après un extrait d'article paru dans le journal de Neufchâtel en Suisse, au moins 45 ouvriers auraient péri dans ces circonstances :

« *Des témoignages intéressants sur les circonstances immédiates de la catastrophe ont été recueillis auprès de quinze ouvriers, italiens et espagnols, travaillant à l'autoroute et logeant en contrebas du barrage. Ils sont les seuls survivants d'une soixantaine de travailleurs de l'autoroute* » (Journal de Neuchâtel, 07/12/1959)

[53] LSM : Life Safety Model
[54] PAR : Population at risk.

En renseignant ces victimes supplémentaires, absentes de l'ouvrage exploité, le nombre de victimes augmente à 96 pour cette zone, représentant alors 24% du nombre total de victimes renseigné. A ces décès liés aux travailleurs de l'autoroute, s'ajoute la présence d'ouvriers agricoles qui n'est pas relatée précisément dans les sources textuelles. Cela pourrait contribuer à une hausse du bilan dans cette zone, mais devrait également être considérée dans la zone **2** dont la mortalité est sous-estimée dans le modèle. Nous nous étonnons d'un si grand écart de mortalité dans le secteur en aval du barrage entre les informations documentaires et les résultats modélisation numérique, nous poussant à les appréhender avec précaution. Un biais peut par exemple avoir été introduit dans l'hypothèse du modèle par une surestimation de la PAR se trouvant de cette zone.

Secteur affecté	Nombre de victimes (modèle)	Pourcentage total des victimes (sur 424)	Nombre de victimes (sources textuelles)	Pourcentage total des victimes (sur 304)	Ecart du nombre de victimes (modèle – sources textuelles)
Zone **1**	144	34 %	51	17 %	+93
Zone **2**	64	15 %	68	22 %	-4
Zone **3**	195	46 %	161	53 %	+34
Zone **4**	21	5 %	24	8 %	-3

Tableau V.6 Tableau comparatif du nombre de décès et pourcentage total de décès par secteurs, entre sources documentaires (Neyron, 1961) et résultats du modèle (Lumbro, 2011 ; Johnstone, 2005)

► Des taux de mortalité mettant en évidence l'importance des paramètres physiques de la vague

Malgré ces limites, les travaux de Johnstone (2003, 2005, 2012) demeurent un cadre d'étude privilégié et novateur pour apprécier le taux de mortalité entre les différents secteurs. Classiquement, l'estimation du taux de mortalité s'évalue via la fonction suivante (Jonkman *et al.*, 2008) :

$$\textbf{Taux de mortalité} = \frac{Nombre\ de\ victimes}{Nombre\ de\ personnes\ exposées}$$

Les résultats de la modélisation de Malpasset montrent une forte disparité du taux de mortalité entre les deux secteurs les plus touchés par la vague : la haute vallée du Reyran (144 victimes estimées), Fréjus et ses alentours (195 décès évalués). En effet, les résultats indiquent le plus fort de mortalité dans la haute vallée du Reyran, évalué à 40% alors que Fréjus et ses alentours comptabilisent un taux de mortalité évalué à 19%.

Secteur affecté	Population exposée	Taux de mortalité (%)
Secteur 1	360	40
Secteur 2	540	12
Secteur 3	1020	19
Secteur 4	4080	1

Tableau V.7 Population exposée et taux de mortalité par secteurs. D'après Lumbroso et al. (2011) et Johnston (2005)

Pour expliquer cet écart, les auteurs mettent en avant l'importance des caractéristiques physiques de l'aléa à l'endroit du décès. La hauteur maximale de la vallée (illustrée dans la Figure V.22), la vitesse du courant, et la vitesse de propagation de la vague jouent un rôle prépondérant pouvant expliquer un fort taux de mortalité dans la haute vallée du Reyran. Dans le cas de Malpasset, la distance d'éloignement du barrage a également joué un rôle en termes d'alerte et d'évacuation des personnes. Les récits témoignent en effet de la soudaineté de l'inondation dans le hameau des Mines de Bosson. A l'inverse, certains habitants logeant plus en contrebas ont pu être avertis par le voisinage ou par le bruit causé par le passage de la vague, et ont pu évacuer ou se réfugier en hauteur. Il est intéressant de retranscrire à ce propos un récit d'une famille habitant le quartier de Villeneuve (zone **3**, au sud de Fréjus) :

« *Soudain, Mme J. perçut un grondement dans la nuit, elle ouvrit la porte de sa villa, et, sur le seuil, elle entendit des gens qui criaient 'Le barrage a sauté'. L'eau arriva précipitamment : elle envahit la villa. Alors, Mr J. fit une ouverture dans le toit, à coups de hache, pour permettre à toute sa famille de s'y réfugier. C'est là, dans l'obscurité et le froid que tous attendirent la fin du déluge* » (Neyron, 1961).

3.1.5. Le rôle des ruptures d'ouvrages

De nombreux évènements remarquables d'inondations caractérisés par une forte mortalité sont marqués par la présence d'effets dominos de l'aléa (également dénommés facteurs aggravants dans la grille de lecture). Afin d'attester de l'importance de ces facteurs au sein de la mortalité, un zoom particulier est ici effectué sur le poids des ruptures de digues.

► **Un taux de mortalité en lien avec les ruptures de digues: exemple de Moissac, mars 1930**

Une cartographie précise de la chronologie de l'inondation de Moissac en mars 1930, couplée à la localisation des décès a été illustrée dans le chapitre III (Chapitre III, 4.1.3., Figure III.17). La représentation montre que la plupart des victimes sont recensées au sein du périmètre inondé suite à la rupture du remblai ferré et des digues avoisinantes : 92 victimes sur les 130 que compte la commune, soit 70% du bilan total. De façon à apprécier l'impact des ruptures de digues, il convient toutefois de relier ce nombre de décès avec l'exposition du territoire à travers le calcul du taux de mortalité des différents secteurs concernés.

Une estimation de la population exposée a été réalisée dans le cadre d'un stage de master 2 (Danière, 2014). Celle-ci se fonde sur le nombre de sinistrés recensés dans la commune (5896 personnes), considérée comme relativement représentative de la population totale exposée. Dans la mesure où la majorité des victimes de Moissac sont liées à l'effondrement des bâtiments, c'est la population présente au domicile qui nous intéresse ici. Ainsi, en recensant le nombre de bâtiments présents lors de l'inondation et en estimant le nombre moyen de personnes composant un ménage, il a été possible de proposer une estimation du nombre de personnes habitant les secteurs inondés en mars 1930.

Les résultats de l'estimation sous SIG montrent un nombre équivalent à 2270 personnes dans la zone **3**, correspondant au centre-ville, 1044 dans la zone **2**, et enfin 2585 dans la zone **1** (extérieur de la cité). Le taux de mortalité correspondant à la zone **1** est estimé à 4% tandis que celui de la zone **3** n'atteint que 1,2% (la zone **2** n'ayant quant à elle comptabilisé aucun cas de décès). Cette différence flagrante entre les taux de mortalité tend à affirmer les ruptures de digues comme facteur de mortalité. Dans le cas de mars 1930, en raison de la soudaineté de la submersion ces ruptures ont produit un effet de surprise, piégeant les habitants au sein de leur domicile. L'existence d'un fort taux de mortalité dans le secteur se trouvant à l'arrière des digues (zone **3**) amène à s'interroger sur les pertes humaines potentielles lors de la survenance d'un évènement similaire en termes d'aléa. Si la densité de population du centre-ville paraît relativement stable, celle entre le remblai ferré et le centre (correspondant à la zone **2**) s'est fortement accrue (passant de 1044 à 2880 personnes aujourd'hui selon nos estimations). En cas d'évènement similaire et de nouvelles ruptures de digues, il est possible de penser que le bilan humain pourrait ainsi s'alourdir. Ce constat peut toutefois être nuancé par les progrès réalisés dans la prévision et gestion de l'alerte, cette dernière ayant notamment été jugée comme défaillante lors des inondations de 1930. De surcroît, lors du processus de reconstruction, des matériaux plus résistants ont été utilisés de façon à limiter les risques d'effondrement de maisons.

► L'impact des surverses de digue dans la catastrophe de la Faute-sur-Mer (Xynthia, 2010)

Les décès liés aux submersions marines de la tempête Xynthia trouvent une partie de leur explication dans les phénomènes de surverses et de brèches dans les ouvrages de protection ou bien au niveau des ouvrages naturels. Sur les 41 cas de décès imputables aux submersions, 37 vivaient à moins de 400 mètres de digues, avec une distance moyenne de 158 mètres (Vinet *et al.*, 2012b). A une échelle plus fine, le rôle de ces surverses de digue paraît particulièrement déterminant dans le lourd bilan recensé dans la commune de la Faute-sur-Mer en Vendée.

Aux alentours de 3 heures du matin, alors que s'opèrent de premiers débordements, la dune dite de la Belle-Henriette cède sous la pression de l'eau accentuée par l'effet des vagues, entraînant la submersion consécutive des secteurs situés à l'est (FENVAC – SOS Catastrophes & Terrorisme, 2014a). Alors que l'inondation continue sa progression jusqu'au maximum de pleine mer à 4 heures 18, des phénomènes de surverses interviennent le long

des talus et digues, en particulier sur la rive gauche de l'estuaire du Lay. Ces surverses engendrent par érosion dite régressive de nombreuses brèches dans les ouvrages de la commune de la Faute, entraînant l'inondation soudaine de l'est de la Faute-sur-Mer. La cité se voit alors prise en tenaille entre d'une part une submersion venant du nord par la dune et d'autre part par l'est du fait de la rupture des digues (Kolen *et al.*, 2013). La soudaine montée des eaux piège les habitants demeurant chez eux. C'est particulièrement le cas dans un secteur habité correspondant à une dépression topographique, où sont recensées 28 des 29 victimes de la commune. D'après les témoignages des rescapés lors du procès mené en septembre 2014, la soudaineté de la submersion n'a pas permis aux populations alors déjà vulnérables (bâti de plain-pied, personnes âgées) de se mettre à l'abri, expliquant le plus lourd bilan de l'inondation (Vinet et Boissier, 2011). Bien que d'autres facteurs entrent en jeu au sein du processus de mortalité (tel que la vulnérabilité naturelle du littoral avec la présence de zones humides de faible altitude), les surverses de digue sont l'un des facteurs clés expliquant localement la catastrophe à la Faute-sur-Mer, et dans le même temps la remarquabilité de l'évènement d'inondation.

3.2. Un territoire exposé et vulnérable : le rôle du bâti

3.2.1. Un bâti fortement exposé

Le dénombrement des circonstances a mis en lumière le nombre conséquent de décès relevés au domicile de l'individu. Parmi les évènements où ces circonstances apparaissent, deux tendances se distinguent :

- les décès à domicile liés à la localisation du bâti (mars 1930 et octobre 1940, janvier 1980),
- les décès liés à la vulnérabilité du type de bâti (1999, 2010).

► Un aménagement du territoire remis en cause ? Exemple d'octobre 1940

Les circonstances de décès des inondations d'octobre 1940 pointent du doigt le nombre de décès liés à l'effondrement des bâtiments. D'après les témoignages, les matériaux utilisés pour la construction du bâti ne peuvent pas ici être retenus comme le facteur responsable des destructions. C'est davantage le nombre important de bâtiments présents dans le lit majeur des cours d'eau et donc l'exposition des enjeux qui doivent être inculpés. Tel est le cas dans les communes voisines d'Amélie-les-Bains et d'Arles-sur-Tech qui comptabilisent respectivement 13 et 16 décès. Pour la première commune, les décès sont recensés dans les quartiers longeant le cours d'eau en particulier sur la rive gauche du Tech qui compte un nombre conséquent de bâtiments détruits (Figure V.23).

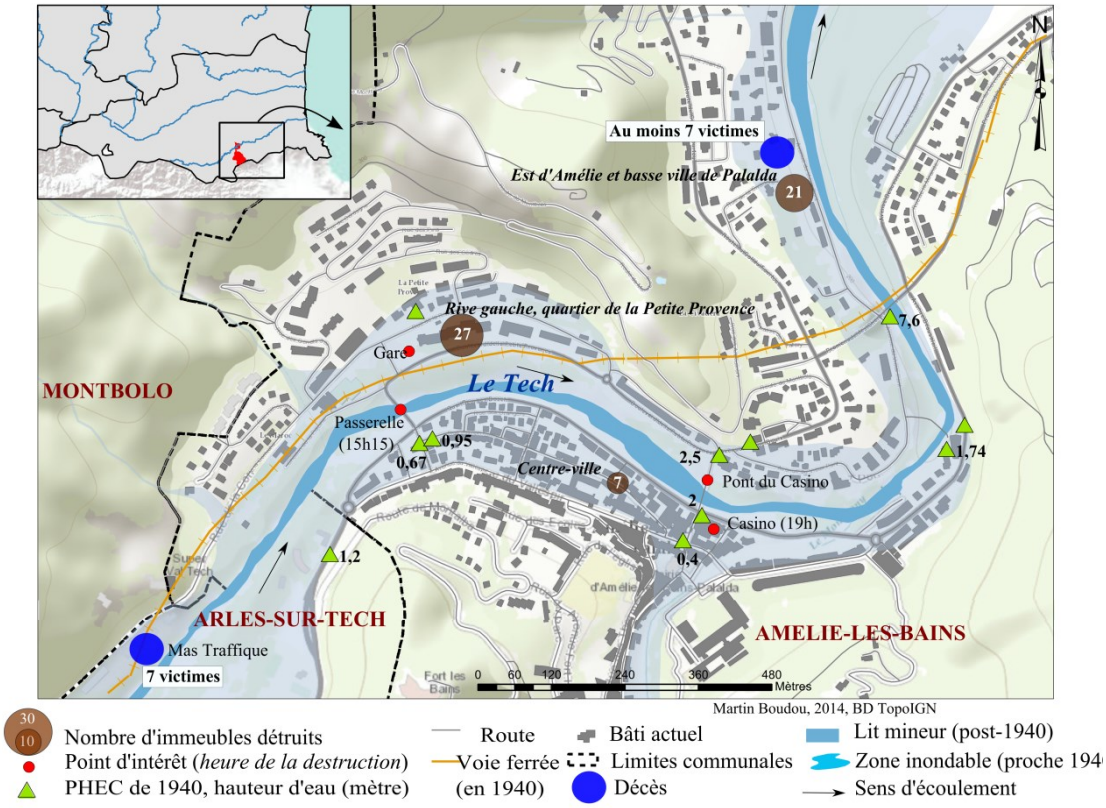


Figure V.23 Nombre de bâtiments détruits et nombre de victimes durant les inondations d'octobre 1940 (zoom sur Amélie-les-Bains)

De nombreuses villas de la petite station thermale ont cédé face à l'intensité de l'inondation renforcée par les nombreux matériaux transportés. A Arles-sur-Tech, les victimes sont principalement issues de l'effondrement de deux mas isolés situés à proximité du fleuve côtier : *Mas Traffique* d'Amélie (8 victimes) sur la rive gauche amont et *Can Vinyes* (7 victimes) sur la rive droite (mais non-localisé faute d'information suffisamment précise).

► L'exposition des bâtiments aux glissements de terrains (janvier 1980, novembre 1999)

Au même titre que l'exemple de 1940, la problématique de l'exposition du bâti se pose lors du passage du cyclone Hyacinthe en 1980 à La Réunion. Comme le souligne l'historienne Jouanjean (2011) la fragilité du bâti de l'île mais également son emplacement sont remis en cause à cette occasion :

« *la localisation près d'un pan de montagne ou sur des terrains instables comme dans les îlets des cirques est aussi très préoccupante au regard de la tragédie qui a touché la famille des Nourry à Grand-Ilet.* »

La tragédie évoquée par l'auteur est relative à un phénomène de glissement de terrain. Les nombreuses victimes retrouvées à leur domicile lors de l'occurrence de ce type d'aléa ont mis en exergue la vulnérabilité des populations vivant dans les cirques et ravines de l'île fortement exposés. C'est d'autant plus le cas que le bâti est alors majoritairement composé de cases sommaires, de tôles et de bois, particulièrement vulnérables face au risque de glissement ou d'inondation. Hyacinthe va constituer une opportunité pour mener une vaste politique

d'investissement et de rénovation du bâti par les autorités de l'époque, projet déjà engagé suite au passage du cyclone Jenny en février 1962.

3.2.2. Un type de bâti vulnérable

Selon Pouget (2010), « *la vulnérabilité d'une zone bâtie est principalement liée au type de bâtiment, à son usage, à son état et à son nombre d'étages* ». Lors d'évènements remarquables cette vulnérabilité constitue régulièrement un facteur déterminant la mortalité d'une inondation. Afin d'illustrer cet aspect, un zoom est effectué sur les inondations de mars 1930 et février 2010.

► Mars 1930 : une architecture locale vulnérable

La production d'une monographie détaillée des évènements de mars 1930 a pu mettre en lumière le nombre conséquent de victimes imputables à l'effondrement de bâtiments. C'est particulièrement le cas dans les communes du Tarn-et-Garonne où un nombre important de bâtiments détruits sont reportés (Chapitre III, section 4.2.2.). Certaines des villes ou villages de ce département voient leur paysage urbain se transformer en champs de ruines, tels Moissac, Montauban, ou encore Reyniès où seule l'église demeure encore debout après le passage des flots. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces destructions. Il s'agit d'une part de l'exposition des habitations en zone inondable dans les vallées du Tarn-et-Garonne tels que la rive gauche de Montauban où se concentre la majeure partie des décès (Figure V.12). D'autre part le type de bâti local, constitué d'immeubles en briques crues, est particulièrement vulnérable à la pénétration d'eau, notamment comme 1930 lors d'une longue durée de l'étale. Cette fragilité, pourtant déjà mise en lumière dans les fermes de la vallée de la Garonne lors de l'inondation de juin 1875 (Faucher, 1930b) constitue un facteur clé de la catastrophe. Les victimes, piégées dans leurs habitations au soir du 3 mars, n'ont pas eu le temps de trouver un espace refuge et ont succombé, ensevelies sous les décombres des bâtiments.

► Février 2010 : des bâtiments de plain-pied en zone inondable

Lors des submersions marines de Xynthia en février 2010, les décès survenus aux domiciles (37 cas sur 41 imputables à l'évènement) relèvent de circonstances sensiblement différentes des ceux évoqués précédemment. Pour ces inondations, c'est la submersion de l'habitation et non son effondrement qui peut être évoqué comme l'une principale cause des décès.

- *Répartition des décès par type de bâti*

Selon la classification des décès par type de bâti (Figure V.24), les victimes sont en grande majorité recensées dans des bâtis de plain-pied (85% du total). Ce constat met en avant la dangerosité de ce type d'habitat : en l'absence d'étage la victime ne peut pas fuir l'inondation lors d'un phénomène soudain tel que des submersions marines ou des ruptures de digues. Lors de l'inondation de février 2010, des bâtiments de plain-pied situés dans des secteurs vulnérables se sont retrouvés immergés sous une hauteur d'eau significative. En raison de l'absence d'un espace refuge, les habitants surpris par la submersion soudaine liée aux

ruptures de digues se sont retrouvés pris au piège. D'après les témoignages recueillis lors du procès Xynthia, les victimes n'ont pas eu le temps de s'échapper et ont succombé par noyade, épuisement ou hypothermie (FENVAC – SOS Catastrophes & Terrorisme, 2014c). Le système de fermeture des maisons, reposant sur des volets roulants électriques et rendu hors d'usage par la submersion a de plus contribué à renforcer la vulnérabilité des habitants (Vinet *et al.*, 2012a).

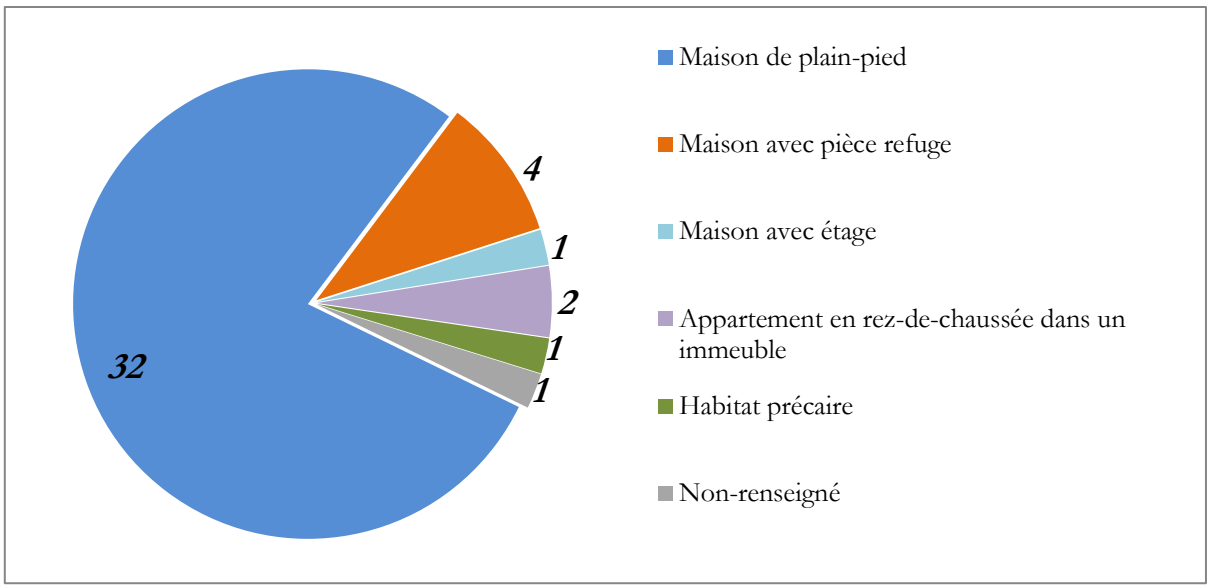


Figure V.24 Type de bâti et nombre de victimes lors des inondations de février 2010

En Vendée et Charente-Maritime où furent répertoriées la totalité des victimes, et de manière générale sur l'ensemble des littoraux, ce type d'habitat connaît une explosion depuis les années 1980 et va de pair avec l'urbanisation des zones inondables littorales. C'est en particulier le cas à La Faute-sur-Mer qui compte 444 habitations de plain-pied en 2010, soit 65% du bâti total. Afin d'expliquer la prédominance de ce type de bâti dans la répartition spatiale des décès, deux raisons principales peuvent être évoquées. Les plans d'urbanisme ou d'occupation des sols ont pu encourager ce type d'habitat. A la Faute, le POS de 1984 met par exemple en avant la préservation du paysage littoral et le patrimoine urbanistique (maisons basses des villages Charentais et Vendéens), interdisant pour ce faire les constructions de plus de 9 mètres de hauteur en zone inondable, ainsi que le rehaussement de terrains. Ce plan était toujours en vigueur au sein du Plan Local d'Urbanisme daté de 1996 et dans les révisions du document original malgré les nombreux recours, notamment en 2006 (Pigeon, 2012). Le deuxième facteur explicatif d'un type de bâti de plain-pied repose sur la demande sociale pour ce type de constructions. De nombreux retraités ont en effet décidé de s'installer dans les secteurs littoraux depuis les années 1970 (Vinet *et al.*, 2011). Possédant pour la plupart un revenu modeste, ces derniers ont encouragé le développement de lotissements sans étage, moins coûteux à réaliser. Le lieu des victimes de Xynthia à la Faute-sur-Mer correspond à un lotissement postérieur à 2006, mettant en exergue le récent accroissement de la vulnérabilité dans cette commune (Chauveau *et al.*, 2011).

- *Le rôle d'autres facteurs de vulnérabilité*

Xynthia illustre ainsi de manière assez nette le danger que constitue un bâti de plain-pied lors d'une inondation. Cependant, la présence d'un étage ne permet pas de pallier tout risque de mortalité (5 cas de décès relevés dans des immeubles avec une possibilité de refuge). Outre les paramètres propres à l'aléa, ce constat permet de s'interroger sur la responsabilité d'autres facteurs de vulnérabilité humaine afin d'expliquer la mortalité de Xynthia. Parmi les facteurs recensés, il convient tout d'abord de souligner d'abord l'âge des populations (Figure V.25).

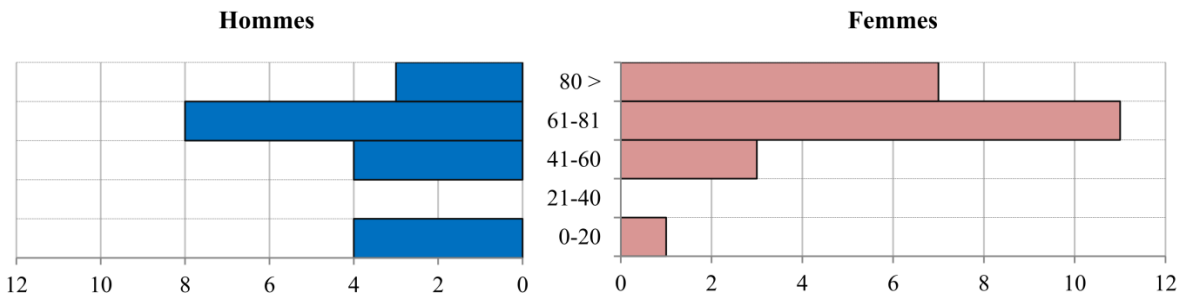


Figure V.25 Pyramide des âges des décès de la tempête Xynthia (D'après Vinet et al., 2012)

L'âge médian de la population de la Faute-sur-Mer s'élève à 52 ans en 2010 et celui des victimes à 74, mettant en évidence la vulnérabilité et l'exposition des populations âgées (Vinet *et al.*, 2011). Les populations possèdent en effet une moindre mobilité et résistance face à une submersion en eau froide prolongée (Vinet *et al.*, 2012b). Comme le souligne le rapport du médecin légiste lors du procès de 2014, les victimes les plus âgées ont été davantage surprises et auraient moins résisté à la submersion.

« *Nous avons remarqué lors de cet accident deux groupes de victimes :*
- certains assez âgés étaient en tenue de nuit, ils présentaient peu de signe de lutte et sont décédés par noyade.
- d'autres, plus jeunes présentaient des signes de noyade plus marqués et des abrasions, ils portaient des vêtements mixtes (de nuit avec un manteau par exemple) ce qui signifie qu'ils ont tenté d'échapper à la noyade » (FENVAC – SOS Catastrophes & Terrorisme, 2014c).

Outre la vulnérabilité physique des personnes, des facteurs individuels peuvent également être identifiés. Pour Xynthia l'absence de culture du risque doit notamment être évoquée : 14 personnes sur les 41 décédées n'étaient pas des résidents permanents des communes littorales touchées (Vinet *et al.*, 2012a). Cette proportion, bien que constituant une minorité des victimes, met en lumière l'importance de ce facteur. De plus dans le cas de la Faute-sur-Mer, il semble que la culture du risque ait été amoindrie par la rétention d'informations de la part de la municipalité. Par exemple, près de 3000 plaquettes d'informations avaient été préparées par les services de l'Etat à destination des habitants de la commune. Elles ne furent cependant pas distribuées par la mairie, contribuant à atténuer la conscience du risque sur le territoire.

3.3. Le rôle central de l'alerte aux populations

3.3.1. Un facteur clé dans la mortalité des inondations

La gestion de l'alerte aux populations repose classiquement sur la prévision hydrométéorologique de l'aléa (prévision météorologique et annonce des crues) et sur la transmission de l'alerte aux autorités locales et aux populations (émission des messages d'alerte, vigilance et consignes de sécurité à respecter). En accord avec la littérature scientifique relative à ce sujet, la mortalité des inondations est grandement dépendante du système d'alerte. Jonkman *et al.* (2008) précisent par exemple que l'émission d'une alerte aux populations exposées, le délai entre cette alerte et l'arrivée du danger, conditionnent la mortalité lors d'inondations historiques. Face au poids de cette variable dans la mortalité, la présence de défaillances du système d'alerte a été considérée comme un indicateur au sein de la grille de lecture. Cette défaillance est jugée significative lorsque les cas de décès peuvent y être directement reliés.

3.3.2. Des circonstances de décès soulignant l'absence d'alerte

La production d'une base de données sur la mortalité lors d'évènements remarquables d'inondations montre la place de la gestion de l'alerte dans le processus d'endommagement et de mortalité. Un décès survenant à domicile permet par exemple de penser que la victime n'a pas eu le temps de fuir les lieux et de s'abriter dans un espace refuge situé hors de portée des eaux. Les circonstances de mars 1930 à Moissac attestent par de nombreux témoignages du rôle de cet effet de surprise auprès des habitants, piégés en pleine nuit par la soudaine submersion.

« La surprise est en effet la caractéristique de la catastrophe. On a ainsi découvert aujourd'hui le cadavre d'une vieille femme étendue dans son lit, la mort l'a emportée en plein sommeil. On en a trouvé une autre penchée sur la couche de deux petits enfants endormis ; elle allait, sans doute, les éveiller et les enlever quand l'inondation la surprit elle-même sur place » (Bichambis, 1930).

Des circonstances relativement similaires ont été mises en lumière lors de la rupture du barrage de Malpasset, affirmant l'incidence de phénomènes soudains et difficilement prévisibles tels que les ruptures d'ouvrages ou glissements de terrain au sein de la mortalité (Guzzetti *et al.*, 2005). La proportion de victimes relevée dans la haute vallée du Reyran rappelle à ce titre que la vitesse de propagation de la vague de submersion liée à la rupture du barrage de Malpasset le 2 décembre 1959 conditionne le taux de mortalité. Enfin, le fait que de nombreux décès interviennent la nuit comme en mars 1930, décembre 1959, novembre 1999 ou encore février 2010, souligne que l'annonce de l'arrivée du danger pour les populations concernées a pu être difficile. Afin de juger de l'importance de la gestion de l'alerte lors d'évènements remarquables, il convient de s'interroger sur les raisons expliquant l'absence d'alerte ou les difficultés dans sa transmission aux populations exposées. Pour ce faire, les modalités de gestion de crise à l'échelle de l'évènement doivent être étudiées.

3.3.3. Un système d'annonce des crues encore à ses débuts : exemple des inondations d'octobre 1940

► Une alerte tardive et individuelle : l'exemple des victimes de Bénat

Les décès imputables aux inondations d'octobre 1940 interviennent principalement en fin de journée le 17 octobre, lors du paroxysme hydrologique. Cette forte intensité est étroitement liée à des phénomènes de submersions soudains, dus au multi-phasage des pics d'intensité pluviométrique ainsi qu'à des effets de vagues générés par des ruptures de barrages temporaires. Les récits ayant trait à cet évènement relatent que les populations furent prises au dépourvu et souvent forcées de fuir face à la montée des eaux. Certaines d'entre elles n'y sont pas parvenues et un nombre important de victimes est recensé (survenant en particulier au sein du domicile). C'est par exemple le cas dans le petit hameau de Bénat situé dans la vallée de la Coumelade sur le territoire de la commune d'Arles-sur-Tech. Lors de l'inondation, une quantité de matériaux solides se sont déposés au niveau de l'usine hydro-électrique de La Llau située un peu en amont dans la vallée, neutralisant temporairement l'onde de crue.

« *Les solides bâtiments formèrent alors un barrage atteignant une hauteur de 15 à 20 mètres, qui résista pendant plus de deux heures* » (Ribes, 1982).

Un habitant de la vallée, qui s'était déplacé afin d'évaluer la situation, prit conscience du risque et se dépêcha d'aller prévenir les habitants. Peu après l'annonce de l'arrivée du danger, alors qu'ils se préparaient à évacuer les lieux, certains d'entre eux furent malgré tout surpris par l'arrivée de la vague créée par la rupture du barrage provisoire. C'est par exemple le cas d'une famille de Bénat. Le père de famille était alors parti s'occuper de rentrer le bétail et avait ainsi retardé l'évacuation. La mère, ses deux fils et un jeune homme hébergé par la famille durant cette période demeuraient toujours dans le domicile et se sont fait surprendre par la vague. Tous périrent avec l'effondrement du bâtiment. Non loin de là, le lanceur d'alerte s'est également fait surprendre alors qu'il était parti évacuer les membres résidant au domicile familial. Au total, ce sont six personnes de Bénat qui périrent dans la catastrophe. Ce bilan peut être directement relié à l'effet destructeur de la rupture du barrage. Ce bilan aurait pu être encore plus grand sans cette alerte, certes tardive : à Bénat, 8 autres maisons furent emportées, mais elles étaient alors toutes évacuées. L'heure de la submersion doit également être soulignée comme un facteur d'aggravation :

« *Le plus dramatique c'est que cela se passait vers 19 heures, et donc de nuit* » (Ribes, 1982)

Le fait que le pic de crue soit survenu la nuit a rendu la gestion de crise plus complexe. La plupart des habitants étaient alors chez eux et n'étaient pas préparés à évacuer rapidement le bâtiment. De plus, les opérations de secours ont pu se révéler plus difficiles du fait d'une moindre visibilité.

Dans le reste de la haute-vallée du Tech, des circonstances sensiblement similaires sont relevées avec des personnes n'ayant pas eu le temps d'évacuer et surprises au sein de leur habitation. Afin d'explorer les raisons de cette alerte tardive, réalisée suite au constat de la

montée des eaux par des habitants, il est nécessaire d'apprécier le système d'annonce des crues lors de l'*aiguât* ainsi que la réaction des populations suite à l'annonce du danger.

► La vulnérabilité structurelle du réseau d'annonce de crues

Les victimes de 1940 peuvent s'expliquer par la soudaineté du phénomène physique mais également par un système d'annonce des crues encore rudimentaire. Le phénomène n'avait effectivement fait l'objet d'aucune prévision de la part du service d'annonce des crues. Pardé (1941b) souligne qu'« *en octobre 1940, il n'y a pas de réseau d'annonce de crue opérationnel lorsque de nouvelles crues dévastèrent les Pyrénées-Orientales et l'Aude* ». Cette absence de système adapté s'explique en grande partie par la faible densité du réseau de mesure dans les bassins versants affectés, en particulier dans les bassins amont. A l'heure des évènements, le réseau de mesures physiques, tant hydrométriques que pluviométriques, était encore peu développé, complexifiant la prévision de l'aléa. Le long du Tech, il n'existe alors que 4 stations limnimétriques et seule la station d'Arles-sur-Tech est située dans le haut-bassin où sera pourtant relevée la grande majorité des victimes. De plus les relevés hydrométriques, à la charge d'observateurs détachés en partie à cette mission, ont pu se révéler difficiles à réaliser. Ce point, également mis en exergue à propos des inondations de mars 1930, s'explique notamment par la hauteur d'eau atteinte à proximité de l'échelle limnimétrique ou encore par la faible visibilité lors d'une inondation nocturne.

► Le rôle des comportements individuels : la préservation des biens personnels

Les manquements dans l'annonce de crue ne permettent pas d'expliquer entièrement le lourd bilan des inondations d'octobre 1940 et l'importance des comportements individuels doit ainsi être soulignée. L'exemple de Bénat a montré que les habitants n'ont pas pris conscience de l'urgence de l'évacuation (le père de la famille disparue ayant par exemple d'abord voulu évacuer le cheptel). C'est également le cas pour deux habitations isolées en périphérie d'Arles-sur-Tech, à *Mas Traffique* et *Can Veynies* : les habitants avaient là aussi étaient prévenus du danger, mais avaient d'abord préféré évacuer le bétail. Ces circonstances, couramment relevées à l'occasion d'inondations, soulignent l'incrédulité des populations face à une inondation d'une intensité jusqu'alors inédite ainsi qu'une mise en danger afin de préserver des biens personnels.

► Une modernisation du système d'annonce des crues : vers une réduction de la vulnérabilité ?

Le système d'annonce des crues s'est amélioré suite aux inondations d'octobre 1940 et d'avril 1942 et au constat d'une faible efficacité. Cette modernisation fait suite à la promulgation de la loi du 9 novembre 1942 « *relative à la protection contre les inondations dans le département des Pyrénées-Orientales* » (Basso, 1990) dont l'objectif est l'amélioration de la prévision des inondations, notamment par la densification du réseau de mesures et la mise en place d'observations plus régulières. De nouvelles mesures d'adaptation seront ensuite décrétées, respectivement en 1986 et 1990. A l'heure actuelle, les prévisions météorologiques se sont

considérablement améliorées, tout comme les mesures de prévention ou d'évacuation des personnes exposées suite à la publication d'une alerte. De même, le réseau est nettement plus dense : les cours d'eau majeurs tels que le Tech et la Têt sont notamment davantage équipés (Figure V.26).

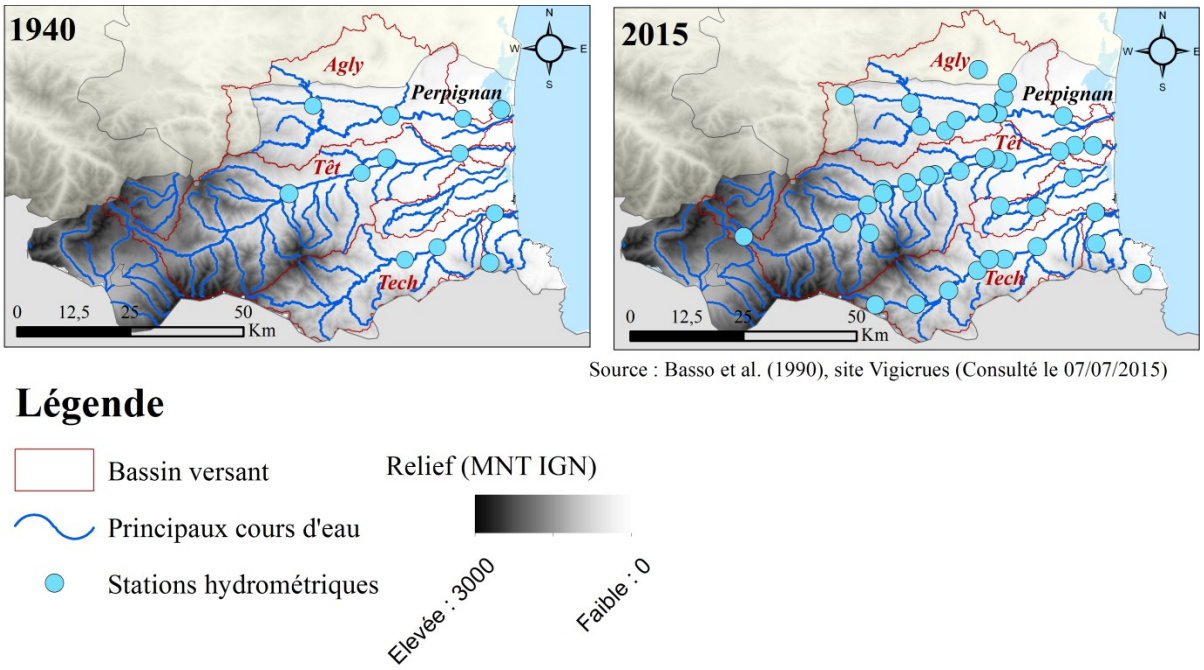


Figure V.26 Localisation des stations hydrométriques en 1940 et à l'heure actuelle

Certains bassins versants de taille plus modeste demeurent toutefois peu étudiés malgré leur caractère potentiellement meurtrier. Cet aspect a notamment été révélé dans le bassin de l'Aude à l'occasion des inondations de novembre 1999 (Lefrou *et al.*, 2000). Ce constat permet de s'interroger sur les répercussions potentiellement meurtrières lors d'un aléa similaire à celui d'octobre 1940 sur les petits cours d'eau. C'est par exemple le cas sur La Coumelade, responsable d'au moins 8 cas de décès à Bénat et dont l'onde de crue a contribué à augmenter significativement celle du Tech puis indirectement le nombre de victimes. Malgré les progrès effectués en termes de prévention et de gestion de crise, l'évènement de 1940 rappelle ainsi la nécessaire vigilance à opérer sur les affluents des hauts bassins. Il faut également rappeler que la modernisation du système d'annonce des crues s'est accompagnée de la quasi-disparition d'observateurs. Cela contribue à diminuer la capacité d'expertise sur le terrain et en temps réel, capacité pouvant être jugée comme essentielle pour de petits bassins versants dont la rapide montée des eaux est susceptible de surprendre la population.

3.3.4. Mortalité lors du cyclone Hyacinthe (1980) : comportements à risque ou alerte défaillante ?

► Modalités de gestion de l'alerte cyclonique en 1980 à La Réunion

Le passage du cyclone Hyacinthe a soulevé pour les autorités de nombreuses polémiques quant à la prévision et la gestion d'évènements cycloniques. La longue durée de l'épisode pluvieux et des inondations qui lui sont associées ont en effet contribué à complexifier de façon considérable la gestion de crise et plus précisément de l'alerte. A l'époque de Hyacinthe, le système d'alerte repose sur trois niveaux de gravité fondés d'une part sur l'échelle d'intensité cyclonique de Saffir-Simpson (vitesse des vents et hauteur de la houle cyclonique) et d'autre part sur la distance temporelle du danger (Brocas, 2013) :

- **L'alerte I**, déployée normalement 72 heures avant le phénomène dangereux.
- **L'alerte II**, mise en place en moyenne 24 heures avant le risque
- **L'alerte III**, correspondante à un danger distant de moins de 12 heures.

Lors de l'émission d'une alerte, des messages radios sont diffusés à large échelle sur le territoire de l'île afin de prévenir les habitants de l'arrivée du danger. En toute logique, l'alerte III correspond au niveau le plus grave et implique le confinement des populations au domicile. Quant aux alertes de niveau I et II, elles semblent davantage reposer sur la vigilance des populations face au risque ainsi que sur le déploiement d'une gestion de crise sur le territoire (organisation des systèmes de secours).

► Chronologie des phases d'alerte lors du cyclone Hyacinthe

Une première phase d'alerte est déclenchée le 19 janvier, date à laquelle le système dépressionnaire atteint le stade de cyclone tropical selon la classification de Saffir-Simpson (Chapitre IV, section 2.2.1, Figure IV.3). Cette alerte dénommée « Alerte I Cyclonique » est associée à l'alerte « fortes pluies » émise après constatation des forts cumuls de précipitations déjà relevés. Le stade d'alerte I va demeurer jusqu'au 24 janvier alors que le météore aborde les côtes de l'île une seconde fois. Les niveaux d'alerte II puis III sont finalement déclenchés cette même journée mais sont rétrogradés au niveau inférieur le 25 au matin, avant d'effectuer un nouveau passage en niveau III du 27 au 28 janvier. A partir du 29, la dépression s'éloigne et les seuils de vigilance diminuent progressivement jusqu'à un retour à une situation normale le 31 janvier.

► Temporalité des décès lors du phasage de l'alerte

La représentation de la chronologie de l'alerte, couplée à la courbe cumulée des victimes (Figure V.27), permet d'apprécier la temporalité des décès durant les différentes phases d'alerte.

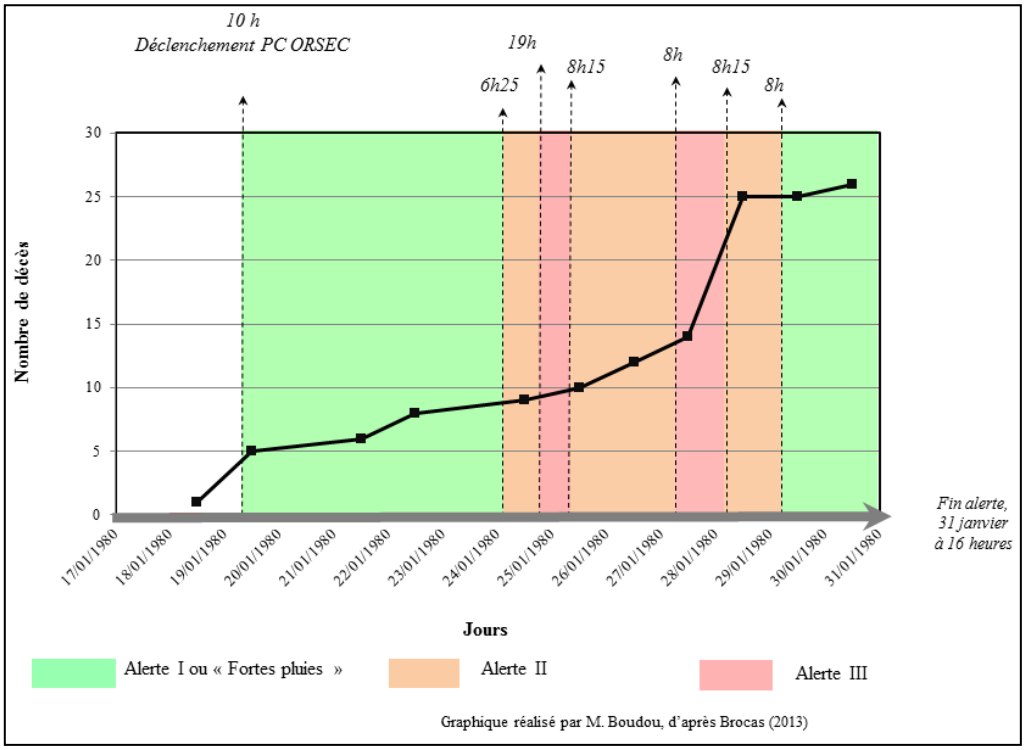


Figure V.27 Seuils d'alerte et courbe des décès cumulés lors du cyclone Hyacinthe (17-31 janvier 1980)

La phase d'alerte I est déclenchée lorsqu'un décès est relevé le 18 janvier. Lors du passage en alerte II, 8 victimes sont d'ores-et-déjà recensées sur le territoire de l'île. Alors que les niveaux d'alerte augmentent en sévérité, progressant lors du rapprochement du météore vers La Réunion, de nouveaux cas de décès sont répertoriés. 14 victimes sont recensées au jour du 28 janvier, lors du second passage en alerte III, puis 25 le 29 janvier suite au glissement de terrain meurtrier à Salazie. Un bilan final de 25 décès sur la totalité de l'épisode est relevé au 30 janvier alors que le cyclone s'éloigne des côtes. Au final, la majorité des décès interviennent durant la phase d'alerte II (58%), près de 31% lors de la phase d'alerte I, 7% durant la phase III et enfin 4 soit 1 décès sans seuil d'alerte.

Si nous omettons la part de décès liée aux glissements de terrains, difficilement prévisibles (correspondant à 13 victimes), la gestion de l'alerte lors du cyclone Hyacinthe soulève de nombreuses interrogations. En effet, le passage en alerte II intervient alors qu'un nombre conséquent de victimes (8) est déjà recensé. D'autre part, la succession des phases d'alertes souligne la difficulté de gestion de l'évènement liée à un aléa profondément atypique. Enfin, les circonstances de décès, principalement liées à des franchissements de radiers submergés, questionnent la pertinence de la communication de l'alerte et du respect des consignes de sécurité.

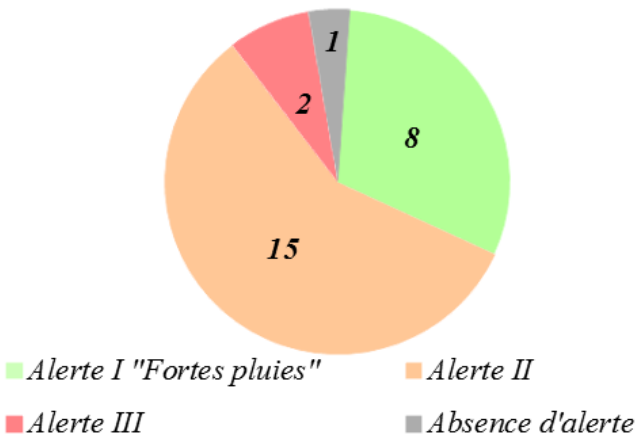


Figure V.28 Répartition des décès par phase d'alerte

► Un système d'alerte inadapté à la nature de l'aléa

Lors du cyclone Hyacinthe en janvier 1980 le déclenchement de seuils d'alerte se fonde sur l'échelle de Saffir-Simpson. Cette échelle de classification repose sur l'intensité des rafales de vents et de la houle cyclonique mais ne considère pas la quantité de pluie précipitée. Or, dans le cas de Hyacinthe, le stade de cyclone tropical n'est atteint qu'une seule fois le 19 janvier. Le reste du temps, la tempête alterne entre les stades de dépression et de tempête tropicale. Le passage en Alerte I le 19 janvier, associé à une alerte « fortes pluies » et au déclenchement du plan ORSEC peut donc être vu comme la conséquence du passage en stade cyclonique. Cependant, si l'on observe sa trajectoire, le météore s'éloigne à ce moment-là vers les îles Malgaches et repasse au stade de dépression tropicale. Malgré cette baisse d'intensité et l'éloignement progressif du cyclone, les autorités maintiennent l'alerte au niveau I. Ce choix, contradictoire par rapport au protocole initial au regard de la situation synoptique, est motivé par la constatation par les gestionnaires du nombre croissant de dégâts matériels et de victimes (figurant à 5 dans la nuit du 19 au 20 janvier) mais aussi d'un système d'alerte inadapté à la situation généré par Hyacinthe.

► Une alerte tardive et insuffisante ?

Alors que le seuil d'alerte I est déployé du 19 au 24 janvier, la pluie persiste et les populations locales jugent l'alerte comme trop tardive et d'un niveau insuffisant au regard des dégâts engendrés par la dépression. En effet, 8 victimes sont d'ores et déjà relevées sur le territoire de l'île alors que le seuil d'alerte atteint le niveau II le 24 janvier, lorsque le cyclone aborde une nouvelle fois La Réunion. Afin d'expliquer ces décès, les populations et les médias accusent la faiblesse du niveau de vigilance et le peu de précautions prises par les autorités. Un niveau d'alerte I est en effet sensé prévenir d'un danger dans les 72 heures à venir alors que le nombre croissant de décès met en exergue que les risques sont déjà bien présents.

« *Manifestement, on sent que les responsables de la sécurité dans le département ne savent pas sur quel pied danser. Les alertes sont réservées aux cyclones. Depuis une semaine, il n'y a pas de cyclone, et pourtant les motifs pour alerter la population et l'inciter à la plus grande prudence ne manquent pas* » (Le Quotidien, 23/01/1980).

Face à ces accusations, les autorités se dédouanent d'une quelconque responsabilité. Ils ont respecté le protocole en vigueur et le plan ORSEC a été déployé dès le 19 janvier malgré une situation atmosphérique pouvant être jugée contradictoire avec le protocole normalement utilisé. Des messages de sensibilisation ont également été émis par radio de façon à prévenir la population des dangers encourus et anticiper tout risque de noyade. Malgré leur large diffusion, de nombreux cas de décès sont néanmoins relevés.

► De nombreuses victimes par imprudence

Le recensement des circonstances de décès a mis en lumière le nombre de décès imputable à des franchissements de radiers (Figure V.15, page 299). Ces infrastructures, très courantes à la Réunion et permettant la traversée d'un cours d'eau ou d'une ravine, sont partiellement submergées lors d'épisodes de crues. Durant Hyacinthe, de nombreux individus sont venus assister au spectacle des ravines en crues à proximité de radiers, ne respectant pas les mesures de sécurités dictées par les autorités. Certaines personnes ont également tenté de traverser de tels radiers menant au décès d'au moins 6 d'entre elles : la pression de l'eau peut déséquilibrer la personne à plus forte raison lorsque l'eau est chargée en matériaux grossiers comme ce fut le cas. Les raisons évoquées afin d'expliquer ces traversées sont d'ordres divers. Cela peut être la volonté de rejoindre une personne située de l'autre côté du cours d'eau ou encore un simple « jeu » afin de défier la force de l'eau. Ainsi, le 26 janvier dans la commune de Le Tampon, un jeune homme de 17 ans « *se serait « amusé » disent plusieurs personnes du voisinage, à traverser à plusieurs reprises un radier situé non-loin de chez lui, chemin Lebon-Ferrier. Un « divertissement » on ne peut plus dangereux. L'eau lui arrivait chaque fois un peu plus haut que les genoux. Résultat : l'imprudent a été emporté dans la ravine* » (Le Quotidien, 1980).

Dans l'ensemble, ces décès sont associés, tant par les médias que par les politiques, à un comportement dangereux et à une inconscience du danger encouru. Le comportement dangereux des victimes met en exergue l'absence de conscience de danger et la faible culture du risque face à un phénomène aussi atypique que Hyacinthe. C'est en particulier chez les hommes et les jeunes qui représentent la majeure partie des décès par imprudence. D'après Wilson (2006), ces derniers possèderaient un sens du danger moindre que les autres populations et seraient davantage sujets à adopter ce type de comportements.

► Une mortalité liée à la mauvaise interprétation des messages d'alerte ?

Les circonstances particulières de décès du cyclone Hyacinthe, ponctuées par de nombreux cas de décès par imprudence du danger doivent également être mises au regard des lacunes gravitant autour d'une gestion de l'alerte profondément inadaptée à la nature de l'aléa. De façon à expliquer la forte mortalité lors du cyclone Hyacinthe et le nombre de décès par imprudence, on peut supposer l'existence d'une incompréhension des différents messages

d'alerte par les habitants. Ces derniers, accoutumés aux cyclones de niveau d'alerte II ou III, ont été peu réceptifs au seuil d'alerte I. Mentionné à propos de la tempête Martin de décembre 1999, on peut ici parler « *scélérat* » à propos de Hyacinthe. Un risque « scélérat » caractérise « *un phénomène menaçant dont l'annonce passe inaperçue, parce qu'il prend une apparence normale* » (Dedieu, 2009). Au même titre que la tempête de 1999, Hyacinthe est en effet sous-estimé par les populations, accoutumées au passage de phénomènes cycloniques. Toutefois, l'intensité des pluies sur la durée va transformer ce risque en apparence « banal » vers un risque exceptionnel, et mener à de nombreuses victimes.

En tant que facteur explicatif de l'incompréhension de l'alerte, il faut mentionner le terme d'« *alerte générale* », employé par les autorités compétentes aux alentours du 22 janvier. Cette expression est utilisée pour la première fois pour la gestion d'évènements naturels (Jouanjean, 2011) mais n'a cependant fait l'objet d'aucune explication précise de la part de la préfecture, laissant la population démunie quant aux dispositions particulières à prendre ou l'attitude à adopter.

« *Alors, puisqu'il y avait malgré tout de graves dangers, on a parlé d'« alerte générale ». Apparemment sans efficacité si l'on fait le bilan des morts, des blessés, des disparus et des sinistrés. L'alerte générale, personne n'a compris ce que cela voulait dire. Et tout le monde a continué à se promener tranquillement* » (Le Quotidien, 1980).

Enfin, il faut noter que 7 seuils d'alertes se succèdent en moins de 15 jours, dont 5 du 24 au 30 janvier. Ces allers-retours entre niveaux de sévérité, qui s'expliquent par la trajectoire capricieuse du météore (difficilement prévisible pour les météorologues), ont pu semer la confusion parmi les populations. Ces dernières voient les mises en gardes se succéder malgré une situation sensiblement équivalente depuis le 19 janvier ce qui a participé à la confusion générale.

3.4. Des opérations de sauvetage responsables d'une diminution de la mortalité ?

3.4.1. Une cause de décès…

Le secours aux victimes peut être perçu comme la dernière étape de gestion de crise durant un évènement d'inondation, intervenant lorsque la personne se trouve déjà en situation de danger. En répertoriant les circonstances de décès lors d'évènements remarquables d'inondations, il est apparu qu'une petite partie des victimes succombe durant ces opérations de sauvetage. Dans ces circonstances, plusieurs catégories peuvent être distinguées.

Tout d'abord le décès peut correspondre à la personne secourue lors de l'évacuation. Cela peut être par noyade lors du chavirement d'une barque, ou bien indirectement par un infarctus généré par le stress de l'évacuation. A titre d'illustration en mars 1930, deux personnes décèdent alors qu'elles sont évacuées en barque.

« *La barque ayant chaviré, les trois personnes qui la montaient furent englouties par les eaux. Le pompier qui ramait finit par se sauver après de longues alternatives, mais les deux autres passagers se noyèrent. Ce fut l'une des victimes qui, s'étant évanouie, fit chavirer l'embarcation et occasionna la noyade* » (Bichambis, 1930).

Les décès lors d'opérations de secours peuvent également concerner le sauveteur, qu'il soit volontaire ou professionnel. Il peut intervenir par une situation de mise en danger ou par épuisement lors du sauvetage d'une personne en péril (deux soldats périrent de cette façon en janvier 1910 dans la commune d'Alfortville en région parisienne). La mort peut aussi survenir par accident durant les opérations de secours. En 1959, un pilote d'hélicoptère est tué par la pale de son appareil lors de la phase de recherche des personnes disparues au lendemain de la rupture du barrage de Malpasset (Neyron, 1961). De même, lors des inondations de Nîmes en octobre 1988, un hélicoptère de la sécurité civile s'est écrasé, entraînant la mort de deux personnes. Ces exemples illustrent le poids de la mortalité lors de situations d'évacuation des personnes.

► Des prises de risques individuelles lors d'évènements passés : l'exemple de mars 1930

Une distinction doit être faite entre les opérations de sauvetage par des actes volontaires et individuels, et celles effectuées par les personnels de la sécurité civile dont le secours aux personne fait partie des tâches professionnelles. Lors d'évènements anciens liés à des inondations rapides (1930, 1940), les décès durant les sauvetages reposent souvent sur le premier cas de figure avec l'intervention de populations riveraines. Cela peut s'expliquer par un service de sécurité civile encore peu développé ainsi que par la nature imprévisible du phénomène qui ne favorise pas la mise en place d'une gestion de crise adaptée, d'autant plus que les mesures de prévention étaient encore quasi-inexistantes. Il peut être pertinent de revenir à cet égard sur le cas de Montauban en mars 1930. Contrairement à d'autres villages de la région tel Reyniès ou Moissac, la pyramide d'âge des décès dans cette cité montre qu'un nombre conséquent de victimes correspond à des hommes jeunes. Ces décès interviennent notamment lors d'opérations de sauvetage. En fin d'après-midi du 3 mars 1930 de nombreux hommes se sont portés volontaires afin de secourir les habitants demeurés à leurs domiciles, en proie à la montée des eaux et à l'effondrement des bâtiments. Au moins 4 d'entre eux sont décédés durant ces sauvetages qui relevaient de prises de risques individuelles. Une fois l'inondation terminée, les médias reprirent largement les récits des rescapés et mirent en lumière l'héroïsme des sauveteurs ayant conduit à sauver de nombreuses vies.

« *On se demande comment il s'est trouvé des hardis sauveteurs pour arracher ainsi, au prix de mille difficultés, les malheureux à la mort, dans ces rues inondées et transformées en torrents, et comment ces sauvetages, dans les ténèbres et la panique, ont pu s'effectuer, comment, enfin, la moitié de la population n'a pas péri* » (Bichambis, 1930).

Ce genre d'anecdote est relativement commun pour l'ensemble des communes affectées et de nombreuses personnes sont ainsi décédées lors d'opérations de secours aux personnes durant les inondations de mars 1930. Comme à Montauban, les victimes sont principalement des

individus de sexe masculin qui semblent de manière générale davantage investis dans les opérations de sauvetage (Wilson, 2006).

3.4.2. … et surtout un facteur de réduction de la mortalité

Si les opérations de secours peuvent être à l'origine de décès lors d'inondations (Jonkman et Kelman, 2005a), ces dernières sont surtout une source potentielle de réduction de la mortalité. Les faits rapportés à propos des inondations de mars 1930 et octobre 1940 pointent ainsi du doigt un nombre conséquent de décès évités grâce aux opérations de secours. On peut néanmoins émettre des réserves concernant la probabilité des décès évités relatés. Les récits se doivent en effet d'être d'appréhendés avec la plus grande précaution : comment être sûr du caractère inévitable de la mort faute d'informations précises disponibles ? Les journaux peuvent avoir tendance à exagérer la portée des opérations de sauvetage afin d'insister sur le caractère héroïque des sauveteurs. Afin d'apprécier le rôle des services de secours sur la mortalité, il est intéressant de revenir sur les circonstances des sauvetages lors d'évènements remarquables.

► L'importance du délai d'intervention dans la mortalité

Lors des inondations de mars 1930, les opérations de sauvetage effectuées en barque ont permis de limiter le nombre de décès. Deux témoignages collectés par une association d'histoire locale (les amis du Villemur historique) attestent de l'importance des secours pour le village de Villemur-sur-Tarn (Senges, 2010) :

« *A 17 heures, le gendarme Huget est venu me chercher pour aller sauver, sur les allées Notre-Dame, M. Béringuier et sa bonne qui étaient accrochés à une fenêtre donnant sur la cour de leur maison, le reste s'étant écroulé. Je m'y rendis et je pénétrai dans la cour, accompagné de Lucien Castella. Au moyen de draps de lit attachés en corde, nous avons pu sauver ces deux personnes qui étaient absolument méconnaissables. A peine nous étions-nous éloignés que le mur s'écroulait* ».

« *Je dois signaler que M. Barbe-Demié, ne voulait pas abandonner sa mère âgée de 80 ans, mais, voyant la maison voisine s'écrouler, il demanda du secours. Nous le retirâmes lui, sa femme et sa mère à 11 heures ; à 14 heures 30 sa maison s'écroulait, alors, on vit les maisons s'écrouler une à une* ».

Pour ces exemples précis, le sauvetage a sans nul doute permis d'éviter le décès des personnes qui se trouvaient alors en situation précaire. Le délai d'intervention des secours a été décisif : à quelques heures près, les personnes auraient été englouties dans l'effondrement de leur demeure. Pour les inondations de 1930, les opérations de secours auraient ainsi permis d'éviter la mort plus ou moins certaine d'habitants piégés dans leur maison. En contrepartie de ces décès évités il faut toutefois souligner qu'un nombre conséquent de personnes a dû périr faute de sauvetage ou en raison d'un délai d'intervention trop long. Des témoignages à propos de l'inondation de novembre 1999 attestent de cette circonstance.

« *A Névian, les sauveteurs arrivent trop tard. Recueillent un père sur une digue, le corps de sa fillette dans les bras* » (Libération, 15/11/1999).

« *Evacuée par hélicoptère avec une température corporelle tombée à 13 degrés, la petite M. n'a pas pu être ramenée à la vie* » (Le Figaro, 15/11/1999).

Pour cette victime, l'intervention, jugée trop tardive, n'a pas pu empêcher le décès. Il est malgré tout nécessaire de prendre avec précaution ces témoignages et de revenir sur la notion de mortalité évitée. Celle-ci s'avère en effet très délicate à appréhender. Le caractère vital des opérations de sauvetages, en particulier par hélitreuillage, est souvent rapporté à propos des inondations récentes étudiées. Lors des inondations de juin 2010 dans le Var, Belin et Moulin (2013) affirment que « *les moyens de secours engagés ont cependant permis de sauver 2450 personnes, dont 1100 par des sauvetages au sol et 1350 par des sauvetages aériens, 300 personnes ayant évité une mort certaine* ». Bien qu'il soit évident que les interventions de secours aux personnes en situation de danger permettent d'alléger le bilan humain imputable à une inondation, ce nombre conséquent de décès évités permet néanmoins de s'interroger sur le caractère « certain » du décès sans opération de sauvetage. En effet, les informations disponibles sur ces évènements ne sont pas suffisamment précises pour analyser les circonstances du sauvetage et conclure à l'inévitabilité du décès.

► Des progrès à relier avec les caractéristiques de l'aléa : l'exemple de Xynthia, 2010

Le retour d'expérience de la tempête Xynthia dressé par le SDIS de Charente-Maritime établit un bilan de 120 sauvetages pour la seule journée du 28 février 2010. La définition utilisée ici désigne « *l'action de soustraire une personne à un danger grave et imminent* » (SDIS de Charente-Maritime, 2011). Ces actes de sauvetages permettent *a priori* de penser que le bilan aurait pu être plus dramatique encore sans les hélitreuillages et les secours aux personnes en situation de danger. Il est cependant difficile de confirmer le rôle des sauvetages sur la mortalité. En effet pour Xynthia, l'ensemble des décès a eu lieu durant la nuit, par hypothermie ou par épuisement. C'est notamment le cas à la Faute-sur-Mer en Vendée, qui recense la majorité des victimes. Pour cette commune, du fait de conditions météorologiques extrêmement difficiles liées à la tempête, les secours ne sont intervenus qu'au matin. Si les opérations de sauvetages de la matinée ont permis l'évacuation des personnes et de potentiels décès par hypothermie, les décès survenus au domicile durant la nuit n'auraient donc pas pu être évités.

« *Je crois que vers 5-6h il y avait 6 bateaux. Je pense que toutes les personnes qui étaient sortis de leurs maisons vers 6h ont pu survivre. Celles qui sont restées prisonnières sont décédées, ce n'est pas une question de bateau ou pas de bateau. C'était en pleine nuit* » Audition de Monsieur CHABOT Philippe, Colonel chez les sapeurs-pompiers en février 2010 (FENVAC – SOS Catastrophes & Terrorisme, 2014c).

Malgré des moyens techniques plus efficaces à l'heure actuelle que lors d'évènements passés le délai d'intervention des secours ne peut pas être identifié comme un facteur déterminant de la mortalité de Xynthia. Des mesures en amont telles que l'évacuation de la population exposée ou une sensibilisation des habitants au risque auraient toutefois pu contribuer à diminuer le nombre de victimes. Les témoignages des rescapés lors du procès mentionnent à ce titre l'importance d'une bonne culture du risque. Certains habitants, sensibilisés au risque de rupture de digues grâce aux initiatives individuelles de « lanceurs d'alertes » locaux[55], ont mieux interprété l'origine de la montée des eaux et ont pu réagir rapidement et de façon adaptée.

[55] Cf. Annexe 8 et le rôle des époux Annil à La Faute-sur-Mer.

4. Enseignements apportés par l'analyse de la mortalité

L'étude de la mortalité rencontrées lors d'évènements remarquables a permis de capitaliser un grand nombre d'informations (synthétisées sur le Tableau V.1), et offrent de nombreux enseignements sur lesquels il convient de revenir.

4.1. Une mortalité au croisement de facteurs d'exposition et de vulnérabilité

Les facteurs de mortalité sont multiples et se résument rarement à une seule variable. En effet, le croisement des indicateurs de l'aléa et de la mortalité a illustré l'incidence de l'intensité atteinte par le phénomène hydrométéorologique sur le nombre de victimes. Une intensité exceptionnelle (appréciable en partie à travers la période de retour), ou encore la soudaineté de l'aléa, revêtent à ce titre un rôle particulier. Apprécier l'aléa ne suffit toutefois pas à expliquer entièrement le caractère meurtrier d'une inondation. La vulnérabilité du territoire exposé doit entrer en ligne de compte. Celle-ci peut être appréciée en renseignant les variables liées aux décès (circonstances, profil des victimes, date ou lieu du décès). Un grand nombre de décès survenus au domicile peut ainsi souligner une inadaptation ou la vulnérabilité du type de bâti. L'âge des victimes joue également un rôle important. Une population âgée peut s'avérer particulièrement vulnérable comme lors de Xynthia en 2010.

► **Des « poches de mortalité » issues d'une vulnérabilité « passive » ?**

Dans sa thèse, Boissier (2013) opère « une distinction entre les grandes catastrophes marquées par une vulnérabilité « passive » liés aux facteurs externes à la victime et des petits évènements où l'importance des comportements dénote le passage à une vulnérabilité plus « active » où la victime est en grande partie responsable de son décès.»
Dans notre analyse, bien que la part de décès imputable à des comportements dangereux ne soit pas à négliger, la plus grande part de mortalité survenue lors d'inondations remarquables réside dans une forme de vulnérabilité passive, tendant à affirmer ce constat. Cela semble en particulier le cas au sein des « poches de mortalité », identifiées grâce à la localisation des victimes. En effet, pour ces secteurs, la mortalité paraît davantage résulter de la combinaison entre un aléa particulièrement intense et des facteurs de vulnérabilité propres au territoire. Ce fut par exemple le cas en mars 1930 à Moissac ou en février 2010 à la Faute-sur-Mer où la violence des ruptures de digues, associée à un type de bâti et une population vulnérable (faible conscience du risque, population âgée à La-Faute-sur-Mer…) ont contribué au lourd bilan humain.

4.2. Une gestion de crise au cœur de la réduction de la mortalité

4.2.1. Une alerte à la population déterminante dans le bilan humain d'une inondation

Un autre constat établi par l'exploration de la mortalité lors d'évènements remarquables d'inondations réside dans le rôle déterminant de l'alerte aux populations. Le poids de phénomènes soudains et difficilement prévisibles sur le nombre de victimes appuie ce constat, tout comme le nombre conséquent de décès survenu au domicile, témoignant de l'incapacité des victimes à trouver un espace refuge. Lors d'évènements remarquables, l'alerte a souvent été jugée comme défaillante. Les exemples développés montrent que ces défaillances peuvent survenir suite à des problèmes structurels tel qu'en octobre 1940 où la faiblesse du réseau d'annonce des crues est évoquée. De même, un protocole d'alerte météorologique inadapté face à un aléa aussi atypique que celui du cyclone Hyacinthe est évoqué suite aux inondations de janvier 1980.

Des facteurs conjoncturels, liés aux caractéristiques spatio-temporelles de l'aléa peuvent également être éclairés. Le jour ou l'heure d'occurrence de l'aléa peut par exemple contribuer à complexifier la gestion de crise. En mars 1930, le pic de crue intervient durant un weekend alors que les bureaux télégraphiques sont fermés, ce qui a contribué à retarder la transmission des messages. En octobre 1940, l'heure du pic de crue, en pleine nuit, est évoquée comme raison explicative des délais relevés dans l'alerte aux populations et à l'évacuation des personnes (Ribes, 1982). La durée de l'aléa est aussi déterminante. Les aléas brefs et localisés permettent rarement à la population de fuir avant l'arrivée de la submersion. Ce fut le cas en décembre 1959 lors de la rupture du barrage de Malpasset. Le fort taux de mortalité dans la haute vallée du Reyran s'explique en partie par la vitesse de propagation de la vague. Dans une logique similaire, le cyclone Hyacinthe a pu être identifié comme un risque « scélérat », c'est-à-dire un phénomène habituel dont l'annonce fut sous-estimée tant par les acteurs territoriaux que par les riverains (Dedieu, 2009). La longue durée des précipitations a pris au dépourvu des gestionnaires confrontés à un système d'alerte alors basé uniquement sur l'intensité cyclonique et a semé la confusion auprès des populations exposées.

4.2.2. Des failles à l'origine de réformes

Les évènements remarquables et les retours d'expérience réalisés à leur sujet ont permis de mettre en évidence des failles au sein de la gestion de crise ou de la prévention des inondations. Ces dernières sont souvent une piste de réflexion pour l'amélioration des dispositifs de gestion de crise. L'évènement d'octobre 1940 participe ainsi à la volonté de refonte du système d'annonce des crues dans les Pyrénées-Orientales suite au constat d'une trop faible prévision. En janvier 1980, Hyacinthe a éclairé l'inadaptation du système d'alerte face à un aléa pluviométrique pourtant intense et récurrent dans cette région du globe.

Désormais, une vigilance « fortes pluies » existe, permettant de penser qu'un aléa similaire à Hyacinthe serait mieux géré à l'heure actuelle (Brocas, 2013). L'inondation ne possède ainsi pas que des conséquences négatives mais sert également de base de réflexions pour les futures politiques de gestion des risques (Chapitre VI, section 4.1.).

4.2.3. La difficile évaluation de l'efficacité des politiques de gestion de crise

Résultant en partie d'évènements remarquables, les progrès réalisés en matière de gestion de crise (en particulier sur les dispositifs d'alerte et d'opérations de secours) peuvent être perçus comme des facteurs de réduction de la mortalité lors d'inondations. En effet, l'absence ou les failles dans l'alerte se sont révélées être des facteurs favorisant les décès. L'exemple développé à propos de mars 1930 a montré qu'il en était de même pour les opérations de secours. Démontrer l'incidence des améliorations de gestion de crise sur le nombre de victimes demeure toutefois une question délicate qui se heurte au manque d'informations. De nouvelles études pourraient en ce sens être engagées de façon à identifier les paramètres permettant d'expliquer l'évitement d'un décès. Il serait intéressant d'obtenir les informations précises dans lesquelles les sauvetages ont été « vitaux » pour l'individu rescapé (ce qui nécessite auparavant de mettre au point une définition du caractère vital d'un sauvetage).

Malgré l'amélioration générale des politiques de gestion de crise, les circonstances de mortalité lors d'évènements remarquables montrent qu'une bonne alerte et des secours efficaces ne permettent pas toujours d'éviter le décès. Des facteurs sur lesquels les autorités peuvent difficilement agir jouent également un rôle prépondérant. Cela peut être lié à un aléa spécifique qui empêche les opérations de sauvetage comme lors de Xynthia en février 2010 (conditions météorologiques difficiles), à un nombre très élevé de sites en danger, ou encore à des comportements à risque régulièrement mis en lumière lors d'évènements remarquables.

4.3. Une vulnérabilité active et individuelle au premier plan de la mortalité

Si la gestion de crise (et plus particulièrement la transmission de l'alerte) est un facteur clé de la mortalité, l'analyse a également révélé le poids de facteurs de vulnérabilité dits « actifs». Ces derniers résultent non pas de la vulnérabilité intrinsèque aux caractéristiques du territoire ou de la victime mais davantage du comportement de l'individu face au risque. Les comportements individuels conditionnent en ce sens la réponse des populations lors de l'annonce du danger et peuvent expliquer le décès y compris lorsque l'alerte a eu lieu. Quatre principaux types de comportements dangereux ont pu être distingués lors d'évènements remarquables d'inondations.

- *Les décès intervenant lors de la sauvegarde de biens ou d'animaux de compagnie.* Contrairement à Wilson (2006), nous choisissons d'inclure ici la préservation du cheptel dont la motivation réside également dans une dimension financière. C'est notamment le cas

en octobre 1940 comme l'a révélé le comportement des agriculteurs voulant à tout prix sauver leur cheptel malgré l'annonce d'un danger imminent.

- *Les comportements liés à la sous-estimation du danger.* Ce type de comportement regroupe plusieurs circonstances de décès. Cela peut être la recherche du spectacle ou de l'adrénaline générée par le phénomène naturel et évoqué comme un facteur clé de la mortalité en janvier 1980 à La Réunion. L'absence de prise au sérieux du danger peut également mener à des refus d'évacuation du lieu d'habitation. Ce type de circonstances est mentionné à propos des inondations de mars 1930 à Moissac : des habitants n'ont pas voulu évacuer leur domicile avant les ruptures de digues malgré l'annonce du danger durant la journée.
- *L'emprisonnement de personnes surprises dans leur véhicule*, est un autre comportement individuel à l'origine de décès, en particulier dans les petits bassins versants (Ruin *et al.*, 2008). Il fut notamment relevé à propos des inondations de novembre 1999 et de mars 1930.
- Les *opérations de secours aux personnes* peuvent également être à l'origine du décès. La mortalité des hommes à Montauban en mars 1930 peut ainsi s'expliquer par le poids des opérations de sauvetage individuelles. Ce facteur est également relaté lors des inondations de janvier 1910 et décembre 1959 où surviennent des décès de personnels de la sécurité civile.

L'ensemble des comportements individuels relatés ci-dessus met en lumière la persistance de comportements dangereux lors d'évènements remarquables. Malgré des progrès certains en termes de gestion de crise, la tâche des autorités demeure difficile pour agir directement sur ces facteurs de vulnérabilité individuels. Le comportement que va adopter l'individu lors de l'inondation dépend ainsi de sa perception personnelle du danger. En dépit de leur caractère en apparence « incompressible » (Vinet *et al.*, 2012b), le déploiement de politiques de prévention visant à développer une culture locale du risque peut être considéré comme une manière indirecte d'agir sur ce facteur.

4.4. Une démarche comparative soulignant l'évolution des facteurs de mortalité

L'analyse de la mortalité a finalement offert des pistes sur l'évolution des facteurs de mortalité entre évènements d'inondations. Dans un premier temps des facteurs de mortalité persistent entre évènements anciens et récents. Les décès lors de déplacements, facteur de mortalité attesté lors de crues rapides (Kundzewicz et Kundzewicz, 2005, Ruin, 2010), s'illustrent également souvent lors d'évènements remarquables aussi bien anciens (mars 1930, octobre 1940, janvier 1980) que récents (novembre 1999, septembre 2002, juin 2010). Un même postulat peut être établi pour la vulnérabilité des populations résidant dans des logements temporaires. Evoqué par les pouvoirs publics suite au cyclone de janvier 1948 à La Réunion puis ravivé à l'occasion de Hyacinthe, la vulnérabilité de l'habitat temporaire s'est également illustrée il y a peu lors des inondations de l'automne 2014 dans l'Hérault à l'origine de 4

victimes dans un camping de Lamalou-les-Bains. Ces circonstances sont étrangement similaires avec celles répertoriées lors de l'inondation du Grand-Bornand en 1987 (23 victimes).

Par ailleurs, une évolution est perceptible au sujet de certains facteurs de mortalité. Par exemple, les décès survenant au domicile proviennent principalement de l'effondrement de celui-ci lors d'évènements passés tels que mars 1930 et octobre 1940. A l'inverse, lors d'évènements récents tels que novembre 1999 et février 2010, ces circonstances de décès font davantage écho à un type de bâti inadapté construit sans étage-refuge ainsi qu'à la vulnérabilité individuelle des victimes. La vulnérabilité structurelle du bâti s'inscrit comme un facteur moins fréquent lors d'épisodes récents. Dans un même ordre d'idée, les opérations de sauvetage d'ordre individuel sont souvent à l'origine de prise de risques menant au décès dans les évènements anciens tels que mars 1930. La professionnalisation des services de secours semble avoir permis une réduction de ce facteur de mortalité et une diminution générale du nombre de victimes.

4.5. Des perspectives autour de la mortalité d'évènements passés

4.5.1. Des perspectives de recherches sur les évènements passés

L'élaboration d'une base de données a permis de capitaliser les informations et de distinguer des facteurs de mortalité lors d'évènements remarquables d'inondations. Bien que le nombre de victimes constitue un facteur incompressible et intangible particulièrement adapté à une démarche rétrospective et comparative, de nombreuses incertitudes gravitent autour de cette question, en particulier pour les évènements anciens. Afin de pallier ces limites, un croisement de sources documentaires doit être réalisé avec précaution. Dans le cadre de notre étude, ce travail a permis de montrer que le bilan des catastrophes passées semble bien souvent sous-estimé. Le bilan humain grossit d'environ 10% pour des évènements antérieurs aux années 1950. La méthodologie développée pour recenser les décès à Moissac pourrait néanmoins être poussée et faire l'objet de recherches documentaires spécifiques. De même, une perspective de recherche intéressante s'articule autour de l'exploration de la mortalité lors des évènements d'inondations particulièrement meurtriers de la fin du XIXe siècle. Un travail d'analyse historique pourrait en effet être mené afin de révéler les facteurs de mortalité lors de ces évènements tels que celui de juin 1875 sur la Garonne.

4.5.2. Des enseignements pour les gestionnaires

Pour conclure, l'analyse de la mortalité via l'exploitation de sources documentaires parfois anciennes est ainsi à l'origine de nombreux enseignements pour les gestionnaires du risque. En effet, notre analyse a pu montrer que les décès lors d'une inondation relèvent rarement d'une contingence mais s'inscrivent dans un processus causal complexe, mêlant facteurs d'aléa, exposition et vulnérabilité des territoires. Face à ce constat, qui rappelle également le

caractère hybride de la catastrophe, quelques recommandations peuvent être émises pour les gestionnaires.

En premier lieu, une base de données sur la mortalité pourrait être établie, permettant de recenser les nouveaux cas de décès survenant lors d'inondations (majeures ou non). L'étude de la mortalité pourrait par ailleurs être davantage développée au sein des retours d'expérience au vu de l'apport de cette information. Une analyse de ce type pourrait en effet contribuer à mettre en lumière les failles rencontrées lors de la gestion de crise, et pointer du doigt les principaux facteurs de vulnérabilité sur lesquels doit se concentrer la prévention.

En second lieu, face au grand nombre de décès relevés au domicile lors d'inondations remarquables (à la fois lors d'évènements anciens ou récents), des efforts peuvent être engagés autour des politiques de mitigation du bâti en amont de l'évènement. Des initiatives pourraient dans cette optique être mises en place de façon à vérifier la nature des bâtiments exposés à une inondation, et mener si besoin est des travaux de réfection de façon à atténuer la vulnérabilité de ces habitations. A ce sujet, l'expérience ALABRI menée par l'EPTB Gardon a mis en évidence le nombre important d'habitations dont le plancher n'atteint pas la cote de référence du PPRI, posant de sérieuses inquiétudes quant aux potentiels décès causés par une forte inondation (Jadot *et al.*, 2015). Ce genre d'initiatives pourrait être généralisé et être rejoint par des organismes s'occupant habituellement de la vétusté des bâtiments tels que l'ANAH (sollicité lors de l'expérience ALABRI). A ce titre, des subventions pourraient être par exemple allouées lors de la réfection d'un bâtiment, de façon à encourager les propriétaires à mener des travaux de réduction de vulnérabilité.

D'un autre côté, nous avons vu le poids des phénomènes « soudains » tels que les ruptures de digues, les glissements de terrains, ou de ruissellement intense lors d'évènements remarquables. Le bilan humain conséquent imputable à ces aléas pointe du doigt l'importance de considérer les effets induits par l'aléa hydrométéorologique pour les gestionnaires du risque. Envisager divers scénarios de ruptures de digue peut par exemple se révéler riche en enseignements. Des travaux similaires à ceux menés par Lumbroso *et al.* (2011) avec le modèle Life Safety Model pourraient en ce sens être généralisés et appliqués sur d'autres territoires. Il serait par exemple judicieux de s'interroger sur les impacts actuels d'une inondation à Moissac comme en mars 1930 au regard de l'extension des enjeux (Danière, 2014, Boudou *et al.*, 2015b). Dans une même optique, le rôle des aléas soudains souligne l'importance de l'alerte aux populations. Des efforts doivent en ce sens être fournis pour améliorer la prévisibilité des crues dans les petits bassins versants. De même, la généralisation des réseaux sociaux participatifs s'inscrit comme un levier de prévention prometteur comme le précise Boissier (2013).

Enfin, l'analyse de la mortalité a montré le poids de facteurs individuels (octobre 1940, janvier 1980, novembre 1999). Cet aspect, déjà évoqué auparavant, montre l'importance des politiques de préventions centrées autour de la culture du risque possible notamment par des actions de communication aux populations exposées.

Evènement	Nombre de décès	Commune la plus touchée (nb décès -% total)	Journée recensant le plus de décès	Aléa explicatif	Principales circonstances de décès	Tranche d'âge la plus touchée (% du total)	Pourcentage de victimes masculines	Pourcentage de victimes féminines	Pas d'information sur le genre
1910	17	Château-Landon (7 – ***41%***)	21 janvier 1910 (vendredi)	Inondation - Effondrement de terrain	Extérieur (opération de sauvetage) - Domicile	-	47%	-	53%
1930	230	Moissac (130 – ***57%***)	Nuit du 3 au 4 mars (lundi à mardi)	Inondation - Rupture de digue	Domicile - Extérieur (opération de sauvetage)	61-80 ans (***30%***)	55%	42%	3%
1940	57	Arles-sur-Tech (16 – ***28%***)	Soirée du 17 octobre (jeudi)	Inondation - Glissement de terrain	Domicile - Extérieur (Piéton)	21-40 ans (***23%***)	51%	44%	5%
1947	10	Scy-Chazelles (5-***50%***)	-	Inondation - Coulée de boue	Domicile	-	30%	10%	60%
1959	424-500	Fréjus (**Totalité**)	2 décembre (mercredi)	Inondation (vague de submersion)	Domicile	0-20 ans (***24%***)	49%	41%	10%
1980	25	Salazie (10-***40%***)	28 janvier (lundi)	Inondation - Glissement de terrain	Domicile - Extérieur (Piéton)	0-20 ans (***86%***)	64%	36%	-
1999	35	Cuxac d'Aude (5-***14%***)	Soirée - Nuit du 12 au 13 novembre (vendredi à samedi)	Inondation - Ruissellement - Glissement de terrain - Rupture de digue	Domicile - Extérieur (Véhicule)	61-80 ans (***31%***)	57%	33%	-
2010	41	La Faute-sur-Mer (29 -***71%***)	Nuit du 28 février (dimanche)	Submersion marine - Rupture de digue	Domicile	61-80 ans (***46%***)	46%	54%	-

Tableau V.8 Tableau récapitulatif des informations relatives à la mortalité lors d'évènements remarquables

Synthèse du Chapitre V

Nous avons produit une analyse des facteurs explicatifs de la mortalité rencontrés lors d'évènements remarquables d'inondation.

Dans un premier temps, un rappel des différents enjeux et objectifs gravitant autour d'une étude de la mortalité a été effectué. Cet aspect de l'évènement d'inondation a pu être distingué comme peu étudié par les politiques publiques, et ce en dépit d'une information souvent riche en enseignements et particulièrement adaptée à une étude rétrospective.

Dans un second temps, une étude des principales caractéristiques de la mortalité a été réalisée à partir de l'exploitation des sources documentaires. Une nouvelle estimation du nombre de victimes recensées lors de ces évènements est ainsi présentée, laquelle a été mise en relation avec la localisation, le lieu, les causes et circonstances ou encore le profil des personnes décédées durant l'évènement.

Dans un troisième et dernier temps, les caractéristiques de la mortalité ont été interrogées et mises en relations avec des facteurs explicatifs. L'analyse démontre ainsi la corrélation entre la répartition spatiale des victimes et l'intensité hydrométéorologique du phénomène, illustrée ici avec les inondations de mars 1930 et de nombre 1999. Ce lien doit toutefois être relié avec le poids d'autres facteurs explicatifs faisant écho à la complexité de l'évènement remarquable d'inondation. Il s'agit en premier lieu de l'exposition et de la vulnérabilité du bâti qui entrent en considération pour expliquer les nombreux décès des évènements de mars 1930, d'octobre 1940 et de février 2010. L'analyse des cas d'étude (1930, 1940, 1980) a par ailleurs permis de mettre en évidence l'importance de la gestion de crise (alerte et opérations de secours) comme leviers de prévention pour les autorités. Une défaillance de ces paramètres a en effet pu être jugée comme une cause récurrente de mortalité et joue notamment un rôle décisif dans la présence de comportements à risques.

Chapitre VI. La gestion de l'évènement remarquable par la société

Photographie Chapitre VI : « Les inondations de Nancy (1947) » Rue Sellier, Collection Pierre Boyer ©

Introduction du chapitre VI

Selon la définition d'un évènement remarquable donnée en début de thèse (Chapitre I, section 2.2.1.), un évènement n'est remarquable que s'il est distingué comme tel par la société. Comme le risque et la catastrophe, l'évènement remarquable est le fruit d'une construction culturelle, sociale et politique (Quenet, 1999, Allard, 2001). Ce constat permet de s'interroger sur le rôle de la société dans le processus de remarquabilité. De quelle manière la société construit-elle le caractère remarquable d'une inondation ? La caractérisation des évènements permet-elle d'aborder ce registre social ?

Le processus de construction de l'évènement remarquable est examiné dans ce chapitre à travers l'étude de la gestion de l'évènement par la société, c'est-à-dire la façon dont la société agit et réagit face aux conséquences dommageables de l'inondation. Selon Thouret et D'Ercole (1996), la gestion constitue le dernier maillon de la réponse d'un individu lorsqu'il est confronté à une crise : « *il entend l'information, confirme puis comprend le message, en personnalise la teneur et enfin entreprend l'action* ». En reprenant cet aspect à notre compte, les modalités de gestion de l'évènement sont considérées comme le reflet de la perception du caractère remarquable de l'inondation par la société. En se fondant sur les critères de la grille de lecture, les monographies de cas d'étude se sont focalisées sur un certain nombre de répercussions socio-politiques et ont offert une diversité de situations qu'il est possible de questionner. L'analyse de ces répercussions permet-elle de voir comment la société gère l'évènement remarquable d'inondation ? Cette gestion participe-t-elle au diagnostic de la remarquabilité d'une inondation ? En s'interrogeant sur ces aspects, est-il possible de voir si ces répercussions ne sont pas seulement un reflet de la remarquabilité mais participent également à sa production ?

Pour répondre à ces questions, trois types de répercussions sont distingués et étudiés à savoir :

- les impacts médiatiques et les mesures d'urgences, permettant d'acquérir une vision des conséquences immédiates de l'inondation et leurs rôles dans la remarquabilité,
- les mesures socio-politiques témoignant de la recherche des causes et des responsabilités, dont l'examen permet de faire ressortir les facteurs invoqués pour caractériser l'évènement remarquable,
- les mesures politiques à plus long terme issues d'un évènement remarquable, offrant une idée du rôle de prises de décisions politiques dans le caractère remarquable d'une inondation.

1. Les répercussions post-évènement : marqueurs ou facteurs de remarquabilité ?

1.1. Les enjeux d'une analyse de la gestion de l'évènement

1.1.1. Une analyse de la gestion de l'évènement pour critiquer la grille de lecture

Parmi les différents critères de la grille de lecture utilisée pour caractériser les événements d'inondation figurent une série de critères relatifs aux répercussions socio-politiques ou médiatiques de l'évènement. Des critères de court et moyen termes ont ainsi été distingués, associés à la gestion de crise et à la post-crise. Puis, d'autres critères, de long terme, ont été identifiés, relatifs aux prises de décisions politiques issues de l'inondation, aux impacts judiciaires ou encore aux formes de représentations culturelles de l'évènement. Ces diverses répercussions ont ainsi été intégrées sur un même niveau d'analyse que des critères plus quantitatifs propres à l'aléa hydrologique et aux dommages et ont été considérées comme révélatrices de la réponse apportée par la société suite à l'évènement. Ce parti pris lors de la sélection des critères soulève cependant quelques problèmes méthodologiques. Si l'aléa et les dommages sont couramment utilisés par les sciences de l'ingénieur pour caractériser l'exceptionnalité ou la gravité d'un évènement, les répercussions socio-politiques d'un évènement appartiennent aux sciences sociales telles que l'anthropologie, la sociologie ou l'ethnologie. A ce titre se pose une interrogation sur la pertinence des indicateurs choisis lors de la grille de lecture. Les répercussions identifiées lors de l'établissement de la grille d'analyse sont-elles des indicateurs adaptés pour comprendre le rôle de la gestion de la société dans la remarquabilité d'une inondation ?

1.1.2. La place de la gestion de l'évènement dans la remarquabilité

L'un des enjeux de ce chapitre est d'analyser le rôle de la gestion de l'évènement dans le système de l'évènement remarquable d'inondation. L'examen des répercussions socio-politiques dans la monographie de mars 1930 (Chapitre III) a mis en évidence les nombreuses formes de gestion engendrées par cet évènement : visite présidentielle, solidarité venue de l'étranger, prises de décisions politiques, suites judiciaires… Les synthèses réalisées sur les autres évènements ont mis en lumière des comportements similaires et questionnent sur la manière dont la société gère l'évènement remarquable et quelle importance cette gestion revêt pour la remarquabilité.

L'analyse de l'aléa (Chapitre IV) a montré que des boucles de rétroactions existent dans le processus de production. L'intensité d'une inondation peut entraîner des ruptures de digues qui contribuent à aggraver l'aléa. Le rôle de ces facteurs aggravant de l'aléa constitue par ailleurs une cause manifeste d'endommagement (Chapitre V, section 3.1.5.). Ces effets dominos, induits par les caractéristiques de l'inondation, se révèlent ainsi comme des facteurs décisifs de l'évènement remarquable. Une interrogation similaire est possible sur la gestion de la société. Il est intéressant à ce titre de faire référence à la notion de « crise ». Selon Gilbert (2003b), celle-ci s'articule autour de deux dimensions : « *celui de l'évènement, de ses effets dévastateurs, et celui des collectivités elles-mêmes dont les réactions peuvent amplifier l'état de crise, tout comme d'ailleurs l'action des médias* ». En accord avec cette définition, la crise n'est pas seulement liée à l'aléa et à ses dommages, mais est également issue de la façon dont la société gère l'évènement. Cette gestion serait susceptible, via des effets domino et des rétroactions, d'amplifier la situation. Qu'en est-il cependant pour un évènement remarquable ? La gestion de l'évènement ne pourrait-elle pas être à l'origine d'une accentuation du caractère remarquable de l'inondation ? Le traitement de l'inondation met-il en avant la remarquabilité d'une inondation ? La venue d'une personnalité politique sur un territoire sinistré par une inondation, identifiée comme un critère dans la grille de lecture, est-elle uniquement le reflet de la remarquabilité de l'inondation ? Cette visite n'est-elle pas également un facteur de remarquabilité, entraînant de nouvelles répercussions qui tendent à distinguer l'inondation par la société ?

1.2. Une analyse pour couvrir les différentes temporalités de l'évènement remarquable

Lors de l'établissement de la grille de lecture, les répercussions de l'évènement remarquable ont été distinguées en fonction de leur délai d'apparition après l'inondation. L'analyse de la gestion de la société est une opportunité d'aborder l'ensemble de la période des impacts de l'évènement. Pour ce faire, une vision de ces différentes temporalités est possible.

1.2.1. Les temporalités des répercussions post-évènement

La gestion d'une inondation peut être décomposée selon différentes temporalités. En reprenant la classification donnée par Vinet (2010), on peut distinguer :

- La phase **de pré-crise** qui correspond à la prévention en amont de l'aléa destructeur.
- La phase de **crise** qui désigne la phase de perturbation de l'aléa. Nous nous situons dans cette phase tant que les secours sont opérationnels et que des biens sont en danger.
- La phase de **post-crise** qui définit quant à elle l'étape de rétablissement des fonctions vitales de la société. Elle dure de une à plusieurs semaines voire quelques mois suivant les caractéristiques de l'aléa. C'est durant cette phase que s'organisent l'évaluation des pertes dommageables et l'aide aux populations sinistrées.

- Enfin, la phase dite de **reconstruction** qui débute quelques semaines ou quelques mois après l'endommagement. Elle peut s'articuler sur une durée de 4 à 5 ans mais ne commence que lorsque les crédits à la réparation des territoires sinistrés ont été accordés et que le processus de reconstruction se met en place.

Ces échelles temporelles relatives sont intéressantes à considérer de façon à hiérarchiser les différentes temporalités de l'inondation. Dans ce chapitre nous intéressons principalement aux impacts post-évènement relatifs d'une part au court et moyen terme à travers la **crise** et la **post-crise,** et d'autre part au long terme avec la **reconstruction**.

1.2.2. Une remarquabilité interrogeant les impacts de l'inondation aujourd'hui

Pour notre étude, qui se fonde sur l'évènement remarquable, un autre niveau temporel doit être dégagé afin de caractériser les répercussions et les modalités de gestion d'un évènement. En effet, penser l'évènement remarquable en tant que créateur d'une rupture pour la société nous pousse à nous interroger sur les impacts durables de l'inondation. Selon la définition utilisée en début de thèse, l'évènement remarquable est distingué comme tel par la société. Cette particularité de l'évènement remarquable questionne le rôle des conséquences de l'inondation durant les quatre phases décrites dans ce processus et souligne dans le même temps que d'autres répercussions, dépassant l'échelle de la reconstruction doivent être distinguées. Ce constat nous avait d'ailleurs conduit à distinguer des répercussions correspondantes à ce type d'impacts dans la grille de lecture. Il s'agit par exemple des actions de commémoration de l'inondation lors des dates anniversaires de l'évènement.

1.2.3. Présentation du plan d'analyse

Les limites temporelles de ces phases de répercussions ne peuvent ici pas être appréhendées de manière stricte. Il est en effet parfois difficile de distinguer, séparer les différentes phases de la crise. La phase de post-crise lors de l'évènement de la Somme en 2000-2001 intervient par exemple alors que la submersion est encore en cours, durant la phase de crise. Dans une même optique, le temps de la reconstruction peut couvrir une période longue de près de 10 ans en fonction du degré d'endommagement et des caractéristiques socio-économiques du territoire affecté. Ce chevauchement partiel de certaines phases montre que l'examen des répercussions de l'évènement ne peut pas totalement s'articuler sur une simple démarche chronologique contrairement à celle retenue pour établir la grille de lecture. La complexité des échelles de temps nous pousse à adopter une démarche « mixte », à la fois thématique et temporelle, centrée sur les objectifs et les formes des répercussions socio-politiques. A ce titre, trois axes principaux sont dégagés dans ce chapitre :

1. **L'analyse des impacts médiatiques et mesures d'urgences**
   Cet axe de questionnement concerne les réactions immédiates de la société durant la période de gestion de crise. Il se focalise d'une part sur les impacts médiatiques, d'autre part sur le rôle des interventions extérieures et finalement sur le rôle des visites politiques suite à l'inondation. L'enjeu est ici d'apprécier la réaction immédiate de la société. De quelle manière s'effectue le traitement médiatique de l'évènement

remarquable ? Dans quelles dimensions et sous quelles formes ? Quelles mesures témoignent de l'intervention d'acteurs extérieurs au territoire affecté ? La visite d'une personnalité politique et plus précisément celle d'un Président reflète-t-elle le caractère remarquable de l'évènement ?

2. **La recherche des causes et des responsabilités**
   En accord avec Dourlens (2003), cette recherche est fréquente après l'inondation. Elle permet notamment d'apprécier la perception de l'origine de l'évènement mais également la façon dont la société gère l'explication du phénomène durant la période de post-crise. Que souligne cette recherche des causes et des responsabilités dans la remarquabilité d'une inondation ?

3. **L'examen des prises de décisions politiques**
   Cet axe interroge tout d'abord sur les mesures politiques découlant directement d'un évènement remarquable d'inondation, durant la reconstruction et jusqu'à nos jours. Quelles prises de décisions politiques un évènement remarquable génère-t-il ? Pourquoi ? Ces mesures participent-elles à la remarquabilité de l'inondation ? Nous allons nous intéresser par ailleurs aux mesures politiques relatives à la patrimonialisation de l'évènement. Ces mesures, menées parfois par des collectivités, des passionnés, des universitaires, contribuent-elles à la mise en mémoire et à la remarquabilité de l'évènement ?

2. Le poids des impacts médiatiques et des mesures d'urgences

2.1. Le rôle des médias dans la construction de l'évènement remarquable

Selon Nora (1974), le traitement médiatique participe à la création d'un évènement. « *Presse, radio, images n'agissent pas seulement comme des moyens dont les événements seraient relativement indépendants, mais comme la condition même de leur existence. La publicité façonne leur propre production. Des événements capitaux peuvent avoir lieu sans qu'on en parle* », concède l'historien. Mais « *le fait qu'ils aient eu lieu ne les rend qu'historiques. Pour qu'il y ait événement, il faut qu'il soit connu* ».
Cette définition rappelle que l'évènement est créé par les médias. Qu'en est-il lors d'un évènement remarquable d'inondation ? Les médias participent-ils à la construction de la remarquabilité de l'inondation ?

2.1.1. Les sources de données exploitées

Plusieurs sources ont été privilégiées pour explorer les impacts médiatiques des évènements remarquables d'inondation, distingués ici entre évènements anciens (avant 1945) et évènements récents (1945 à nos jours).

- **Pour les évènements antérieurs à 1945**, nous nous sommes appuyés sur l'exploitation de la presse nationale, disponible en libre-accès dans la base de données Gallica[56] de la BnF. Les principaux quotidiens français y sont renseignés jusqu'à la fin de la Seconde Guerre Mondiale, date à laquelle de nombreux journaux disparaissent (notamment suite à leur collaboration avec le gouvernement allemand). Plus ponctuellement, des sources de presse régionale ont également été sollicitées. Cette information demeure cependant plus difficile d'accès. Seules certaines bases de données numériques permettent d'accéder à cette information : Rosalis[57] pour l'Express du Midi sur les inondations de mars 1930, celle de l'Université Franche-Comté[58] pour le Petit Comtois sur les inondations de janvier 1910 à Besançon. Des articles de presse régionale récoltés dans les centres d'archives ont également été utilisés.
- **Pour les évènements postérieurs à 1945,** nous nous sommes principalement fondés sur l'exploitation des articles de presse régionale et nationale disponibles en ligne. La base d'information de l'Institut National de l'Audiovisuel (INA) a constitué une source complémentaire particulièrement utile afin d'étudier les répercussions médiatiques de l'évènement de 1959 (pour lequel les coupures de presse demeurent

[56] URL : http://gallica.bnf.fr/
[57] URL : http://rosalis.bibliotheque.toulouse.fr/
[58] URL : http://adcost-elliadd.univ-fcomte.fr/petit-comtois/

rares). L'examen des répercussions médiatiques de l'évènement de janvier 1980 correspondant au cyclone Hyacinthe à La Réunion s'est quant à lui reposé sur des ouvrages de presse régionale, récoltés dans le cadre du travail de stage de Brocas (2013).

La disponibilité des informations médiatiques varie fortement selon le cas d'étude. Si certains évènements, notamment les plus récents, sont largement documentés, d'autres souffrent d'un manque d'information. Cet aspect peut traduire une moindre attention accordée à l'évènement à l'époque de l'inondation (jugé comme peu digne d'intérêt) ou une information médiatique difficilement accessible (l'évènement de décembre 1947 n'est par exemple pas couvert par la période renseignée dans Gallica, complexifiant son analyse).

2.1.2. L'ampleur du traitement médiatique des évènements remarquables

D'après les sources documentaires exploitées, l'évènement d'inondation fait son apparition dans les médias quelques jours après sa survenance. Afin d'attester de l'importance médiatique d'un évènement, il est tout d'abord possible de s'interroger sur sa dimension spatiale. Un long traitement médiatique d'une inondation dans la presse nationale a été considéré comme le reflet d'une forte attention de la société sur l'évènement et a donc été choisi comme un indicateur de remarquabilité dans la grille de lecture (Chapitre II, section 2.3.). L'analyse des monographies permet de revenir sur le poids de cette ampleur médiatique. Les évènements sélectionnés sont-ils l'objet d'une médiatisation nationale ou retiennent-ils davantage l'attention des médias régionaux ?

► Des inégalités dans le traitement médiatique de l'évènement remarquable

L'ensemble des cas d'étude sont mentionnés au moins une fois dans des médias d'importance nationale. Parmi les inondations étudiées, deux groupes se distinguent néanmoins. Des inondations faisant l'objet d'une forte médiatisation dans les médias nationaux sont tout d'abord identifiées. Il s'agit des inondations de janvier 1910, de mars 1930, de décembre 1959, de novembre 1999, de l'hiver-printemps 2000-2001 et de février 2010. Ces évènements sont relayés par de nombreux journaux, figurent souvent en première page ou font parfois l'objet de numéros spéciaux de magazines. Ce dernier aspect est notamment vrai pour les inondations de mars 1930, objet d'un numéro entier de l'hebdomadaire l'Illustration ou pour l'évènement de décembre 1959 traité dans un numéro du magazine Paris-Match. Une majorité des cas d'étude (6 sur 9) semble par conséquent relayée de façon soutenue par les médias nationaux. Un deuxième groupe d'évènements, semblant faire l'objet d'une plus faible attention de la part des médias, se dessine également. Il s'agit des inondations d'octobre 1940, de décembre 1947- janvier 1948 et de janvier 1980. Le traitement médiatique de ces évènements s'effectue principalement à travers la presse régionale. Une étude comparée des évènements de mars 1930 et octobre 1940 est ici proposée pour mettre en lumière ces différences.

► Une analyse de la presse pour illustrer les différences de traitement médiatique (mars 1930 et octobre 1940)

Les répercussions médiatiques d'octobre 1940 peuvent être jugées de faible ampleur à l'échelle nationale au regard des caractéristiques exceptionnelles de l'aléa et des dégâts engendrés. Une comparaison sur cet aspect a été effectué avec l'évènement de mars 1930 survenu 10 ans plus tôt. Le nombre de mentions de l'évènement dans les pages des quotidiens nationaux a été comptabilisé durant les 15 jours qui suivent le paroxysme hydrologique (17 octobre pour octobre 1940 et 4 mars pour mars 1930). Trois quotidiens nationaux été sollicités à cette occasion : Le Matin, Le Petit Parisien, Le Figaro, tous trois disponibles en version numérique sur la plateforme internet Gallica de la BnF. Afin de hiérarchiser l'importance accordée à l'inondation par les médias, une distinction a de plus été faite selon ce le fait que la mention figure à la une ou dans les pages secondaires.

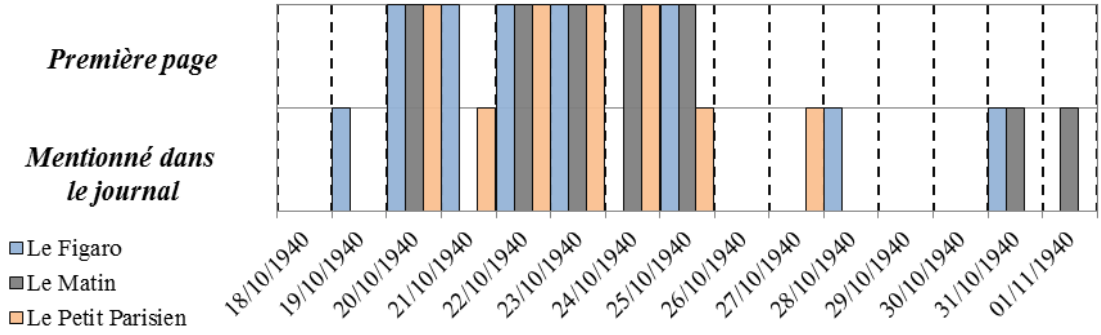


Figure VI.1 Répercussions médiatiques de l'évènement d'octobre 1940 dans trois quotidiens nationaux (17 octobre – 1er novembre)

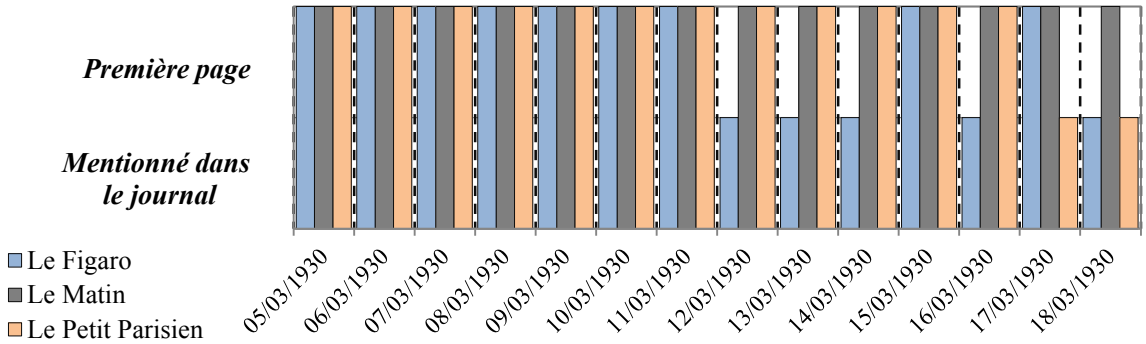


Figure VI.2 Répercussions médiatiques de l'évènement de mars 1930 dans trois quotidiens nationaux (5 – 18 mars)

Les Figure VI.1 et Figure VI.2 illustrent de façon assez nette les différences de traitement médiatique entre les évènements de mars 1930 et octobre 1940. En mars 1930, durant les 15 jours qui suivent le pic d'intensité de l'inondation, l'évènement figure fréquemment en une du journal. Ce n'est qu'à partir du 12 mars, soit près d'une semaine après la brusque submersion de Moissac, que l'évènement est moins appréhendé dans Le Figaro et le 17 mars pour Le Petit Parisien. La mention des inondations d'octobre 1940 dans ces mêmes journaux est plus tardive et s'effectue par une activité moins soutenue. Ces inondations font la une des

quotidiens du 20 au 25 octobre mais, dès la journée du 26 octobre, l'évènement n'est plus relaté en première page et disparaît même fréquemment des autres pages du journal.

► Les raisons d'une moindre attention médiatique : le poids du contexte spatio-temporel

Plusieurs hypothèses peuvent être émises pour expliquer les plus faibles répercussions médiatiques d'octobre 1940 à l'échelle du pays. Tout d'abord, les dommages ont pu être perçus comme de moindre ampleur que ceux relevés en mars 1930. En dépit de nombreuses destructions, la zone inondée est plus restreinte et il y a moins de victimes (sauf en considérant les 300 décès recensés en Catalogne). La faible présence de l'évènement dans les quotidiens nationaux pourrait ainsi être le reflet d'une moindre sévérité. A notre sens, l'une des raisons centrales de cette faiblesse du traitement médiatique réside surtout dans le contexte temporel de l'évènement d'octobre 1940. Les inondations surviennent durant la Seconde Guerre Mondiale et quelques mois seulement après la capitulation de la France en juin 1940. Les journaux d'octobre 1940, sont en raison de ce contexte politique particulier, marqués par les actualités de la guerre qui relèguent au second plan les inondations dans les Pyrénées-Orientales. A titre d'illustration, la journée du 26 octobre, qui marque une plus faible attention médiatique dans la Figure VI.1, intervient le lendemain de la rencontre entre Pétain et Hitler à Montoire, largement couverte par les quotidiens. D'autres facteurs tels que la localisation des Pyrénées-Orientales à la périphérie du territoire français peuvent également être évoqués et mériteraient d'être pris en compte. Dans ce cas c'est toutefois le contexte historique de l'inondation qui semble être l'une des variables explicatives de la moindre attention médiatique portée à l'évènement. L'actualité politique agit ici comme un effet de masque médiatique et contribue à diminuer l'ampleur médiatique de l'inondation. Cet aspect peut être illustré pour d'autres évènements tels que les inondations de novembre 1999. Bien que celles-ci aient fait l'objet de nombreux articles dans la presse, la durée de leur traitement médiatique a été atténuée au profit des tempêtes de décembre 1999, Lothar et Martin (Vinet, 2003).

2.1.3. L'analyse du discours médiatique

Dès lors que l'inondation et son caractère dommageable sont connus, les journaux (écrits ou télévisés) dressent le récit de l'évènement. Au fil de notre analyse, un certain nombre d'éléments ont pu être dégagés et mis en relation avec la remarquabilité d'une inondation.

► Médias et gestion de l'alerte aux populations : l'exemple de décembre 1947

L'analyse rétrospective a révélé que les médias peuvent parfois jouer un rôle direct dans l'aggravation des dommages lors de la transmission de l'alerte aux populations. Ainsi, durant les inondations de décembre 1947, un journal local retransmet un message provenant de l'Ingénieur des Ponts-et-Chaussées et adressé au Préfet et aux maires de Nancy et d'autres communes susceptibles d'être inondées : « *Rivière monte rapidement. Cote inondation semble devoir être atteinte vers minuit. Alerte de nuit.* » (Frontard, 1948)

Si les mots du message sont fidèlement retranscrits par le journaliste, une mauvaise interprétation en est faite dans la suite de l'article, notamment sur le terme de « cote d'inondation ». Selon le vocabulaire du service d'annonce de crue (Frontard, 1948), il désigne « *la cote à partir de laquelle les rives commencent à être submergées et le plan d'eau à s'étaler sur les terrains riverains* » (soit le débit de plein bord). Le quotidien a cependant traduit ce terme comme le fait que le pic d'intensité de l'aléa serait atteint aux alentours de minuit, impliquant de ce fait une crue de moyenne ampleur. La lecture du journal, particulièrement influent dans la région, a conduit un certain nombre d'habitants qui s'attendaient donc à subir une crue moyenne à être surpris par l'exceptionnalité de l'inondation. Ce quiproquo aurait eu d'importantes répercussions, notamment pour l'agglomération nancéenne où les habitants s'attendaient à observer la décrue et ne se seraient pas préparés à l'arrivée de l'inondation (Frontard, 1948).

L'action des médias dans la transmission de l'alerte aux populations, considérée déterminante lors de certains évènements tels que Hyacinthe en 1980 (Brocas, 2013), peut ainsi être à l'origine d'une défaillance pouvant ponctuellement contribuer à une amplification des conséquences.

► **Un discours à l'origine d'une amplification des caractéristiques de l'inondation**

Le récit médiatique des évènements remarquables étudiés s'attache tout d'abord à restituer l'ampleur de l'évènement. Pour ce faire, les médias insistent sur l'endommagement et reprennent fréquemment le nombre de décès imputable à l'inondation. Tant pour les évènements anciens que récents le nombre de victimes figure souvent en titre d'article ou en première page du journal. Un article du 7 mars 1930 paru dans Le Populaire titre par exemple : « *Plus de quatre cent morts dans les inondations du Midi* » (Chapitre III, section 4.3.1.). De même, le journal Le Monde dresse l'état des pertes humaines imputables au 1er mars 2010 : *« Le bilan de la tempête Xynthia s'alourdit à 50 morts »*. Pour ces deux exemples le nombre de victimes est supérieur à celui finalement retenu dans notre analyse. Le gonflement du nombre de victimes, qui peut s'expliquer par une recherche de sensationnel ou par les incertitudes de l'établissement d'un bilan humain suite à un épisode meurtrier, contribue toutefois à exagérer les caractéristiques de l'endommagement. Cet aspect peut par extension contribuer à faire paraître l'évènement plus remarquable qu'il n'est pour la population. Outre l'endommagement, cette amplification de l'évènement par les médias par la manière dont ils retranscrivent l'intensité atteinte par l'inondation. Le journal Sud-Ouest du 21 avril 2010, se basant sur les propos d'un rapport du BRGM, a par exemple indiqué en gros titre que la période de retour d'un tel évènement serait d'environ 10 000 ans (Sud-Ouest, 21/04/2010). Bien que l'interprétation faite par le journal de la période de retour de la tempête soit biaisée et fausse (Chapitre IV, section 2.3.4.) elle exagère l'intensité de l'aléa ce qui a été à l'origine d'une vive polémique retranscrite dans le rapport réalisé par Anziani (2010a).

► Une médiatisation appelant à la solidarité

A travers le récit des dommages et en faisant transparaître les aspects spectaculaires et choquants des évènements les médias peuvent encourager la solidarité nationale. Par exemple, la souscription nationale des inondations de mars 1930 paraît pour la première fois dans le journal hebdomadaire de l'Illustration (Cadihlac, 15/03/1930). Cette solidarité est particulièrement importante pour les évènements anciens antérieurs au régime CatNat pour lesquels l'indemnisation s'effectuait à ce moment-là en grande partie grâce à l'ouverture de souscriptions nationales. Cet appel est fréquent lors des évènements remarquables. Outre 1930, l'incitation à la solidarité nationale voire internationale, encouragée également par les politiques, a aussi été effective pour l'évènement de décembre 1959 (Le Monde, 05/12/1959). Pour cet évènement, des élans de générosité parviennent d'autres départements français et des attestations de compassions de plusieurs chefs d'états étrangers (Angleterre, Allemagne, Espagne…). Cette solidarité internationale, fortement relayée et clairement encouragée par les médias, participe à la reconnaissance internationale de l'inondation mais peut aussi être vue comme le témoin d'une société dépassée par l'ampleur des dommages. Cet aspect, que nous étudierons plus en détail (section 2.2.1.) permet de penser que le discours des médias sert de relais aux caractéristiques remarquables de l'inondation.

► Le rôle du discours médiatique dans l'évènement remarquable ?

Plusieurs liens entre le caractère remarquable d'une inondation et le rôle des média ont été mis en évidence. Le récit de l'évènement peut ainsi mener à une amplification des caractéristiques exceptionnelles de l'aléa ou des dommages et ainsi encourager sa distinction auprès de la société. Par ailleurs, certaines formes du discours médiatiques peuvent faire transparaître des effets de franchissements de seuils dans la gestion de l'évènement. En participant à l'alerte à la population, les médias peuvent par ailleurs influencer le degré d'endommagement des enjeux exposés, participant de ce fait à la construction de l'évènement remarquable. Outre l'alerte aux populations, un fort relais médiatique peut également encourager une prise de décision politique. Ce facteur est notamment mis en avant pour expliquer certains effets d'aubaines lors de déclarations d'arrêtés CatNat comme en 2001 sur le bassin de la Somme (Douvinet et Vinet, 2012a). Ces différents aspects permettent a priori d'attester de l'importance des médias (et par extension de son relais à l'échelle nationale) pour caractériser l'évènement remarquable. Ce constat mérite toutefois d'être nuancé au regard de l'aspect politique du discours médiatique.

2.1.4. Une mise en scène médiatique révélatrice d'une instrumentalisation politique

Pour mettre en évidence le discours politique des médias dans le traitement de l'évènement remarquable, un zoom peut être effectué sur sa mise en scène qui prend souvent un ton « catastrophique ». Afin d'illustrer cet aspect, il est judicieux de s'attarder sur les formes de représentation « graphique » de l'inondation. Pour ce faire, trois couvertures de journaux sont ici présentées (Figure VI.3). Les deux premières proviennent du Petit Journal Illustré et sont relatives aux inondations de 1910 à Paris et 1930 dans le sud-ouest, tandis que la troisième provient du magazine Paris-Match sur la rupture du barrage de Malpasset en décembre 1959.

Figure VI.3 Couverture du Petit Journal illustré (a) du 13/02/1910, (b) du 16/03/1930 ; couverture de Paris-Match (c) du 13/12/1959 (Source : Gallica, Hérodote)

L'analyse représentation graphique des inondations offre plusieurs constats. Des points communs peuvent tout d'abord être dégagés. Les couvertures mettent en avant le caractère catastrophique des inondations à travers des paysages dramatiques : maisons inondées pour 1910, sinistrés en danger de mort suspendus à un arbre pour 1930 et scène de recherche et secours des victimes pour 1959. Sur chacune des trois couvertures l'action des sauveteurs est également mise en avant, illustrant la figure emblématique du secouriste, porté en héros à l'issue de l'inondation. Ces différentes formes de représentations, relevées fréquemment lors des inondations étudiées (aussi bien récentes qu'anciennes), permettent de se demander quels sont les causes et les motifs d' une telle mise en scène catastrophique de l'évènement.

La mise en scène de l'évènement remarquable ressort d'abord être liée d'une recherche du « sensationnel » par les médias. Selon Gaillard (2003), la rupture du barrage de Malpasset a en ce sens constitué un tournant dans l'appréhension médiatique de l'évènement, notamment car c'est l'une des premières fois où une catastrophe est mise en scène par la télévision : « *Ce drame terrible a inauguré le traitement cinématographique et télévisuel de la catastrophe, provoquant un extraordinaire mouvement de solidarité nationale, faisant sans doute à jamais école, et se posant en quelque sorte comme eschatologie du traitement médiatique de la catastrophe* » (Méjean, 2005). Cet exemple rappelle, comme le souligne Cartier (2004), que « *leitmotiv médiatique, les catastrophes*

font vendre du papier ». La communication sur l'évènement est avant tout une source de revenus pour le média et ne constitue donc pas forcément une source d'information objective sur sa remarquabilité. Cela peut expliquer une amplification des caractéristiques exceptionnelles de l'inondation, en particulier aujourd'hui où chaque catastrophe naturelle a tendance à faire l'objet d'une médiatisation intensive, semant la confusion sur sa véritable sévérité.

Les représentations graphiques de la Figure VI.4 illustrent également un message à caractère politique. L'examen de la légende de la couverture du Petit Journal est à ce titre particulièrement éclairant. Elle indique « *Dans un élan généreux, Paris et la France ont secouru les inondés* ». Sur le dessin, la ville de Paris, inondée est représentée par la devise (« *Il est battu par les flots, mais ne sombre pas* ») ainsi que par l'emblème de la cité drapé de noir. La France est quant à elle représentée de façon allégorique avec la présence de Marianne. Cette figure symbolique d'une France forte venant au secours de Paris peut être perçue comme l'affirmation du soutien de l'Etat aux sinistrés dans un contexte marqué par de vives tensions politiques à l'aube de la Première Guerre Mondiale. Dans une optique similaire, l'emploi dans les journaux, du terme « *sinistrés de guerre et sinistrés des inondations* » pour qualifier les populations affectées par les inondations de décembre 1947 traduit une politique d'unification des territoires auparavant sous tutorat Allemand pour le gouvernement (Alsace, Lorraine).

Compte tenu de la variabilité du discours médiatique dans la retranscription de l'inondation, il convient de relativiser l'incidence de ce discours dans l'évènement remarquable. L'exagération du caractère exceptionnel de l'évènement peut aussi être influencée politiquement. Le caractère « marchand » du média ne doit enfin pas être sous-estimé et, bien que l'information médiatique constitue un puits d'information précieux pour étudier les inondations passées, il convient de ne pas oublier que celle-ci est avant tout le reflet d'une époque (Granet-Abisset, 2012).

2.2. Des interventions extérieures durant la gestion de crise

2.2.1. Une intervention d'acteurs extérieurs au territoire

Divers critères de répercussions dans la grille de lecture ont trait au déploiement d'une aide extérieure au territoire pour gérer la crise. Les monographies ont mis en lumière trois types de répercussions correspondant à ce cas de figure :

- Il s'agit en premier lieu de **l'intervention des forces armées**. Celles-ci sont ainsi intervenues durant l'inondation de janvier 1910 à Besançon où des « pontonniers[59] » ont été exceptionnellement dépêchés sur les ponts de la ville afin de retirer manuellement les débris flottants et limiter les pertes de charge (Auteur inconnu, 1910). Ces interventions peuvent également assurer le secours des populations en danger comme le 12 novembre 1999 dans les Pyrénées-Orientales (Lefrou *et al.*, 2000) ou le 28 février 2010 en Vendée et Charente-Maritime au lendemain de la tempête Xynthia (Anziani, 2010b). Les forces militaires peuvent également agir pour rétablir les fonctions dites vitales du territoire : en mars 1930 dans le Tarn-et-Garonne avec la venue d'un bataillon de tirailleurs sénégalais (L'Express du Midi, 21/03/1930) ; en décembre 1959 avec l'intervention d'hélicoptères de l'armée américaine basée à proximité ; ou en janvier et février 1980, suite au cyclone Hyacinthe pendant lequel les hélicoptères « pumas » de l'armée de l'air ont assuré le ravitaillement des populations isolées dans les cirques de l'île (Le Quotidien, 1980, Jouanjean, 2011).
- L'intervention extérieure peut également se traduire par la venue **d'organismes de secours nationaux ou internationaux**. La Croix-Rouge est fréquemment sollicitée : lors des inondations de janvier 1910 sur la Seine (Duchaussoy, 1910, Poulit, 1997), de mars 1930 (Minvielle, 1931, Croix-Rouge française, 2014), de décembre 1959 à Fréjus (Croix-Rouge française, 2014), ou plus lors des inondations de novembre 1999 (Vinet, 2003), du printemps 2001 (Colbeau-Justin *et al.*, 2001) et de février 2010 (Cour des Comptes, 2012).
- **Le recours à la solidarité** pour gérer les réparations d'urgence et l'indemnisation des sinistrés constitue le dernier marqueur caractérisant une aide extérieure. Comme précisé dans les impacts médiatiques, cette solidarité peut être d'ampleur nationale comme en 1947 ou en 2001, pendant lesquels elle a pris forme de dons provenant des autres départements français. Elle peut également revêtir une dimension internationale comme lors des évènements de mars 1930 et de décembre 1959.

[59] Pontonniers : militaires chargés de la construction de ponts en temps de guerre pour permettre le passage des armées.

2.2.2. Entre gestion complexe et contexte favorable

L'énumération des différentes interventions témoigne qu'une aide extérieure a été fréquemment apportée pour gérer l'évènement remarquable ce qui illustre un changement d'échelle dans les acteurs de gestion de crise. L'intervention des forces armées témoigne par exemple de la mobilisation d'acteurs nationaux lors des inondations de la Somme en 2001. De même, le déplacement d'une ONG ou l'expression de solidarité entre différents pays s'ancre sur une dimension internationale. Ce changement d'échelle peut être vu de prime abord comme le marqueur du dépassement de la capacité de gestion des autorités locales et constitue ainsi une illustration du caractère remarquable de l'évènement pour la société.

Ces répercussions doivent cependant ici aussi faire l'objet d'une précaution d'usage. L'intervention de l'armée peut être liée à la présence d'acteurs militaires sur les lieux de l'inondation. C'est le cas à Besançon où l'intervention des « pontonniers » durant l'inondation de janvier 1910 s'explique par le caractère historiquement militaire de la cité, dans laquelle se trouve encore de nombreuses casernes. De même, le recours à la solidarité était, avant le système CatNat, l'une des modalités classiques d'indemnisation des particuliers. Enfin, l'intervention de la Croix-Rouge s'est au fil des années institutionnalisée : elle fait désormais figure d'acteur essentiel de la gestion des catastrophes. Ces différents montrent la nécessité d'analyser avec rigueur l'intervention d'une aide extérieure comme une marque de la remarquabilité de l'évènement.

2.3. Des hommes politiques au chevet des sinistrés

2.3.1. Des évènements remarquables marqués par des visites présidentielles

La visite de personnalités politiques dans les territoires sinistrés est l'une des répercussions politiques de court-moyen terme qui est souvent observée parmi les évènements examinés :

- En **janvier 1910**, le président Armand Fallières rend visite aux communes inondées de la couronne parisienne le 25 janvier, soit trois jours avant le pic de crue de la Seine (Ambroise-Rendu, 1997).
- En **mars 1930**, Gaston Doumergue, Président de la République, accompagné d'André Tardieu, récemment nommé Président du Conseil, se rendent dans les villages sinistrés du Tarn-et-Garonne dès le 9 et 10 mars (Cadihlac, 15/03/1930).
- L'évènement d'**octobre 1940** est ponctué par la visite du secrétaire d'Etat aux communications ainsi que du Ministre de l'Agriculture, Caziot, aux villages les plus affectés tels qu'Amélie-les-Bains-Palalda (Le Matin, 25/10/1940).
- Lors des inondations de **décembre 1947 et janvier 1948**, Robert Schuman, nouvellement élu Président du Conseil et député de la Moselle se déplace dans les régions touchées du nord-est de la France.

- En **décembre 1959**, Charles-de-Gaulle se déplace jusqu'à Fréjus où il inscrit dans le livre d'or de la maire les mots désormais célèbres « Que Fréjus renaisse ! » (Droit, 1959).
- Suite aux inondations de **novembre 1999**, Jacques Chirac se rend dans l'Aude (Dernières Nouvelles d'Alsace, 14/11/1999), suivi quelques jours plus tard par Lionel Jospin (Compte rendu de l'Assemblée Nationale, 16/11/1999).
- Les inondations du cyclone Hyacinthe en **janvier 1980** sont marquées par la présence de Paul Dijoud, ministre délégué à l'Outre-Mer à partir du 22 janvier (Le Quotidien, 26/01/1980).
- Durant les inondations de la Somme en **2000-2001**, Lionel Jospin effectue un déplacement dans les villages alors en proie aux submersions par remontées de nappes (Framery, 2003).
- Enfin, suite aux submersions marines de Xynthia en **février 2010**, Nicolas Sarkozy se rend à La Faute-sur-Mer, une première fois le lendemain de l'inondation le 1er mars, puis une seconde fois le 16 mars (De Vanssay et al., 2011).

La venue de personnalités politiques est donc systématique lors d'un évènement remarquable d'inondation. Une interrogation est cependant possible quant aux motivations de ces visites.

2.3.2. Des visites présidentielles entre compassion et récupération politique

La fonction politique de la « personnalité » en visite traduit en apparence le degré d'importance de l'évènement. La visite du Président de la République, observée dans 5 cas d'étude sur 9 (1910, 1930, 1959, 1999 et 2010), paraît à ce titre particulièrement marquante. Ces visites « circonstancielles » sont souvent largement relayées par la presse : ainsi pour la venue de Gaston Doumergue dans le sud-ouest en mars 1930, dans un numéro spécial de l'Illustration paraît (Figure VI.4).

L'ILLUSTRATION

LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE DANS LES RÉGIONS DÉVASTÉES DU SUD-OUEST

Figure VI.4 « Le Président de la République dans les régions dévastées du sud-ouest »
(Source : Journal l'Illustration, 15/03/1930)

Les visites présidentielles revêtent un caractère par définition symbolique, le chef de l'Etat étant « *traditionnellement et symboliquement responsable du bien-être matériel et moral des citoyens* » (Versavel, 2001) se présente en tant que « *Père de la Nation* », rendant hommage aux victimes et aux sauveteurs (Gourlay, 2005). Suite aux inondations de 1999, Jacques Chirac précise : « *Je suis venu témoigner la solidarité de la Nation* ». Outre cet aspect symbolique, la visite compassionnelle du chef de l'Etat est également un moyen de message collectif pour le politique. Lors de sa visite à Fréjus, le Général de Gaulle déclare : « *C'est une belle chose que le magnifique élan de solidarité du pays. En ce qui concerne la reconstruction de cette ville, je vous assure que tout le nécessaire sera fait. Je suis venu aujourd'hui parmi vous car je tenais à ce que vous sachiez quels étaient mes sentiments à votre égard, et ceux aussi du pays tout entier* » (Neyron, 1961). Avec cette déclaration, le Président assure ainsi le soutien de l'Etat et promeut l'élan de solidarité général afin de pallier les destructions.

Les visites présidentielles sont également à l'origine d'annonces de mesures. Celles-ci peuvent ici aussi revêtir un aspect symbolique. Face à la demande d'une habitante sinistrée, le Général de Gaulle demande par exemple un amendement à l'article 171 du Code Civil pour permettre aux conjoints de personnes disparues durant la catastrophe de se marier à titre posthume (J.O. de la République Française, 1959, Biégelmann-Massari, 1996). Cette mesure exceptionnelle, qui a déjà existé dans le passé lors de conflits militaires, est pour la première fois appliquée à une catastrophe naturelle (Neyron, 1961). Des mesures d'ordres politiques peuvent également être prises. C'est le cas lors de la visite de Nicolas Sarkozy à la Faute-sur-Mer le 1er mars 2010 pendant laquelle l'établissement d'un « plan Digues » (suite au constat de la vétusté des ouvrages de protection) et de « zones de solidarité » (visant à cartographier les secteurs où la présence de l'homme représente un danger pour la santé humaine) sont demandés.

« *Dans les zones exposées aux plus forts risques, nous n'avons pas le droit de laisser nos concitoyens se réinstaller comme si de rien n'était. Ce serait irresponsable. D'ailleurs, l'idée même de revenir habiter sur les lieux de la catastrophe est impensable pour les personnes sinistrées* » (Vie-Publique.fr, 2010).

La visite d'une personnalité politique et plus particulièrement d'un Président de la République révèle un lien avec la remarquabilité d'une inondation. Elle participe à la reconnaissance de son caractère *catastrophique* par l'Etat et peut initier des prises de décisions symboliques ou politiques.

2.3.3. Une absence présidentielle révélatrice d'une moindre remarquabilité ?

Afin d'attester de la pertinence du déplacement d'une autorité politique pour caractériser la remarquabilité de l'évènement, un éclairage va ici être apporté sur les évènements où le chef de l'Etat ne s'est pas déplacé. Que nous apporte l'explication de ces « non-visites » lors d'évènements remarquables ? Est-elle le reflet d'un évènement *moins* remarquable ? Quatre évènements remarquables ne sont pas marqués par la visite d'un Président de la République. Plusieurs facteurs explicatifs peuvent être évoqués.

Pour les inondations d'**octobre 1940**, l'absence de venue du chef du Gouvernement Philippe Pétain (depuis juillet 1940) s'explique par le contexte particulier de Seconde Guerre Mondiale déjà mentionné auparavant.

Pour les inondations de **janvier 1980**, l'éloignement géographique de la Réunion permet d'expliquer que Valéry-Giscard-d'Estaing ne se rende pas sur place. De plus, le cyclone intervient en même temps que la visite de Paul Dijoud, secrétaire d'Etat délégué à l'Outre-Mer, arrivé sur l'île le 22 janvier. Cette visite, pure coïncidence, revêt au fil des jours un caractère plus symbolique et se prolonge jusqu'au 4 février sur demande du Président et du Premier Ministre, Raymond Barre. Le secrétaire d'Etat est alors chargé de dresser un premier bilan des dégâts et d'assurer l'expression de la solidarité du Gouvernement aux populations sinistrées.

Pour les inondations de **2000-2001**, c'est Lionel Jospin, Premier Ministre, et non Jacques Chirac, Président de la République, qui s'est déplacé. La visite du Premier Ministre est marquée par de violentes altercations avec les populations sinistrées, notamment en raison de la prégnance de la rumeur d'Abbeville. Cette visite a pu paraître préjudiciable un an avant les prochaines élections présidentielles et on peut penser que le Président a fait le choix délibéré de déléguer cette mission à son Premier Ministre d'un parti politique différent. Lors d'une interview réalisée quelques années plus tard, ce dernier précise :

« *Sur les crues de la Somme, le président de la République Jacques Chirac, adore les attitudes compassionnelles. Mais là, il s'est bien gardé d'y aller. Il aurait dû y aller. C'était son rôle en symbole comme président de la République. Mais il connaissait l'état d'irritation et de désespoir de la population*. [….] *Il savait aussi ces rumeurs qui s'étaient répandues selon lesquelles, à la limite, l'inondation aurait été aggravée parce que l'on aurait lâché des barrages qui protégeaient Paris. Rumeur totalement sans fondements bien sûr, mais qui existait et que j'ai trouvé comme une certitude chez les gens que j'ai rencontré* » (ARTE, 2008)

Bien que ce témoignage soit fortement teinté politiquement il éclaire néanmoins l'enjeu de cette visite et permet d'expliquer que le Président de la République ne se soit pas déplacé.

La visite de Robert Schumann (député Mosellan élu environ un mois), plutôt que celle du Président Vincent Auriol, suite aux inondations de **1947** s'inscrit dans cette même logique stratégique : « *C'est à Epinal, vers 8h30 que M. Robert Schuman a commencé une visite qui ne revêt pas les traits trop connus des voyages officiels, mais emprunte à la tristesse des lieux dévastés une gravité inhabituelle* » (Le Monde, 09/01/1948).

Cette visite permet en effet d'affirmer le soutien de l'Etat par l'intermédiaire d'un Lorrain connu et respecté dans une région ayant changé quatre fois de nationalité depuis 1871.

Ainsi, l'absence de déplacement d'un Président de la République n'est pas forcément représentative d'une inondation moins remarquable. D'autres aspects tels que la volonté politique se cachant derrière le caractère compassionnel et symbolique de la visite doivent entrer en ligne de compte. En dépit de ce constat, le déplacement de personnalités politiques (Président ou autres) participe, comme pour l'action médiatique, à la reconnaissance de l'évènement et peut encourager le déploiement de nouvelles mesures politiques. Elle s'insère dans cette optique comme créatrice de nouvelles répercussions et comme un facteur de remarquabilité. A ce titre, l'absence de déplacement d'une autorité politique de l'Etat peut être perçue comme le reflet du désintérêt du milieu politique face à l'évènement : ainsi, la visite tardive de la Ministre de l'Ecologie Roselyne Bachelot suite aux inondations du Gard en septembre 2002 a été vivement critiquée (Nouvel Observateur, 2002).

3. Une recherche des causes et des responsabilités à l'origine de la remarquabilité ?

3.1. Le lien entre causes aberrantes, rumeurs et remarquabilité

Lors de la recherche des causes de l'évènement, l'existence de causes aberrantes ou rumeurs a été relevée. Deux cas relevés parmi les cas d'étude sont ici analysées et interrogées au regard de la remarquabilité. Une description de la consistance de ces rumeurs est tout d'abord réalisée avant de s'interroger sur leur influence dans la remarquabilité de l'inondation.

3.1.1. Deux exemples de causes aberrantes : le glissement de la Baillanouse et la rumeur d'Abbeville

► **Le rôle du glissement de terrain de la Baillanouse en octobre 1940**

En raison des conséquences désastreuses des inondations d'octobre 1940 dans les Pyrénées-Orientales, la population et les autorités politiques soulèvent rapidement des questionnements sur l'origine du phénomène. Des raisons « classiques » telle que la fonte nivale ou le déboisement sont évoquées. Une autre explication qui s'avère particulièrement prégnante et peut s'assimiler à une rumeur s'articule autour du rôle du glissement de terrain dit de la Baillanouse, qui s'est produit au lieu-dit de l'Avellanosa dans la vallée du Tech (Figure VI.5). Le glissement de terrain (dont l'origine est parfois vue comme le résultat d'un séisme) aurait contribué à bloquer l'eau du Tech avant de rompre brutalement, générant une brusque submersion des communes situées en aval. D'après Soutadé (2010), le rôle du glissement de la Baillanouse est longtemps resté dans les esprits comme l'un des principaux facteurs explicatifs du désastre des inondations d'octobre 1940 dans la vallée du Tech. Les conséquences sur l'aléa hydrologique de ce glissement sont pourtant minimes et ne peuvent pas être incriminées comme la cause des destructions de la vallée du Tech (Michel, 1990). Le glissement a en effet eu lieu un jour après les inondations du Tech.

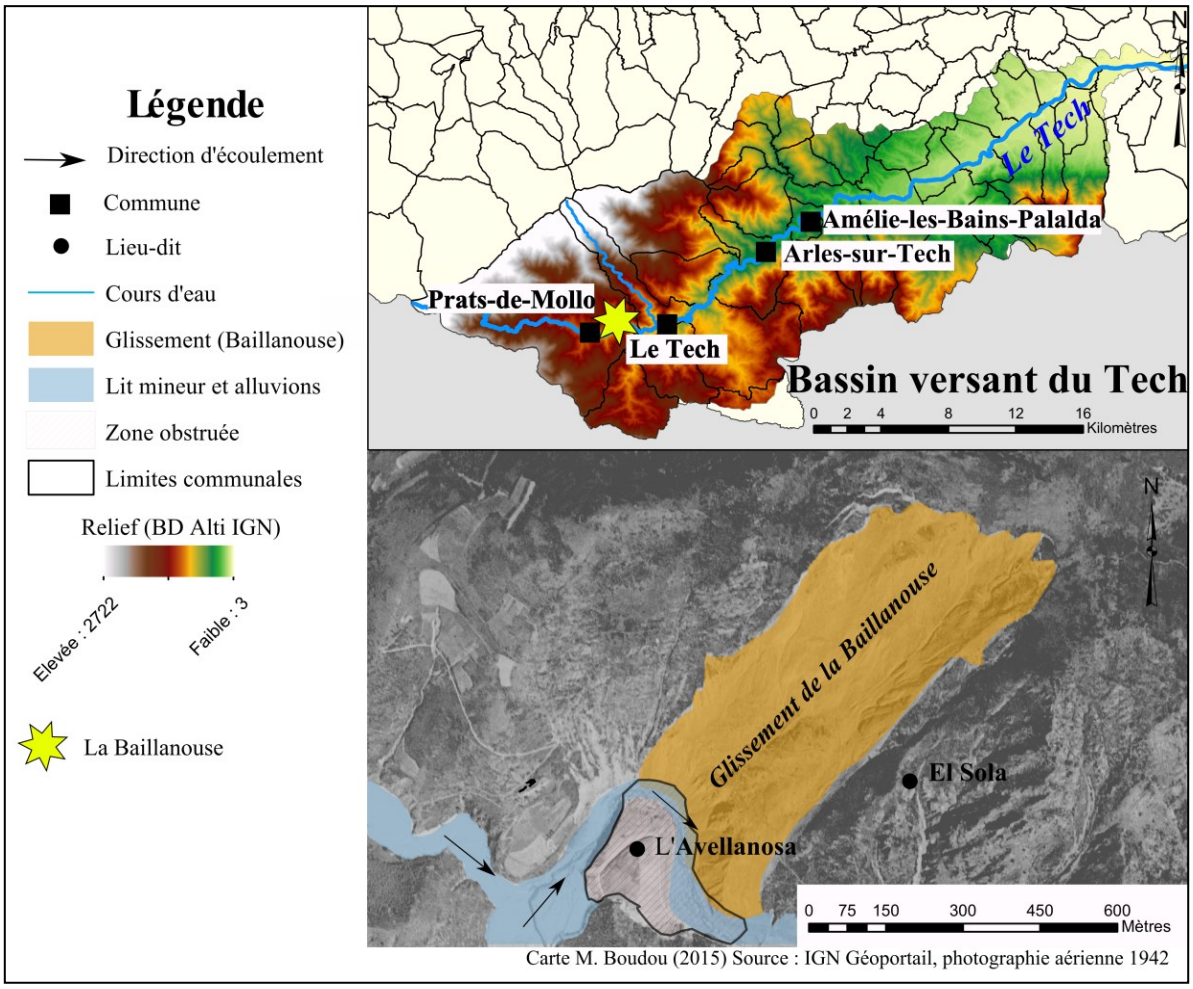


Figure VI.5 Localisation du glissement de La Baillanouse dans le bassin du Tech

► La rumeur d'Abbeville lors des inondations de 2000-2001

Dans une optique similaire à octobre 1940, il est intéressant de se pencher sur la singularité de l'évènement de l'hiver 2000-2001 dans la Somme à travers la rumeur dite « d'Abbeville ». Cette rumeur prend corps sur le fait que l'inondation, particulièrement longue, que connaît la vallée de la Somme serait imputable à l'action des autorités de l'Etat, qui aurait délibérément choisi d'inonder la Somme en transférant l'eau de la Seine via le Canal du Nord (reliant le bassin de l'Oise et de la Somme) afin de protéger l'agglomération de Paris des débordements. Cette rumeur est cependant totalement infondée. En effet, la quantité d'eau ayant transité par le Canal du Nord est restée minime et n'a pas eu de répercussions pour l'hydrologie du bassin de la Somme. De surcroît, la confluence de l'Oise se situe après la ville de Paris. Bien que certains enjeux de l'agglomération puissent être inondés par l'Oise, cette inondation resterait sans commune mesure en comparaison d'une inondation de la Seine. Malgré ces différents éléments d'explication relayés par les services de la DDE locale, la rumeur d'Abbeville a pris une grande ampleur et a trouvé un large écho dans le département de la Somme (Colbeau-Justin *et al.*, 2001). Une fois décrite la consistance des causes aberrantes ou rumeurs et caractère irrationnel, une analyse de leur origine est nécessaire afin de faire le lien avec le caractère remarquable de l'évènement.

3.1.2. L'exploration du lien entre rumeur et aléa

Dans chacun des deux exemples étudiés, l'aléa revêt des caractéristiques particulières qui permettent d'expliquer en partie l'origine de la rumeur.

En 1940, le rôle des débâcles issues de ruptures de barrages et de séismes souterrains expliqueraient les multiples pics d'intensité de la crue constatés par de nombreux riverains et mentionnés dans le Chapitre IV (section 3.5.1.). La rupture de la Baillanouse, datée au 17 octobre par la presse et les gestionnaires (alors qu'elle a eu lieu le 18), est notamment reprise pour justifier le pic d'intensité maximale de l'aléa dans la soirée de cette journée du 17 et permettrait d'expliquer en partie l'importance du transport solide mesuré.

Lors des inondations de la Somme, la rumeur d'Abbeville résulte dans une certaine mesure du caractère atypique de l'inondation de l'hiver et du printemps 2000-2001. La Somme, réputée paisible, subit une crue sans précédent connu pour les sinistrés et s'inscrit dans un territoire alors totalement démuni de plans de prévention du risque. De surcroît, l'inondation est générée par des remontées de nappe, phénomène qui est encore peu connu et mesuré à l'échelle nationale. Les caractéristiques de ce type d'inondation se distinguent nettement des autres : montée des eaux liée aux précipitations antérieures, grande inertie de la nappe phréatique, cinétique particulièrement lente de la submersion… En raison de cette singularité physique, un sentiment d'incrédulité gagne les sinistrés qui ne comprennent pas pourquoi la montée des eaux se poursuit alors qu'il ne pleut pas ou presque plus. L'explication météorologique classique n'étant pas crédible, la recherche d'une cause externe apparaît comme un exutoire logique pour expliquer l'ampleur de l'évènement.

Ces éléments attestent que les spécificités de l'aléa entrent en jeu pour expliquer l'apparition d'une cause dite aberrante. Pour l'évènement d'octobre 1940, les glissements de terrain, le transport solide et la succession de pics de crue sont évoqués. Pour l'inondation de 2000-2001, c'est davantage la lenteur et l'intensité de la submersion qui sont soulignées. L'explication de l'aléa n'est toutefois pas suffisante pour expliquer la persistance des rumeurs. L'ampleur des dommages causés aux habitations revêt également un caractère inédit pour les territoires touchés et doit être pris en considération. Il en est de même pour la gestion de crise.

3.1.3. Des rumeurs révélatrices de dysfonctionnements dans la gestion de crise

En octobre 1940, l'incrimination de la Baillanouse intervient suite à un article paru dans le journal l'Indépendant. Celui-ci mentionne qu'un glissement de terrain important a eu lieu le 17 octobre, générant un immense réservoir. Suite à cet article le bruit se propage rapidement que l'obstruction temporaire du cours d'eau puis la débâcle causée par la rupture du barrage est à l'origine des dégâts et du pic d'intensité de la crue le 17 octobre. Malgré un démenti paru le lendemain, l'importance que revêt le glissement de terrain grandit auprès de la population (Soutadé, 2010). C'est d'autant plus vrai que les autorités publiques ne remettent pas en cause la date du glissement de terrain, pourtant fausse telle qu'elle est indiquée dans le journal (le

glissement a lieu le 18 octobre et non le 17 octobre). Ainsi, l'ingénieur Quesnel (1941) n'évoque pas implicitement le barrage comme responsable des dommages mais explique néanmoins la décrue du 17 octobre après-midi par le rôle du glissement de terrain (et confirme à cet égard sa date de déclenchement). Malgré un rapport produit quelques temps plus tard par l'instituteur Julia qui précise l'erreur de date, l'information n'est pas relayée auprès de la population, contribuant à perpétuer l'influence du glissement de terrain.

La rumeur d'Abbeville, relatée pour la première fois) la télévision (Davy, 2001), peut également être vue comme le reflet de la mauvaise gestion de crise. L'intervention des autorités est dans un premier temps jugée tardive par les populations riveraines. La cellule de crise est déployée le 26 mars à Amiens, suivie d'une intervention de l'armée à partir du 3 avril, alors que les inondations se généralisent depuis une quinzaine de jours déjà (Colbeau-Justin *et al.*, 2001). De surcroît, la première mission des militaires dépêchés sur place à partir du 3 avril consiste à déposer une grande quantité de sacs de sable afin de protéger les secteurs d'habitations. Or les élus avaient déjà fait parvenir à la préfecture, depuis plusieurs jours, leurs besoins en sacs de sable et il leur avait été répondu qu'il s'agissait d'une action inutile : ce revirement n'a pu que renforcer l'incompréhension des habitants.

« *Les sinistrés ne comprenaient plus rien ; ils ont même pensé qu'on leur avait caché quelque chose* » (Deneux et Martin, 2001).

Les informations contradictoires et le manque de communication de la préfecture vers les populations ont renforcé les sentiments d'abandon et d'incompréhension des sinistrés. Le manque de transparence autour de la gestion des échanges hydrauliques constitue un facteur supplémentaire : la multiplicité des acteurs responsables des transferts hydrauliques entre les ouvrages de navigation a complexifié la situation aux yeux du grand public et rendu difficile l'évaluation exacte des volumes de lâchers d'eau effectués.

L'origine des rumeurs traduit ici la présence de failles dans la gestion de l'évènement par la société. Pour les inondations d'octobre 1940, les faits ont donné lieu à une mauvaise interprétation médiatique et n'ont pas fait par la suite l'objet d'un démenti par les autorités. Pour l'évènement de 2000-2001, c'est davantage la lenteur des gestionnaires à réagir face à la submersion et le manque de transparence des autorités hydrauliques qui doivent être mis en cause. L'analyse de la rumeur doit toutefois être reliée à celle du territoire de façon à définir son rôle dans l'évènement remarquable.

3.1.4. Un territoire propice à la rumeur

Lors des inondations d'octobre 1940, le rôle des séismes souterrains et du glissement de la Baillanouse se fonde sur l'imaginaire des « *aiguats* », dont l'origine naîtrait du jaillissement d'eau provoqué par l'ouverture d'un massif montagneux. Comme le précise Soutadé (2010), « *cette vision faussée de la réalité ne pouvait que s'enrichir du mythe ancestral de l'aiguat dans lequel il est dit qu'il régénère par l'eau venue au cœur des montagnes* ». Cet aspect mystique des inondations dans les Pyrénées-Orientales éclaire l'importance du glissement de la Baillanouse et des séismes souterrains. Par ailleurs, les cumuls de pluie récoltés par Pardé à l'époque de la catastrophe

étaient soumis à la censure météorologique imposée en temps de guerre. Ces éléments, qui auraient contribué à expliquer l'origine de l'intensité de l'inondation et facilité sa compréhension pour les habitants, appuient une nouvelle fois l'importance du contexte politique.

Dans une optique similaire, la rumeur d'Abbeville intervient dans une région longtemps sinistrée souffrant d'une image négative. Outre l'impact dévastateur des guerres successives, la région de plein fouet la crise industrielle depuis le début des années 1990. Le chômage est exceptionnellement élevé et la population possède un niveau d'instruction inférieur à la moyenne nationale (Colbeau-Justin *et al.*, 2001). En 2001, la ville de Paris cristallise d'une certaine manière la rancœur de la Somme dont les habitants peuvent posséder le ressenti d'avoir souvent été délaissés par rapport à la capitale. Des bruits similaires avaient d'ailleurs circulé à propos des inondations de l'hiver 1995 (Deneux et Martin, 2001). Outre le rôle de Paris, la rumeur d'Abbeville peut être reliée à des polémiques datant de la construction du canal du Nord en 1966 qui voudraient que l'ouvrage autorise le déversement des eaux de l'Oise vers la Somme, renforçant de ce fait la sévérité des inondations. La rumeur s'inscrit ainsi comme une actualisation de la contestation des citoyens lors de l'ouverture du canal du Nord. Le contexte historique, politique et culturel des territoires est donc un autre facteur explicatif et une variable clé permettant d'expliquer les rumeurs relevées suite aux inondations d'octobre 1940 et 2000-2001.

3.1.5. La rumeur, un marqueur de remarquabilité ?

Avec l'examen des deux rumeurs imputables d'une part au glissement de terrain de la Baillanouse et d'autre part aux canaux de navigation dans le bassin de la Somme, nous serions tentés de considérer que celles-ci constituent bel et bien des marqueurs de remarquabilité. Ces rumeurs peuvent en effet être vues comme :

- le reflet des caractéristiques exceptionnelles de l'aléa avec : d'une part les nombreux glissements de terrains et l'intensité pluviométrique exceptionnelle lors des inondations d'octobre 1940 et d'autre part une inondation de longue durée issue d'un phénomène de remontées de nappe peu connu.
- l'illustration d'une gestion de crise défaillante avec, pour l'évènement d'octobre 1940, un mauvais traitement médiatique suivi de l'absence de dénégation des autorités, et pour l'évènement de 2000-2001, une intervention tardive, incohérente, et un manque de transparence des autorités.

L'analyse a toutefois bien démontré que ce facteur apparent de remarquabilité appartient au registre social et demeure indissociable du tissu culturel, économique ou politique dans lequel il s'inscrit. Pour cette raison la rumeur doit être appréciée avec précaution et nous nous garderons de tout déterminisme quant à son rôle pour caractériser un évènement remarquable. Une analyse territoriale est nécessaire pour comprendre en quoi la rumeur peut s'inscrire comme un marqueur de remarquabilité.

3.2. Un examen des études post-évènement menés par l'Etat

L'établissement d'un rapport portant sur la recherche des causes d'une inondation est l'une des modalités de gestion fréquemment relevées lors des évènements remarquables étudiés. Afin d'examiner le rôle de ces rapports dans l'évènement remarquable, nous nous proposons ici d'effectuer un retour sur leurs objectifs et enjeux.

3.2.1. Panorama des études menées par l'Etat : un zoom sur les Commissions des Inondations et les retours d'expérience

► **Une recherche des causes à la suite d'études initiées par l'Etat**

Les évènements anciens étudiés ont systématiquement engendré des rapports menés pour éclairer les causes et conséquences de l'évènement. Ces études peuvent être impulsées par l'Etat telles que :

- les Commissions des Inondations de janvier 1910 et 1947, demandées respectivement par le Ministère de l'Intérieur et des Cultes, et le Conseil Général de Meurthe et Moselle ;
- les analyses produites par Pardé et Quesnel sur les inondations d'octobre 1940, sollicitées par la Caisse Nationale des Recherches Scientifiques et le Secrétaire d'Etat aux Communications - qui s'était déplacé dans les territoires sinistrés (Pardé, 1941c, Bénech, 1990) ;
- le rapport du géologue Goguel, réalisé à la demande du Ministère de l'Agriculture suite à la rupture du barrage de Malpasset en 1959.

Les études post-évènement peuvent être également issues de travaux scientifiques comme en mars 1930 où l'examen des causes et conséquences des inondations est réalisé par l'Institut de la Faculté des Lettres de Toulouse avec l'aide de Maurice Pardé (Faucher, 1930a). Nous allons ici nous intéresser aux rapports d'Etat et plus précisément à ceux des Commissions des Inondations de janvier 1910 et décembre 1947 qui se rapprochent des rapports menés lors d'évènements plus récents.

► **Une démarche centrée sur le retour d'expérience pour les évènements récents**

Pour les évènements récents, l'étude des causes et conséquences de l'évènement s'article principalement par l'établissement de retour d'expérience ou REX. Faisant traditionnellement partie du monde de l'entreprise, cette démarche s'est formalisée en France depuis les années 1990 à travers les missions réalisées par l'Inspection Générale de l'Environnement ou IGE (Leone, 2007). La tenue d'un retour d'expérience doit être distinguée d'une recherche de responsabilités. Elle vise principalement à reconstituer les causes et conséquences de l'évènement mais également à tirer les enseignements de sa gestion (défaillances ou à l'inverse bon déroulement de la gestion de crise). Le Tableau VI.1 retrace les principaux retours

d'expérience réalisés suite aux évènements remarquables étudiés ainsi que leurs principales caractéristiques à savoir :

- l'évènement auquel ils sont associés,
- la référence du rapport,
- la date à laquelle ils furent décidés,
- la date à laquelle le rapport a été soumis,
- le nombre de pages,
- les principaux organismes impliqués dans le retour d'expérience (coordinateur, commanditaire).

Le listing des retours d'expérience montre qu'en dépit de leur caractère facultatif, tous les évènements après 1980 en ont fait l'objet. Leur mise en place peut être décidée durant les jours qui suivent l'inondation et en règle générale, la décision d'établir un REX intervient dans les 2 à 3 mois qui suivent l'évènement. Ces rapports sont, sauf exceptions, rendus publics 6 à 9 mois après l'inondation. Au total 8 retours d'expérience « majeurs » ont ainsi été réalisés pour ces évènements. Le nombre de REX produit est cependant très variable. Xynthia est ainsi à l'origine d'au moins 4 retours d'expérience *majeurs*, également complétés par de nombreux autres plus « *locaux* » (André, 2013). A l'inverse, les inondations de novembre 1999 sont à l'origine d'un seul REX.

Ev.	Référence	Date d'arrêté	Date de publication	Nombre de pages	Organisme coordinateur	Commanditaire
1999	**Lefrou, C., *et al.*** (2000), Les crues des 12, 13 et 14 novembre 1999 dans les départements de l'Aude, de l'Hérault, des Pyrénées-Orientales et du Tarn	17/12/1999	2000	140	Conseil Général des Ponts-et-Chaussées Inspection Générale de l'Environnement (IGE)	MEDDE
2000-2001	**Sauzey, P., *et al.*** (2001), Rapport de la mission d'expertise sur les crues d'avril 2001 du bassin de la Somme	13/04/2001	21/12/2001	83	Inspection Générale de l'Administration - Conseil Général des Ponts-et-Chaussées - Conseil Général du Génie Rural, des Eaux et des Forêts - Inspection Générale de l'Environnement	MEDDE
2000-2001	**Hubert, P.** (2001), Rapport sur la crue et les inondations de la vallée de la Somme de mars à mai 2001, Rapport rédigé à la demande du Conseil général de la Somme	23/01/2001	09/07/2001	25	Centre d'informatique géologique Ecole des Mines de Paris	Conseil Général de la Somme
2000-2001	**Deneux, M., Martin, P.** (2001), Rapport de la commission d'enquête sur les inondations de la Somme chargée d'établir les causes et les responsabilités de ces crues, d'évaluer les coûts et de prévenir les risques d'inondations	09/05/2001	23/10/2001	190	Sénat	Sénat
2010	**Bersani, C., *et al.***(2010), Tempête Xynthia : retour d'expérience, évaluation et propositions d'actions	03/03/2010	25/05/2010	191	Conseil général de l'environnement et du développement durable - Inspection générale des finances - Inspection générale de l'administration	MEDDE
2010	**Anziani, A. (2010)**, Rapport d'information fait au nom de la mission commune d'information sur les conséquences de la tempête Xynthia	25/03/2010	07/07/2010	227	Sénat	Sénat
2010	**Léonard, J.L.** (2010), Rapport d'information sur les raisons des dégâts provoqués par la tempête Xynthia	01/04/2010	01/07/2010	487	Assemblée Nationale	Assemblée Nationale
2010 (Xynthia et Var)	**Cour des comptes** (2012), Les enseignements des inondations de 2010 sur le littoral atlantique (Xynthia) et dans le Var, rapport public thématique	05/07/2011	01/04/2012	299	Cour des Comptes	Cour des Comptes

Tableau VI.1 Principaux retours d'expérience réalisés pour les évènements remarquables étudiés

3.2.2. Des rapports motivés par la remarquabilité de l'inondation ?

L'établissement des deux commissions inondations de 1910 et 1947 peut tout d'abord être vu comme le résultat de l'exceptionnalité de l'inondation. Dans son allocution du 18 février, Alfred Picard, président de la Commission indique que la crue de janvier est « *une crue, égale ou supérieure aux crues les plus fortes dont l'histoire ait perpétué le souvenir, a semé la ruine sur son passage, menacé la vie de nombreux habitants, ravagé une multitude de maisons, envahi des usines dont le fonctionnement assurait l'existence de milliers d'ouvriers, jeté dans la misère une foule de travailleurs qui étaient parvenus par des prodiges de labeur et d'économie à conquérir un foyer et quelque bien-être pour leurs vieux jours, entravé les services publics les plus essentiels, paralysé pendant des semaines une large part de l'activité nationale* ». Dans une même optique, au sujet de la crue de décembre 1947 en Lorraine, la Commission associée précise que « *cette crue a dépassé en importance toutes les crues alors enregistrées dans les régions intéressées. L'émotion provoquée dans les marches de l'Est par cette catastrophe a été considérable, émotion accrue par le fait que les destructions de guerre déjà si nombreuses…* ». A travers ces citations transparaissent l'ampleur des dommages et l'intensité de l'aléa, comparées à celles de fortes inondations passées. Elles mettent également en lumière les caractéristiques « marquantes » des inondations : la longue durée d'inondation à Paris en 1910, à l'origine d'une paralysie de nombreux enjeux centraux de la capitale ou le sinistre provoqué par les inondations de 1947-1948 dans des régions déjà durement touchées par la guerre. Ces différents éléments de discours participent ainsi à mettre en lumière les caractéristiques « remarquables » des évènements en question.

Au même titre que les Commissions d'inondations de 1910 et 1947, les retours d'expérience des inondations peuvent être vus comme résultant du caractère exceptionnel de l'inondation. Pour légitimer le déploiement d'une mission de retour d'expérience, le rapport réalisé suite aux inondations de novembre 1999 précise par exemple qu'en dépit du caractère récurrent des épisodes méditerranéens dans la région, celui-ci a atteint une étendue géographique exceptionnelle à l'origine d'un lourd bilan humain (Lefrou *et al.*, 2000). Dans une optique similaire, le rapport de Sauzey *et al.* (2001) met en évidence le caractère météorologique et géologique particulier que revêtent les inondations de 2001, générant la submersion d'un grand nombre de foyers d'habitations. Le déploiement d'un REX, qui ne revêt pas un caractère obligatoire, illustre ainsi le problème soulevé par les caractéristiques de l'inondation, qui nécessite une prise en main de la part de l'Etat. Dans une optique similaire, il est intéressant de relever la présence de REX « secondaires » menés en complément des retours d'expérience figurant dans le Tableau VI.1. Ces derniers sont souvent centrés sur un aspect spécifique de l'inondation dont le caractère problématique a été soulevé par l'évènement. L'incidence de la rumeur d'Abbeville lors des inondations de 2001 dans la Somme a par exemple impulsé un REX inédit sur les répercussions psychologiques de l'inondation : le rapport de Colbeau-Justin *et al.* (2001). Dans un même ordre d'idée, un rapport mené suite à Xynthia par demande du Préfet de Charente-Maritime se concentre sur la mémoire et la culture du risque (De Vanssay *et al.*, 2011). Enfin, les inondations par remontées de nappe de l'hiver 2000-2001 ont fait l'objet de nombreux rapports « locaux » produits par le BRGM, comme dans l'Oise et l'Aisne (Nail *et al.*, 2001a, Nail *et al.*, 2001b),

départements fortement affectés par ces phénomènes. Ces documents rappellent les principaux aspects problématiques de l'inondation et offrent des pistes pour comprendre leur caractère remarquable.

3.2.3. Des conclusions rappelant l'enjeu de la gestion des évènements remarquables

Pour illustrer le rôle des rapports d'études dans la construction de l'évènement remarquable il parait nécessaire de revenir sur leurs principaux objectifs et conclusions. Instituée par décret du 9 février 1910, la Commission des Inondations de 1910 vise à « *rechercher les causes des inondations récentes et de leur soudaineté, d'étudier et de proposer les moyens propres à empêcher le retour de pareilles calamités ou, tout au moins, à en diminuer l'intensité, ainsi que toutes mesures susceptibles d'assurer en cas d'inondation, le fonctionnement normal des services publics* » (Ministère de l'intérieur et des cultes, 1910). De même, la commission établie suite aux inondations de décembre 1947 s'attache à « […] *fixer, d'une façon précise, l'étendue et l'évolution de cette catastrophe, en rechercher scientifiquement les causes et dégager de cette étude les mesures propres à atténuer les conséquences de nouvelles inondations, sinon à y remédier complètement* » (Roubault *et al.*, 1949). Les objectifs sensiblement équivalents des Commissions s'ancrent sur la recherche des causes de la catastrophe mais ont également une démarche prospective visant à réduire l'effet de futurs évènements. La Commission de 1910 propose pour ce faire une série de mesures portant sur l'amélioration de l'annonce des crues, l'aménagement des principales infrastructures endommagées et l'établissement de lacs de retenues. Les recommandations de la Commission de 1947 s'attachent principalement à l'amélioration de la prévision et de l'annonce des crues, la construction de retenues et évoquent pour la première fois une interdiction de construire en zones inondables.

« *Il n'est pas concevable que l'on puisse laisser les particuliers ou les collectivités construire où bon leur semble puis se retourner ensuite vers les Pouvoirs publics pour obtenir réparation du dommage subi* » (Roubault et al., 1949).

La gestion complexe de l'évènement remarquable est perceptible à travers les conclusions des Commissions qui remettent finalement en cause les modalités de gestion du risque à l'œuvre sur le territoire. Contrairement aux retours d'expérience, ces dernières se focalisent cependant davantage sur la gestion prospective plutôt que sur la mise en évidence des failles rencontrées lors de l'inondation.

Dans cette optique les retours d'expérience peuvent être perçus comme beaucoup plus critiques et n'hésitent pas à souligner les défaillances de gestion tout en mentionnant des pistes de progrès. Sept axes de recommandations s'articulant autour de la gestion du risque ont été identifiés dans les retours d'expérience d'évènements du Tableau VI.1 :

- la prévision hydrométéorologique des phénomènes,
- l'annonce des crues et l'alerte aux populations,
- l'organisation des secours,
- les politiques d'indemnisation,
- les politiques de prévention du risque,

- les modalités d'occupation du sol,
- la gestion des ouvrages de protection.

Ces différents axes de recommandations sont fréquemment traités dans les rapports de retours d'expérience, et plus précisément la gestion des ouvrages de protection, de l'alerte à la population et de l'organisation des secours. Au sujet de l'alerte, le rapport de Lefrou *et al.* (2000) précise par exemple que *« pour des raisons diverses (défaillance de matériel de mesure ou de télécommunication, insuffisance de moyens en personnel qualifié), la totalité des obligations de l'annonce de crues réglementaire n'a pas pu être assurée dans les départements du Tarn et de l'Aude, même si l'alerte a pu être donnée normalement dans l'ensemble du bassin de l'Aude* ». Bien que l'accent ne soit pas mis ici sur la recherche de responsabilité des gestionnaires, qui n'est pas un enjeu du retour d'expérience (Ledoux, 2006), ces aspects rappellent les difficultés rencontrées lors de la gestion des évènements.

L'analyse des Commissions d'Inondation ou et des REX donne finalement une vision assez nette du caractère remarquable de l'inondation : ils insistent sur les caractéristiques de l'évènement (volet hydrométéorologique ou principaux dommages subis) et mettent en avant les difficultés de gestion. Le rapport Anziani (2010b) précise à ce titre que Xynthia a agi comme *« un douloureux révélateur des carences de notre pays dans l'anticipation du risque de submersion marine.* » L'établissement d'un retour d'expérience comme indice de remarquabilité doit toutefois tenir compte de la nature de ces rapports. Un retour d'expérience est-il véritablement le reflet du remarquable ou s'inscrit-il également dans le cadre d'une démarche institutionnelle finalement classique ?

3.2.4. Des études avant tout politiques

La recherche des causes de l'évènement via l'établissement d'une Commission d'Inondation ou d'une mission de retour d'expérience doit être mise en lien avec la nature de cette démarche. Les Commissions des Inondations résultent à ce titre être d'une volonté de l'Etat de montrer aux populations sinistrées que des mesures seront prises. La création de la Commission de 1947 montre ainsi le soutien de l'Etat envers la Lorraine, territoire longtemps sinistré. Au sujet des retours d'expérience, le Tableau VI.1 montre également la multiplicité des commanditaires et des organismes coordinateurs. Si l'appréhension de l'évènement par les plus hautes autorités de l'Etat peut a priori être distinguée comme un marqueur de la remarquabilité de l'inondation, des réserves méritent néanmoins d'être émises. Effectivement si le MEDDE (via l'Inspection Générale de l'Environnement) est impliqué pour chaque évènement, l'Assemblée Nationale ou le Sénat peuvent également initier des missions de retour d'expérience. Ces deux institutions sont toutefois fortement ancrées politiquement et ces rapports doivent être lus avec un certain recul, tenant compte des opinions politiques qui peuvent parfois y transparaître. L'établissement même du retour d'expérience peut donc être vu comme une forme d'appropriation politique de l'inondation. La multiplication des retours d'expériences sur Xynthia reflète par exemple la volonté de chaque institution d'acquérir son propre point de vue sur la catastrophe. L'établissement des retours d'expérience s'est également institutionnalisé et formalisé au fil des années. Si ceux-ci pouvaient rester rares

avant les années 1990, ils sont désormais plus fréquents et sont d'ailleurs vivement encouragés par les services gouvernementaux.

3.2.5. Constat sur la contribution des rapports d'Etat dans la remarquabilité de l'évènement

Les différents éléments évoqués offrent plusieurs points d'explication sur la tenue d'un mission d'expertise par l'Etat dans la remarquabilité d'une inondation. Tout d'abord, le déploiement d'une enquête illustre la volonté de l'Etat de comprendre ce qui s'est passé et de tirer les enseignements de la gestion de la catastrophe. A travers cette démarche transparaît la volonté de l'Etat de s'emparer de l'inondation qui peut être vue comme le reflet de la remarquabilité de l'inondation, au travers des caractéristiques de l'aléa hydrométéorologique, des conséquences dommageables ou encore des réactions socio-politiques qu'elle a engendrées. Il demeure malgré tout difficile d'affirmer la contribution réelle de ces initiatives à la remarquabilité de l'inondation. Demeurant étroitement liées au politique, tant dans leur discours que dans leur motivation, le seul établissement d'une mission d'étude n'apparaît pas suffisant pour statuer qu'un évènement est *remarquable*. C'est davantage l'exploration des recommandations des missions ainsi que leur application qui permet de juger de la remarquabilité de l'évènement. Ces démarches de retours d'expérience peuvent dans cette optique s'ancrer sur un processus de « mise en mémoire » visant à valoriser les enseignements des inondations passées afin d'éviter des impacts similaires lors de leur retour. Seul l'examen des prises de décisions politiques suite à l'inondation permet cependant d'attester ce fait et sera questionné dans la partie suivante de notre analyse (section 4.).

3.3. Les suites judiciaires des évènements remarquables

Parmi les conséquences socio-politiques imputables à des inondations remarquables, plusieurs procès ont été recensés. Bien que rares, ces suites judicaires qui visent à définir les différentes responsabilités relative aux dommages rencontrés lors de l'évènement remarquable méritent ici d'être explorées.

3.3.1. Des suites judiciaires éclairant la remarquabilité de l'évènement ?

Parmi les évènements remarquables étudiés, trois suites judiciaires « principales » sont mentionnées. Elles portent sur :

- l'évènement de mars 1930, avec le procès intenté par les sinistrés de Moissac à la ville et à l'Etat (Chapitre III, section 4.4.1.) ;
- la rupture du barrage de Malpasset et plus précisément sur les responsabilités respectives du maître d'œuvre (André Coyne et le cabinet ACJB[60]) et du maître d'ouvrage (Génie Rural et par extension le Ministère de l'Agriculture et l'Etat) ;

[60] Cabinet André Coyne & Jean Bellier.

- le procès de Xynthia à l'encontre de plusieurs acteurs territoriaux : René Marratier, maire de la Faute-sur-Mer ; Françoise Babin, première adjointe et présidente de la Commission d'Urbanisme de la commune ; Patrick Maslin, membre de la Commission d'Urbanisme et patron d'une entreprise de construction ; Philippe Babin, agent immobilier et président de l'ASA des marais, en charge notamment de l'état des digues ; Alain Jacobsoone, directeur départemental adjoint à la DDTM de Vendée.

Plusieurs points peuvent être mis en avant avec l'énumération des procès et des personnes ou autorités inculpées.

Tout d'abord, les accusations mettent en cause plusieurs acteurs. Il s'agit en premier lieu de l'Etat (1930, 1959, 2010), des autorités locales telles que la commune de Moissac (1930), les élus de La Faute-sur-Mer (2010), ou encore d'institutions privées en charge de la gestion des ouvrages hydrauliques comme le cabinet ACJB (1959) et le président de l'ASA des marais de la Faute-sur-Mer (2010). La mise en accusation des pouvoirs publics dans chacun des procès révèle l'importance des enjeux pour l'Etat. Pour 1930, le procès intenté pointe du doigt les erreurs d'aménagement commis par l'Etat et la ville de Moissac (la vulnérabilité des ouvrages tels que le pont de chemin de fer et le remblai sont en particulier mis en avant). Lors du procès de Malpasset, l'absence de surveillance assidue de l'ouvrage une fois la construction achevée et le manque de dispositifs d'alerte en cas de rupture sont évoqués comme griefs à l'encontre du Génie Rural et donc de l'Etat (Valenti et Bertini, 2003). Indirectement, ce sont la politique de gestion de ces ouvrages et le savoir-faire de l'Etat qui sont ici incriminés. Pour Xynthia, Quenault (2014) souligne dans un même ordre d'idée que les suites judiciaires sont « *l'occasion de faire le procès de la politique de gestion des risques au sens large et celui de la décentralisation* », rappelant notamment la circulaire Borloo parue en 2007 qui encourage la concertation avec les élus locaux lors de l'établissement des PPRI.

On peut par ailleurs noter que ces suites judiciaires concernent toutes des inondations en lien avec des ruptures d'ouvrage, chacune associée à un grand nombre de victimes. Les facteurs d'aggravation de l'aléa et leurs conséquences en terme de mortalité peuvent à ce titre être distingués comme moteurs de ces répercussions judicaires. Les ruptures d'ouvrage sont vues comme imputables à la responsabilité d'acteurs territoriaux et montrent bien le lien étroit qui existe entre les différents registres de l'évènement remarquable situé au croisement de facteurs naturels et socio-politiques. Les procès constituent ainsi le reflet des principaux facteurs clés de l'endommagement et révèlent dans une certaine mesure les caractéristiques *remarquables* de l'inondation. Les facteurs d'aggravation, déjà distingués comme des paramètres décisifs dans les Chapitre IV et V, sont ici affirmés comme des facteurs de remarquabilité de l'inondation.

La motivation d'un procès doit également être reliée avec la finalité recherchée : la plupart des procès s'inscrivent sur une recherche d'indemnisation. Selon Descamps (1972), cette volonté de « *réparation des dégâts* » traduit la catastrophe qui représente « *un événement dramatique qui bouleverse complètement une communauté au point qu'elle ne peut y faire face par elle-même et est obligée de demander l'aide d'éléments extérieurs.* » Le préjudice (moral ou financier) causé par

l'évènement peut être identifié comme trop important et nécessite ainsi de reconnaître des acteurs responsables pénalement et financièrement. Les trois procès relatés ici sont surtout liés à un nombre élevé de victimes. Pour cette raison, les chefs d'accusation sont tournés vers l'homicide involontaire dans le cas de Malpasset et de la Faute-sur-Mer. S'il est par définition délicat d'attribuer une valeur marchande à la perte d'une vie humaine, l'indemnisation du préjudice causé par le décès est l'un des motifs du procès de 1935 où, à propos d'un des plaignants, il est rapporté « *qu'au cours des inondations, qui dans la nuit du 3 au 4 mars 1930 détruisirent une partie de la ville de Moissac, il a perdu dans des circonstances douloureuses tragique sa fille, âgée de 21 ans ; qu'il a subi de ce fait un dommage, tant matériel que moral, et un préjudice dont il s'est fondé à demander réparation à l'Etat et à la ville de Moissac* […] » (Conseil de Préfecture Interdépartemental de Toulouse, 05/04/1935). La recherche d'une indemnisation ne peut toutefois pas être perçue comme la motivation première des suites judicaires d'un évènement *naturel* : l'objectif d'un procès semble principalement résider dans la mise en lumière des responsabilités. Cet aspect mérite d'être mentionné et permet de nuancer les enjeux d'une suite judiciaire.

Plusieurs constatations peuvent être apportées au regard des enjeux des procès. Ces derniers accusent dans chacun des cas la politique des acteurs territoriaux et illustrent le caractère hybride de l'évènement remarquable, en lien étroit avec des paramètres socio-économiques. Ils révèlent par ailleurs le rôle décisif d'effets d'aggravation comme facteur de répercussions sociales et de remarquabilité. Le rôle de l'Etat, systématiquement relevé, est également un point systémique qui montre l'enjeu que revêtent ces procès pour les gestionnaires du risque. Le lien entre remarquabilité et tenue d'un procès doit toutefois être nuancé au regard de la finalité : la recherche d'une indemnisation ne peut pas par exemple pas être exemptée.

3.3.2. Incidence des verdicts pour la remarquabilité de l'évènement

L'analyse du verdict constitue une seconde étape d'analyse des suites judiciaires relevées lors d'évènements remarquables. Le verdict du procès de Moissac, probablement lié à la « force majeure » a été étudié dans le Chapitre III et nous nous penchons ici uniquement sur les procès du barrage de Malpasset et de la tempête Xynthia.

► **Malpasset et la reconnaissance du cas fortuit**

Pour Malpasset, les autorités juridiques imputent la rupture de l'ouvrage à un « *véritable piège de la nature* » (Sarramea, 1999), aboutissant à la reconnaissance d'un cas fortuit. En droit le cas fortuit se définit comme « *un évènement imprévisible et irrésistible mais qui n'est pas extérieur, par conséquent, il est nécessairement rattaché soit à l'administration soit à la victime. C'est principalement l'hypothèse dans laquelle un matériel est à l'origine du dommage* » (Desquiens *et al.*, 2010). Souvent confondu avec, ce terme se distingue de la « force majeure » qui repose sur le caractère extérieur de l'évènement (et donc totalement issu de facteurs naturels). Selon les conclusions du procès de 1964, il n'existait pas de moyens techniques et financiers suffisants pour prédire

la présence des failles et comprendre le phénomène de sous-pression à l'origine de la rupture physique de l'ouvrage.

► Xynthia et l'affirmation du rôle des élus

Le 12 décembre 2014, le verdict du procès des élus inculpés est rendu au tribunal de la Roche-sur-Yon :

- René Marratier, Maire de la Faute-sur-Mer, écope de 4 ans d'emprisonnement ferme,
- Françoise Babin, 1ère adjointe, est condamnée à 2 ans de prison ferme et 75 000 euros d'amende,
- Philippe Babin écope de 18 mois de prison ferme,
- la SARL TDA appartenant à Patrick Maslin, décédé durant le procès, est condamnée à 30 000 euros d'amende,
- Alain Jacoobsone de la DDTM Vendée est jugé quant à lui non-coupable et est relaxé.

Les conclusions du tribunal aboutissent à la condamnation des élus locaux à de la prison ferme, verdict jusqu'alors inédit en France. La force majeure et le cas fortuit, retenus respectivement pour mars 1930 et Malpasset en 1959, mentionnés plusieurs fois par la Défense lors du procès, ne sont plus de rigueur pour Xynthia. Ici, la responsabilité de la catastrophe est avant tout d'origine humaine.

« *Les conséquences tragiques de la tempête Xynthia ne doivent rien au hasard. Il ne s'agit pas d'un drame environnemental, sur lequel l'être humain n'aurait pas eu de prise* » (Robert-Diard, 2014).

Le drame de la Faute-sur-Mer incombe ainsi en grande partie aux élus, en raison d'une part de l'autorisation de construction en zone dangereuse malgré une parfaite conscience du danger et d'autre part de la rétention volontaire d'informations relatives au caractère à risque du territoire communal.

« *Ils ont intentionnellement occulté ce risque, pour ne pas détruire la manne du petit coin de paradis, dispensateur de pouvoir et d'argent. Ils ont menti à leurs concitoyens, les ont mis en danger, les ont considéré comme des quantités négligeables, en restant confis dans leurs certitudes d'un autre temps. Ils ont parié que le risque connu ne se réaliserait pas, mais la mise de fonds de ce pari a été l'intégrité physique des habitants de La Faute-sur-Mer* » (Robert-Diard, 2014).

► Des verdicts révélateurs de remarquabilité ?

L'analyse des verdicts des procès de 1959 et 2010 paraît complexe pour distinguer la remarquabilité de l'évènement. Comme pour Moissac (force majeure), le verdict de Malpasset (cas fortuit) peut être perçu comme l'affirmation du caractère exceptionnel de l'aléa dont l'intensité aurait prise au dépourvu les gestionnaires du barrage. Cette conclusion semble montrer un franchissement de seuil lors de l'évènement : face à l'intensité exceptionnelle de l'aléa, les gestionnaires du barrage ont été dépassée et, de là, est naît l'évènement. A première vue, le verdict figure donc comme une marque de la remarquabilité de l'évènement même si sa conclusion peut être vue comme fortement politisée. En invoquant le cas fortuit (ou la force majeure telle que lors du procès de Moissac), l'Etat se déresponsabilise : le maître d'ouvrage (en l'occurrence le Ministère de l'Agriculture et l'Etat) est dédouané *in fine* de toute

responsabilité. Cette décision du tribunal fait encore débat aujourd'hui et peut être considérée sous un œil critique. En s'appuyant sur la théorie du Fromage Suisse de Reason (1993, éd. franç. 2013), Larouzee *et al.* (2014) ont montré que l'origine de la rupture ne relève pas que de causes « fortuites » comme indiqué dans le verdict mais également induites en lien notamment avec des facteurs humains d'ordre organisationnel.

Le verdict du procès de Xynthia témoigne d'une situation toute autre. La condamnation des élus locaux peut en premier lieu être considéré comme un jugement «*historique contre la "malveillance d'élus locaux"*» pour citer le titre d'un article de L'Humanité (L'Humanité, 12/12/2014). Le rôle des élus locaux dans la gestion du risque est ici affirmé avec force : si la prévention des risques doit être acceptée localement afin de ne pas paraître uniquement comme une mesure restrictive, les résistances des élus et l'existence d'intérêts personnels peuvent entraîner des situations identiques à celle de la Faute-sur-Mer. Ce procès apparaît dans cette optique comme un électrochoc pour les maires, dont l'inquiétude est relayée par certains journaux (La Dépêche, 13/12/2014). Contrairement à Malpasset, les caractéristiques de l'aléa ne sont pas mises en avant dans le verdict qui ne peut à ce titre pas être considéré comme un marqueur de la remarquabilité de l'évènement. Dans ce cas, les conclusions demeurent par ailleurs empreintes de politique. Si les élus locaux sont condamnés, l'Etat est ici aussi déresponsabilisé.

Les jugements rendus lors des procès de 1959 et 2010 et leur lien avec la remarquabilité paraissent finalement complexes. Le caractère remarquable de ce type de répercussions semble provenir davantage de la démarche initiale et des chefs d'accusation qui révèlent la brutalité de l'aléa et le lourd tribut payé lors de ruptures d'ouvrage. Les discours et verdicts de ces procès sont eux profondément politiques ce qui rend difficile la perception de leur caractère remarquable pour la société. De même, les verdicts n'ont pas entraîné de répercussions et ne peuvent pas être incriminés comme participant à la construction du caractère remarquable de l'évènement. Si Malpasset a pu permettre de réaliser une avancée dans la gestion des barrages il est délicat d'établir un lien de causalité entre le déroulé du procès et les nouvelles mesures décrétées. De façon analogue, il est encore trop tôt pour juger de l'impact des conclusions du procès de Xynthia à l'automne 2014. Le rejet du projet de PPRI de La Faute-sur-Mer, en février 2015 (lafautesurmer.net, 2015), soit 5 ans après l'inondation, montre cependant que les problèmes soulevés suite à Xynthia sont encore loin d'être résolus. Il faudra attendre le recours en appel prévu à l'hiver 2015 pour apprécier véritablement les répercussions du procès sur le long terme.

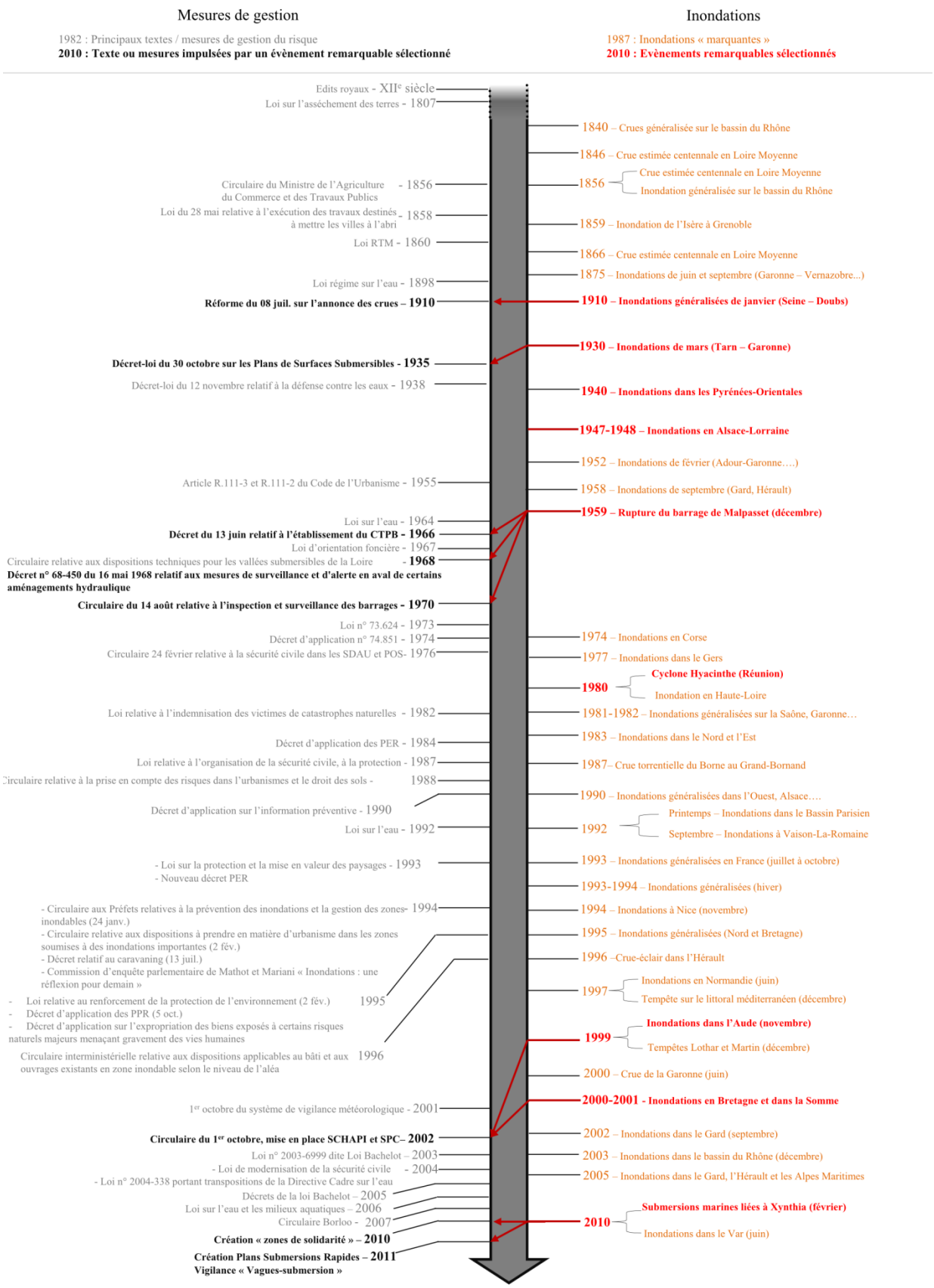
4. Des évènements remarquables à l'origine de mesures politiques

4.1. La place des évènements remarquables dans la gestion du risque

Lors de la rédaction des monographies, un certain nombre de mesures de gestion du risque imputables à des évènements d'inondation ont pu être distinguées, questionnant sur leur rôle dans le caractère remarquable d'une inondation : l'évènement remarquable est-il toujours à l'origine de nouvelles décisions participant à la réforme de la gestion du risque inondation ? De quelle manière ces décisions sont-elles prises ? Traduisent-elles la remarquabilité de l'évènement d'inondation ?

4.1.1. Un panorama des prises de décisions politiques issues d'évènements remarquables

Un des critères de la grille de lecture et l'un des enjeux des monographies résidaient dans l'identification des mesures politiques issues des cas d'étude. Ces mesures peuvent, comme les impacts médiatiques, s'appuyer sur une dimension locale et concerner uniquement les territoires et bassins versants sinistrés, ou sur une dimension nationale avec le déploiement de nouvelles normes pour la gestion du risque. La Figure VI.6 retrace chronologiquement les principaux textes règlementaires issus des principaux évènements d'inondations en France et notamment les évènements remarquables étudiés. Pour réaliser cette représentation nous nous sommes appuyés sur les travaux de Pottier (1998), Ledoux (2006), Valy (2011), Meschinet de Richemond (2012) et nous les avons complétés en fonctions des éléments trouvés lors de la rédaction des monographies.



Source : D'après Pottier (1980), Ledoux (2006), Valy (2011), Meschinet de Richemond (2012), modifié par Boudou (2015)

Figure VI.6 Chronologie des principales mesures politiques décidées suite aux principaux évènements d'inondation et évènements remarquables étudiés

► Des évènements à l'origine d'une réforme nationale de la gestion du risque

La Figure VI.6 montre que les inondations remarquables étudiées engendrent fréquemment de nouvelles décisions politiques. Pour cinq d'entre elles, les prises de décisions politiques sont prises au niveau national :

- Janvier **1910** et la réforme du 8 juillet 1910 portant sur l'annonce des crues,
- Mars **1930** et l'établissement des PSS en 1935
- Décembre **1959** douchant sur : la création du CTPB en 1966, le décret n° 68-450 du 16 mai 1968 relatif aux mesures de surveillance et d'alerte en aval de certains aménagements hydrauliques, la circulaire du 14 août 1970 relative à l'inspection et à la surveillance des barrages, et mise en place des Plans Particuliers d'Intervention ou PPI.
- Novembre **1999** et l'hiver **2000-2001**, et à la mise en place du SCHAPI au 1er octobre 2002.
- Février **2010** et la décision d'établir des PSR (conjointement avec les inondations du Var de juin 2010), ainsi que le déploiement de la vigilance « Vagues-submersion » et la création de « zones de solidarité ».

Ainsi, près 8 réformes ont identifiées comme issues de ces inondations. Bien que ce constat mériterait d'être nuancé au profit d'un diagnostic plus approfondi visant à distinguer d'autres mesures politiques prises sur la gestion du risque inondation, il souligne néanmoins le rapport avéré entre évènement remarquable et prises de décisions politiques nationales.

► Des mesures locales de gestion du risque

Certains évènements remarquables sélectionnés n'engendrent pas de prises de décisions politiques nationales. Ils peuvent néanmoins impulser des mesures locales.

- Suite aux inondations de **1940**, les services de Restauration des Terrains de Montagne ont développé une vaste politique dans les Pyrénées-Orientales, visant à réduire l'impact des précipitations sur le transport solide et donc l'intensité potentielle de futures inondations (Benech et Mussot, 1995). En réaction aux inondations d'octobre 1940 et avril 1942, une loi datant du 9 novembre 1942 « *relative à la protection contre les inondations dans le département des Pyrénées-Orientales* » et visant notamment à une amélioration du service d'annonce des crues a également été votée (Chapitre V, section 3.3.3).
- Après les inondations de **1947**, aucune mesure politique n'a été relevée à l'exception de l'établissement d'une Commission des Inondations (Roubault *et al.*, 1949), mentionnée dans la section 3.2.1. Bien que cette mesure n'ait a priori pas de conséquences directes elle constitue malgré tout une initiative rare illustrant d'une certaine manière les caractéristiques exceptionnelles de l'inondation.
- Suite au cyclone Hyacinthe de **1980** et au constat d'un système d'endiguement limité un Plan Pluriannuel d'Endiguement des Ravines est décrété (Lorion, 2006). Ce dispositif local vise à prévenir l'inondation de quartiers habités mais également à

valoriser des espaces constituant jusqu'à présent des zones non-constructibles (cônes de déjections des torrents par exemple).

L'énumération des mesures locales décidées suite aux évènements ci-dessus montre bien le caractère systématique de prise de décisions politiques suite à un évènement remarquable d'inondation, tant au niveau local que national. Pour quelles raisons cependant ces politiques sont-elles déployées ? Sont-elles une réaction directe à la remarquabilité de l'inondation ?

4.1.2. Des décisions politiques motivées par le constat d'une mauvaise gestion de l'évènement remarquable

Afin de comprendre l'enjeu des prises de décisions politiques dans la remarquabilité de l'évènement, deux exemples sont ici développés :

- Les mesures imputables à la rupture du barrage de Malpasset en décembre 1959,
- La réforme de la vigilance hydrométéorologique suite à Xynthia en février 2010.

► **Malpasset : un tournant pour la gestion des ouvrages hydrauliques**

La connaissance des causes de la rupture du barrage de Malpasset au soir du 2 décembre 1959 est à l'origine de nombreuses répercussions. Des retombées scientifiques sont tout d'abord relevées. Lors du procès de la catastrophe en 1964, Josselin, ingénieur des Ponts-et-Chaussées, indique à ce titre que « […] *la mécanique des roches est une science de l'enfance. Je serais presque tenté de dire que la catastrophe de Malpasset lui a donné naissance* » (Le Monde, 23/10/1964). La mise en lumière des phénomènes de sous-pressions a en effet donné lieu à de nouvelles réflexions et théories sur la résistance des matériaux. Certains travaux tel que la méthode élaborée (Londe, 1973, Londe, 1987) s'appuient sur Malpasset pour modéliser les forces à l'œuvre dans un barrage et trouvent un écho à une échelle mondiale (Carrère, 2010).

« *Ainsi, les recherches en vue de comprendre la rupture de Malpasset ont donné en moins de dix ans une impulsion essentielle à la mécanique des roches telle qu'on la connaît quarante ans plus tard* » (Bordes, 2010).

En parallèle de cette avancée scientifique majeure, l'évènement impulse de nombreuses réformes sur les modalités de gestion des ouvrages hydro-électriques, notamment par le biais de trois décisions politiques majeures.

- Un décret interministériel met en place le 13 juin 1966 un « Comité technique Permanent des Barrages » (CTPB) en charge du contrôle et du suivi des projets de constructions des ouvrages dépassant 20 mètres de hauteur (Ministère du Développement Durable, 2009). Le rôle du comité est notamment de conduire des études hydrologiques et géologiques poussées préalablement à l'établissement de nouveaux barrages (Poupart et Castanier, 2003).
- Face au constat de l'absence d'alerte des habitants, point régulièrement mentionné lors du procès de 1964, un décret daté de 1968 ordonne la mise en place de plans d'alertes pour ces mêmes barrages de plus de 20 mètres. Celui-ci est transformé et approfondi en juillet 1987 avec l'établissement des Plans Particuliers d'Intervention ou PPI (Lebreton, 1997) encore en vigueurs à l'heure actuelle.

- La circulaire 70-15 du 14 août 1970 vient enfin compléter l'établissement du CTPB et se concentre sur l'inspection et la surveillance des barrages. De nouvelles règles sont édictées sur chacun de ces deux aspects telles que la nécessaire transparence du maître d'ouvrage dans la tenue des missions de surveillance du barrage. L'un des points centraux est également la vigilance particulière lors de la première mise en eau qui est considérée comme une « *phase essentielle et particulière de la vie du barrage,* […] *et doit permettre de déceler d'éventuelles anomalies* » (Fréjus 59, 2014). Cette circulaire doit être perçue comme une réaction directe à l'évènement de Malpasset : la rupture du barrage s'étant effectivement déroulée durant cette période cruciale.

La rupture du barrage de Malpasset a, à travers ces différentes mesures politiques, transformé le paysage de la gestion des ouvrages hydrauliques. Ces différentes prises de décisions interviennent en réaction à diverses défaillances rencontrées lors de l'inondation comme l'absence de dispositif d'alerte et le manque de cadre règlementaire sur la surveillance des ouvrages importants.

► Xynthia et l'établissement d'une nouvelle vigilance « vagues-submersion »

Comme Malpasset, Xynthia génère de multiples réformes de la gestion du risque. Il s'agit par exemple de la mise en place au lendemain de l'évènement des « zones de danger mortel », rebaptisées plus tard « zones de solidarité », dont l'objectif est la régulation du bâti dans les zones fortement exposées et sur lesquelles la présence humaine présente un risque mortel. Les dégâts de la tempête sont également l'occasion d'établir un nouveau système de vigilance hydrométéorologique. L'évènement de février 2010 a en effet mis en évidence plusieurs failles dans le système de vigilance. Bien que le phénomène de submersion marine soit mentionné dans les bulletins nationaux émis par Météo-France lors de la tempête, il n'est cependant pas directement visible sur la cartographie indicative. Par ailleurs, les consignes de sécurité correspondantes à l'alerte rouge[61] conseillent : *« Restez chez-vous et évitez toute activité extérieure* ». Or ce message de confinement, relayé par les services préfectoraux, fait davantage allusion au phénomène de tempête et au risque d'être blessé par un objet emporté par le vent. Il n'est par exemple pas fait mention d'une « mise en sécurité » des populations se trouvant dans les zones sujettes aux submersions (et qui étaient par ailleurs encore méconnues). Dans le cas d'inondations soudaines par submersion marine et de ruptures consécutives des ouvrages de protection relevées dans les communes de Vendée et de Charente-Maritime, le respect de cette consigne de confinement a pu être à l'origine d'une augmentation du bilan humain (la majorité des décès ayant eu lieu au domicile). Comme le précisent les retours d'expérience, le phénomène de submersion marine semble finalement avoir été sous-estimé et les conseils donnés aux populations pour se prémunir n'étaient pas totalement adaptés à la situation.

Face à ce constat, un nouveau système de vigilance a été pensé à travers le déploiement du Plan de Submersion Rapides ou PSR. Ce plan est issu du « Plan Digues » annoncé par le chef de l'Etat le 1er mars 2010. Il fut nommé « Plan de submersion marines et

[61] Qautre départements étaient en alerte rouge « tempête » dans le bulletin émis le 27 février à 16 heures: la Charente-Maritime, la Vendée, la Vienne, et les Deux-Sèvres.

digues » d'après une circulaire datée du 7 avril 2010 et vise à prévenir les risques de submersions marines le long des littoraux. Suite aux inondations meurtrières du Var en juin 2010, il est renommé sous l'appellation de « Plan de Submersions Rapides » de façon à intégrer l'ensemble des submersions « soudaines » (par ruissellement, submersion marine, rupture de digue). L'objectif de la réforme peut se décomposer en quatre axes principaux, qui font écho aux principales problématiques qui ont émergé suite aux catastrophes de Xynthia et du Var en 2010 à savoir :

1) La maîtrise de l'urbanisation et l'adaptation du bâti,
2) L'amélioration des systèmes de surveillance, de prévision de vigilance et d'alerte,
3) La fiabilité des ouvrages et des systèmes de protection,
4) L'amélioration de la résilience des populations (la culture du risque et les mesures de sauvegarde).

Parmi ces actions, l'axe 2) a donné lieu à la refonte du système de vigilance et au déploiement d'une vigilance « vagues-submersion », réalisés par les principaux acteurs en charge de la gestion et prévision du risque de submersion à savoir :

- Météo-France,
- le Service Hydrométrique et Océanographique de la Marine (SHOM),
- la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR),
- la Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises (DGSCGC).

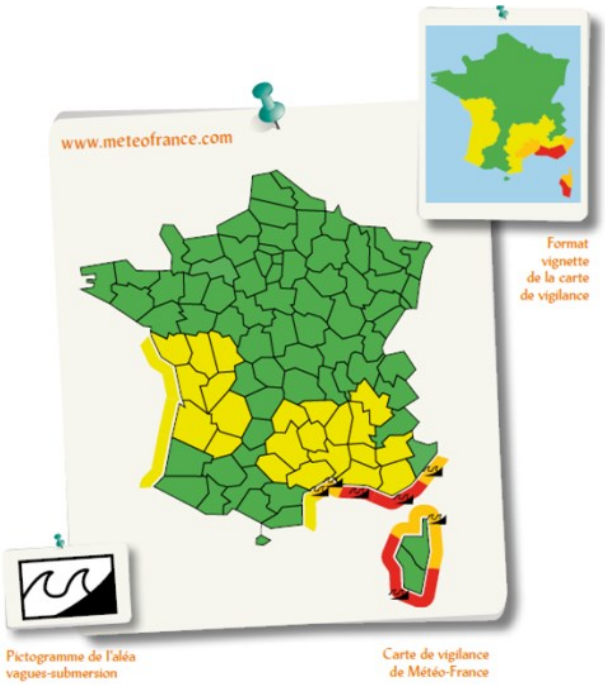


Figure VI.7 Le nouveau dispositif de vigilance « vagues-submersion »
(Source : Météo-France, 2011)

Depuis 2011, la cartographie interactive de vigilance produite par Météo-France indique explicitement les territoires concernés par un risque de submersion marine.

« *Lorsqu'un département est placé en vigilance vagues-submersion, une bande littorale de couleur jaune, orange ou rouge est matérialisée sur toute la longueur de la côte du département* » (Météo-France, 2011).

De plus, les consignes de sécurité ont été adaptées à la mesure du risque. Bien qu'il soit difficile de juger que l'évacuation immédiate des populations aurait pu sauver des vies lors de Xynthia (du fait que la plupart des victimes a été trouvée au rez-de-chaussée et que les conditions de tempête rendaient difficile voire impossible toute évacuation en temps réel), l'accent de cette nouvelle vigilance est porté sur la mise en lieu sûr des populations. Ainsi en cas de vigilance rouge, la recommandation suivante est par exemple émise : « *Surveillez la montée des eaux et tenez-vous prêt à monter à l'étage ou sur le toit.* » Cette réforme du système de vigilance, la neuvième depuis 2001 (SHOM, 2011), est l'une des nombreuses réactions politiques imputables à la tempête Xynthia. Tout comme pour Malpasset, cette réforme fait suite au constat de l'inadaptation du système de vigilance de l'époque. La redécouverte du risque de submersion marine à l'occasion de l'évènement a été l'occasion de nouvelles mesures de gestion du risque.

► Des prises de décisions nationales montrant le rôle central de la gestion dans l'évènement remarquable

Pour les deux exemples traités ci-dessus (1959 et 2010), l'établissement de nouvelles mesures de gestion du risque (étroitement liées à la démarche de recherche des causes mentionnées dans la section 3) illustre l'existence d'une gestion défaillante de l'évènement remarquable. La gestion de la société ou pour ainsi dire sa « *dys-gestion* », est ici le moteur de nouvelles mesures de gestion du risque. Ces prises de décisions mettent tout d'abord en lumière les caractéristiques remarquables de l'évènement pour la société à l'origine d'un dépassement de sa capacité de gestion et témoignant donc d'un franchissement de seuil. Elles éclairent également le rôle de la gestion dans la construction du caractère remarquable d'une inondation. Ces décisions peuvent ainsi être considérées comme un effet domino de la mauvaise gestion de l'évènement et contribuent à rendre remarquable l'inondation. Le lien entre évènement majeur et mise en place de réformes politiques, déjà mis en évidence par de nombreux auteurs, contribue par ailleurs à la capitalisation des expériences de l'inondation. Ces prises de décisions visant à « une réduction de l'endommagement par une atténuation collective » après l'évènement (Thouret et D'Ercole, 1996) marquent la rupture causée par l'évènement remarquable et participent dans le même temps à sa mise en mémoire. En effet, ces mesures (bien que pouvant être régulièrement actualisées et transformées) s'inscrivent de façon durable dans le paysage de la gestion du risque (localement ou nationalement) et contribuent à perpétuer dans le temps long les répercussions de l'évènement remarquable.

4.1.3. Un contexte favorable / défavorable à la prise de décision

Nous avons montré que l'évènement remarquable est toujours à l'origine d'une prise de décision politique, qu'elle soit nationale ou locale. Quelles que soient leurs dimensions, les prises de décisions politiques révèlent donc la mauvaise gestion et témoignent de la remarquabilité de l'évènement par la société. Il est néanmoins possible de s'interroger sur la signification de ces dimensions tant spatiales que temporelles.

Il semble nécessaire de s'attarder sur le contexte spatio-temporel dans lesquels s'inscrivent les évènements. L'absence de répercussions politiques majeures du cyclone Hyacinthe en janvier 1980 peut s'expliquer par son éloignement géographique : une mesure politique nationale en réaction à un cyclone atypique et un territoire particulier aurait eu peu de pertinence à l'échelle de la métropole. Pour les évènements d'octobre 1940, le contexte politique durant lequel interviennent les inondations peut de nouveau être mentionné comme facteur explicatif : le contexte de la Seconde Guerre n'apparaît en effet pas propice à une prise de décision politique et à l'établissement d'une nouvelle réforme de la gestion du risque. Un contexte particulier peut également être invoqué pour expliquer la longueur du délai de prises de décisions politiques suite à l'évènement de novembre 1999 avec la création SPC et au SCHAPI. Ce dispositif, en grande partie issu des recommandations promulguées par le retour d'expérience (Lefrou *et al.*, 2000) et le rapport du député Dauge (1999) ne voit le jour qu'en octobre 2002, près de 3 ans après l'évènement. La lenteur de cette action (qui doit néanmoins être nuancée par l'ampleur du dispositif engagé), peut s'expliquer par la survenance d'autres « catastrophes naturelles ». A peine un mois après les inondations de l'Aude surviennent les tempêtes de décembre 1999 (Lothar et Martin) dont le coût est estimé à un minimum de 15 milliards d'euros et durant lesquelles 92 personnes ont péri en France (Pelisson, 2010). L'ampleur exceptionnelle des dommages a pu contribuer à relativiser la gravité des inondations de novembre mais également à les masquer médiatiquement et politiquement. Il faudra ainsi attendre l'occurrence de nouvelles inondations « catastrophiques » pour que la réforme de l'annonce des crues soit effective (en particulier les inondations de la Somme et la Bretagne en 2000-2001 et les inondations du Gard en septembre 2002). Si certains évènements d'une nature différente et plus dommageables peuvent contribuer à masquer les répercussions d'une inondation précédente, la succession d'inondations dommageables peut au contraire encourager une prise de décisions politiques.

L'exemple de la circulaire du 1er octobre 2002 souligne qu'une succession d'inondations majeures peut être à l'origine de nouvelles réformes. Dans son texte explicatif, la réforme de 2002 fait référence aux conséquences des inondations de novembre 1999 mais aussi de 2000-2001 en Bretagne et dans la Somme, et de septembre 2002 dans le Gard (Chauvière *et al.*, 2010). Pour résumer, les répercussions politiques de novembre 1999 s'inscrivent ainsi dans un contexte temporel particulier : les conséquences de l'évènement sont tout d'abord occultées par celles des tempêtes de décembre 1999 puis ravivées par de nouvelles inondations dommageables en 2000, 2001, 2002. Cet aspect peut être également mentionné pour 1940. Les répercussions locales de cet évènement sont fortement liées avec

la survenance de nouvelles inondations en avril 1942. La loi sur l'amélioration du service d'annonce des crues dans les Pyrénées-Orientales est ainsi une mesure associée à ces deux évènements. De même, la politique d'indemnisation des dommages (reconnus par ailleurs comme « dommages de guerre ») est définie par le décret-loi du 19 avril 1942, peu après le second évènement (Conseil de la République, 1947). La conjonction d'évènements successifs peut également être évoquée au sujet des répercussions politiques de Xynthia en février 2010 et des inondations en juin dans le Var.

La période dans laquelle s'inscrit l'inondation peut ainsi être plus ou moins favorable au déclenchement d'une prise de décision et joue ainsi un rôle central expliquant les répercussions politiques de l'évènement. En tout état de cause, l'examen des répercussions politiques a montré qu'une prise de décision effective peut être considérée comme un marqueur de remarquabilité. Le déploiement d'une nouvelle mesure de gestion du risque témoigne en effet bien souvent de la mauvaise gestion passée de l'évènement et contribue par ailleurs à sa « mise en mémoire ».

4.2. Des actions traduisant la patrimonialisation de l'évènement remarquable

Diverses répercussions témoignant de l'inscription de l'évènement remarquable dans le patrimoine architectural et culturel des territoires ont été distinguées dans les monographies de cas d'étude. Une attention particulière est ici portée sur le rôle de la reconstruction puis sur les actions culturelles gravitant autour des inondations.

4.2.1. Une reconstruction porteuse de la mémoire de l'évènement ?

► **Des actions de mitigation durant la reconstruction**

En fonction des constats apportés par l'explication des causes de l'inondation et des dommages, la reconstruction peut s'articuler autour d'une recherche de diminution de la vulnérabilité. C'est le cas lors de la « Reconstitution » des villages du Tarn-et-Garonne dévastés lors des inondations de mars 1930. Une fois les dégâts déblayés et quantifiés, l'accent est rapidement mis sur la réparation et la reconstruction des enjeux détruits.

L'œuvre de reconstruction est cependant à l'origine de questionnements, comme ceux de Mr Guillon, Préfet de la Haute-Garonne et chargé de la « Reconstitution » des départements inondés :

« *Va-t-on, sans plan d'ensemble, se contenter de rebâtir à l'emplacement même des ruines, alors même que cet emplacement serait spécialement menacé par de nouvelles crues, alors même que les voies anciennes étaient trop étroites et ne permettraient pas de reconstruction des bâtiments salubres ? Va-t-on reconstruire les maisons avec ces matériaux insuffisants qui ont été la principale cause de la catastrophe ? Va-t-on refaire sur le modèle ancien, des logements dont certains étaient plutôt des taudis, dans lesquels l'air et la lumière n'entraient que très parcimonieusement et qui n'étaient même pas dotés des plus modestes installations d'hygiène, exigées cependant par le règlement sanitaire de la plus petite commune rurale ? Ce serait, à la fois, stupide et criminel* » (Minvielle, 1931).

En réponse à ces interrogations, les autorités décident que la reconstruction doit prendre en compte des précautions hygiénistes mais aussi également rechercher l'atténuation de la vulnérabilité. L'enjeu pour les villages sinistrés réside principalement dans le choix des matériaux utilisés, évoqué comme l'un des facteurs de dommages et de décès (Chapitre III, section 4.1.4. et Chapitre V, section 3.2.2.). Pour ce faire, des matériaux plus solides et plus adaptés sont utilisés pour la réfection des immeubles du Tarn-et-Garonne, transformant durablement le paysage « urbain » des villes et villages détruits.

Dans une optique similaire à celle de mars 1930, les inondations de janvier 1980 liées au cyclone Hyacinthe ont contribué à une diminution de la vulnérabilité de l'habitat. En effet, le constat de la fragilité du bâti Réunionnais et en particulier des cases créoles traditionnelles, établi lors du cyclone Jenny en 1962 (Jouanjean, 2011), s'est vu ravivé par l'ampleur des dommages au bâti durant Hyacinthe, estimés à 170 millions de francs de l'époque soit 70 millions d'euros en 2015 (DEAL Réunion, 2010). La salubrité du logement s'inscrit durant l'étape de reconstruction comme une priorité des autorités politiques et vise notamment à promouvoir la généralisation des cases dites de « standing », en « dur », telles que les célèbres « cases Tomi » (Jouanjean, 2011).

► Un évènement remarquable en tant que « *catastrophe-opportunité* »

A la lumière de ces deux exemples portant chacun sur l'amélioration du bâti, la reconstruction s'articule et agit dans une logique d'« *éthique préventive* » (Vinet, 2007). Elle devient à cette occasion un marqueur de la remarquabilité de l'inondation. En effet, les choix faits lors de la reconstruction révèlent que les impacts de l'inondation ont engendré une nécessaire réaction des autorités face à la potentialité d'un aléa similaire. L'évènement remarquable devient à cette occasion une « *catastrophe-opportunité* » pour reprendre les mots de Quenault (2014), et un « *levier de transformation de l'espace urbain pré ou post-catastrophe* ». C'est au travers d'une logique d'adaptation et de résilience que la société gère ainsi l'évènement remarquable et trouve un moyen de rebondir via la reconstruction. Il est toutefois important de noter que cette reconstruction « *adaptative* » n'est pas systématique et peut être tardive. Le cas du pont de Bize-Narbonne est à ce titre particulièrement emblématique. Détruit en 1891, puis lors des évènements remarquables de mars 1930, octobre 1940 et novembre 1999, celui-ci est reconstruit à chaque fois de manière identique, sans tenir compte de la transparence

hydraulique (Vinet, 2007). Ce n'est qu'après une vive polémique, largement relayée par les populations riveraines et les médias que ce pont est finalement réaménagé en tenant compte des conditions d'écoulement lors de crues. Cet exemple illustre parfaitement que les facteurs de vulnérabilité doivent avant tout être clairement identifiés en tant que problème collectif avant d'être pris en considérations par les autorités.

Il faut également souligner que les actions de reconstruction ne s'articulent pas forcément sur une volonté de mitigation mais revêtent parfois un caractère opportuniste pour les villages ou particuliers sinistrés. On peut citer le cas de Villemur-sur-Tarn, commune forte de 2900 habitants en 1931 qui se voit dotée d'un nouveau réseau d'assainissement plus moderne, d'un vélodrome ou encore d'une piscine publique (Senges, 2010). Dans un même ordre d'idée, Langumier (2006) mentionne que des sinistrés de novembre 1999 ont profité des indemnisations touchées suites aux inondations pour construire des piscines privées. Ces aspects illustrent que la reconstruction peut être à l'origine d'effet d'aubaine et permettent de relativiser la volonté de la société de tirer les enseignements des récentes inondations.

4.2.2. Une inscription du remarquable dans le patrimoine architectural et culturel

Outre la mise en place de nouvelles mesures de gestion du risque quelques temps après l'évènement il est intéressant de revenir sur les actions mémorielles relatives à l'évènement. Celles-ci font référence à une dynamique de long terme et permettent d'apprécier la place des évènements remarquables aujourd'hui.

► **Des actions autour du lieu de l'évènement**

Parmi les actions témoignant de la remarquabilité de l'évènement, nous pouvons citer la pose de repères de crues qui témoignent de l'intensité de l'inondation et participent à perpétuer la mémoire de l'évènement auprès des riverains. Pour nos cas d'étude, ces repères sont fréquents le long des cours d'eau affectés comme en témoigne une photographie prise lors d'une visite dans le centre-ville de Besançon (Photo VI.1). Celle-ci illustre la hauteur d'eau atteinte par la crue du 21 janvier 1910, nettement plus élevée que celles des crues du 18 septembre 1852 et du 10 mars 1896, autres épisodes forts répertoriés dans la ville. Bien que participant à perpétuer la trace de l'évènement remarquable, la pose de repère de crues ne peut pas être considérée comme un indicateur objectif de la remarquabilité de l'évènement. En effet, la pose et la conservation de ces repères repose avant tout sur une action politique, en charge des collectivités locales et qui a par ailleurs été institutionnalisée par la loi Bachelot de 2003 (Gazelle et Maronna, 2009).

Photo VI.1 Marques de repères de crues dans le centre-ville de Besançon
(Source : Photographie personnelle, mai 2014)

La conservation de l'inondation dans le patrimoine architectural du territoire peut également s'effectuer par des actions symboliques. Des lieux particulièrement touchés ou emblématiques de l'évènement remarquable ont par exemple être renommés par les autorités. Suite à l'inondation de mars 1930, les autorités de Montauban ont par exemple rebaptisé le « Quai Faubourg Toulousain », où fut recensée une part importante des victimes, en « Quai Adolphe Poult », en hommage au sauveteur volontaire qui a péri lors des inondations. A Moissac, la « Rue de la République », où fut enregistrée le plus grand nombre de victimes lors de l'inondation, fut renommée « Rue de l'Inondation de 1930 ». Dans une démarche similaire des stèles commémoratives ont été posées. C'est le cas dans :

- le village de Cuxac d'Aude, théâtre de 5 victimes en novembre 1999 (Langumier, 2006),
- une place de la ville de Fréjus, dévastée par la rupture du barrage de Malpasset en décembre 1959 (Clavandier, 2004),
- sur un pont franchissant le Lay à la Faute-sur-Mer, commune emblématique de l'évènement où ont été recensés 29 décès (lafautesurmer.net, 2012).

A travers ces différentes actions symboliques menées par la société, le lieu de l'évènement dommageable peut être assimilé à un « *lieu de mémoire* », terme utilisé par Nora (1984) pour qualifier l'importance des centres d'archives et les musées qui contribuent à perpétuer le souvenir d'une catastrophe. Dans une optique similaire aux réformes de la gestion du risque, ces actions peuvent ici être identifiées comme rappelant la remarquabilité locale de l'inondation. Elles soulignent les nombreux morts imputables au phénomène et révèlent un processus de mise en mémoire de l'évènement. Cette affirmation doit toutefois être nuancée au regard du caractère socio-culturel de ces mesures. Celles-ci peuvent ici aussi être le fruit d'une action politique et se fondent par ailleurs sur un registre affectif renvoyant aux

traumatismes des collectivités touchées. Cette dimension, profondément socio-culturelle, est cependant difficile à analyser en détail et mériterait d'être mise au regard d'une analyse anthropologique centrée sur le territoire concerné.

► Des commémorations lors d'une date anniversaire

Des actions de commémorations autour de l'évènement ont été identifiées comme formes de gestion. Celles-ci interviennent généralement lors des dates anniversaires et peuvent être à l'initiative :

- des autorités de gestion du risque comme lors de la célébration du centenaire des inondations de janvier 1910 à Besançon, impulsée directement par la DREAL Franche-Comté, pour laquelle fut réalisée une exposition dans la ville et la publication d'une plaquette informative.
- de la commune et d'associations. C'est par exemple le cas lors de la célébration du 50e anniversaire de la rupture de Malpasset à Fréjus organisée conjointement par la municipalité et l'association « ACC Malpasset » (association du Cinquantenaire de la Catastrophe de Malpasset).
- de scientifiques, universitaires ou érudits locaux. L'anniversaire du cinquantenaire des inondations d'octobre 1940 suscite par exemple l'organisation d'un colloque scientifique à Vernet-les-Bains.

Ces actions participent à la mémoire de l'évènement et valorisent la culture du risque considérée comme un des facteurs clés de la vulnérabilité (Thouret et D'Ercole, 1996). Comme le mentionne Soutadé (1990) au sujet du colloque de Vernet-les-Bains, « *au moment où ses traces s'effacent dans le paysage, la commémoration de cette catastrophe permet de rappeler qu'il existe toujours les mêmes secteurs à risque* ». A cet égard, la commémoration d'un évènement peut être vue comme un miroir de sa perception « remarquable » pour la société, qui éprouve le besoin de rappeler la présence de ces évènements. Ici aussi, ces actions peuvent toutefois être teintées de politique et revêtent parfois un aspect symbolique qui complexifie l'appréhension de leur contribution dans la construction de l'évènement remarquable.

5. Le rôle de la gestion dans l'évènement remarquable d'inondation

5.1. Une gestion au cœur de l'évènement remarquable

5.1.1. Des répercussions témoins du caractère exceptionnel de l'évènement

L'examen de la gestion de l'évènement par la société a permis de dresser plusieurs constats. En premier lieu, quelle que soit la période, la gestion de la société suit un schéma relativement identique. Les évènements remarquables sont souvent fortement médiatisés, marqués par des visites de personnalités politiques, génèrent fréquemment des prises de décisions politiques… Parmi ces diverses formes de répercussions, certaines mettent en valeur les caractéristiques exceptionnelles de l'évènement et peuvent être jugées comme des indicateurs de remarquabilité. Le traitement médiatique de l'évènement contribue par exemple à relayer les importants dommages ou l'intensité de l'aléa auprès de la population. De même, la visite d'une personnalité politique permet de témoigner de l'ampleur de l'évènement. L'examen des procès a par ailleurs montré qu'ils sont motivés par la défaillance des acteurs locaux sur la gestion hydrauliques. Enfin, l'étude des rapports post-évènement et l'analyse des prises de décisions politique visant à améliorer la gestion du risque manifestent certains dysfonctionnements des autorités face à l'évènement remarquable. Ces différents éléments d'explication rappellent non seulement les caractéristiques d'aléa et de dommages pouvant être jugés d'une intensité et d'une sévérité exceptionnelle, mais également l'effet de franchissement de seuils généré par l'évènement remarquable. Ce franchissement de seuil est relatif à un dépassement de la capacité de gestion et à un changement dans la perception de la société. Ce dernier aspect est en particulier illustré par un changement d'échelle dans les différentes répercussions d'une inondation. Il s'agit par exemple de la venue d'un Président de la République plutôt que de ministres ou de représentants locaux, d'un traitement médiatique qui s'effectue via des médias nationaux ou encore d'une prise de décision portant sur la gestion du risque inondation à l'échelle du pays.

5.1.2. Une gestion au cœur de la remarquabilité

L'analyse des répercussions a montré que la gestion s'inscrit également comme un facteur actif au sein du système de l'évènement remarquable. Deux raisons peuvent être mentionnées pour cela.

Certaines répercussions témoignent d'un processus de mise en mémoire de l'évènement. Ce processus a été distingué comme un point central expliquant la remarquabilité d'une inondation. Il montre que la société a jugé nécessaire de tirer les enseignements de l'évènement en déployant des mesures politiques. La société prend ainsi

des dispositions pour éviter de nouvelles situations similaires et capitalise l'expérience de l'évènement sur le long terme. Cette mise en mémoire de l'évènement peut également se retrouver lors de politique de reconstruction ou via des commémorations d'anniversaires qui participent à perpétuer le souvenir de l'inondation et à la remarquer aujourd'hui.

Le rôle de la gestion dans la construction de l'évènement remarquable figure par ailleurs dans les conséquences qu'elle peut avoir. Comme l'aléa ou les dommages, certaines répercussions peuvent en engendrer de nouvelles. Ainsi, la venue d'un Président est souvent à l'origine d'effets d'annonce et participe au déclenchement de nouvelles mesures tant symboliques que politiques. Cela a été le cas en 1959 avec l'autorisation du mariage posthume par Charles de Gaulle ou en 2010 avec le décret d'un « Plan Digues » lors de la venue de Nicolas Sarkozy à La Faute-sur-Mer le 1er mars. Outre ces exemples, l'établissement d'un lien concret entre ces différentes répercussions est cependant souvent délicat et met en lumière les défis d'une démarche multidisciplinaire et d'un diagnostic transversal de l'évènement.

5.2. Une analyse rappelant la complexité d'une étude multidisciplinaire et transversale de l'évènement

Si de prime abord les répercussions sont jugées comme révélatrices de la remarquabilité d'une inondation et permettent de légitimer les indicateurs de la grille de lecture, certaines réserves doivent être soulevées dont deux principales.

5.2.1. Un contexte spatio-temporel déterminant les modalités de gestion

Le contexte spatio-temporel de l'évènement doit en premier lieu être analysé pour affirmer le caractère remarquable de certaines répercussions. Tout au long de notre analyse, le contexte territorial dans lequel s'inscrit l'inondation a été incriminé comme pouvant expliquer certaines répercussions. La comparaison du traitement médiatique des inondations de mars 1930 et octobre 1940 a dans cette optique soulignée que l'actualité politique de ce dernier explique un traitement médiatique de moindre ampleur. La Seconde Guerre Mondiale a en effet contribué à masquer médiatiquement les inondations et leur faible relais ne peut être considéré comme le reflet d'une moindre remarquabilité. Autre aspect illustrant cette fois l'importance du contexte temporel, la prise de décision politique peut être influencée par une succession d'évènements. Une série d'inondations dommageables peut contribuer à masquer les répercussions d'un évènement particulier ou à l'inverse inciter le politique à déployer de nouvelles mesures de gestion. Le territoire dans lequel intervient l'inondation est également un facteur décisif expliquant certaines modalités de gestion de l'évènement. L'observation des rumeurs de 1940 et de 2001 montre que celle-ci est conditionnée par des facteurs socio-culturels qui sont présents en amont de l'évènement.

5.2.2. Des répercussions possédant leur propre complexité

L'analyse de la gestion de la société a par ailleurs mis en exergue que les répercussions d'une inondation recèlent des formes de complexité qui leur sont propres. L'examen du discours médiatique est ainsi le miroir de la société et peut pour cette raison devenir un objet de manipulation politique visant à encourager certaines prises de décisions ou à relayer certaines informations. Le caractère « marchand » du média doit aussi être considéré lors d'une analyse des sources journalistiques. Enfin, certaines répercussions politiques sont fortement teintées de symbolismes qui tendent à nuancer leurs impacts dans l'évènement remarquable. La visite d'un Président constitue l'un des rôles traditionnels du chef de l'Etat et n'est donc pas toujours propre la remarquabilité de l'évènement. La décision de mettre en place une stèle commémorative dans les lieux de forte mortalité ou de célébrer la date anniversaire d'un évènement revêt également ce caractère symbolique et n'est donc pas toujours motivée par la volonté de mettre à profit les enseignements de l'inondation.

5.2.3. Les difficultés d'une démarche multidisciplinaire et transversale

Les différentes répercussions ont finalement souvent un caractère ambivalent intrinsèque à leur registre sociétal. Contrairement à l'analyse de l'aléa et des dommages, la gestion de la société peut difficilement se résumer à un simple constat des faits. Ces études approfondies sur ce sujet demeurent cependant encore rares ce qui montre la complexité de mener à bien une démarche multidisciplinaire telle que celle engagée pour notre thèse. Ces limites permettent également d'expliquer la difficulté à établir des liens entre les différentes répercussions d'un évènement et donc à une étude transversale de l'inondation. Ce constat nuancé ne remet cependant pas en cause les fondements ni l'intérêt de notre analyse pour autant. L'étude de la gestion a montré la complexité de l'évènement remarquable et met en lumière des perspectives de recherches intéressantes. Des études pourraient en ce sens être menées afin de répondre à certaines problématiques soulevées dans ce chapitre.

Synthèse du Chapitre VI

Dans ce chapitre, nous avons étudié l'étude la façon dont l'évènement remarquable a été par la société.

Une première étape de travail a permis de mettre en lumière les différentes formes de gestion de l'inondation, analysable à travers les répercussions post-évènement, choisies comme critères lors de l'élaboration de la grille de lecture. Ont ainsi été distingués come axes d'étude :

- Les impacts médiatiques et les mesures d'urgences ;
- La recherche des causes et des responsabilités ;
- Les mesures politiques issues de l'évènement.

L'examen de ces différentes modalités de gestion a offert plusieurs constats. Certaines répercussions témoignent des caractéristiques exceptionnelles de l'inondation, lesquelles ont mis à mal la capacité de gestion de la société. D'autres répercussions, telles que les mesures politiques ont par ailleurs été distinguées comme contribuant directement au caractère remarquable d'une inondation. Elles témoignent en effet d'un processus de « mise en mémoire » de l'évènement et démontrent que la société a jugé nécessaire de tirer les enseignements de l'expérience vécue.

L'analyse a cependant montré que la gestion de l'évènement doit également être reliée avec certains paramètres tendant à complexifier l'établissement de liens de causalité entre gestion et remarquabilité. Il s'agit en premier lieu de la nature des répercussions étudiées, lesquelles revêtent une dimension symbolique ou politique pouvant parfois amplifier l'exceptionnalité d'un évènement. Par ailleurs, l'étude a révélé que le contexte spatio-temporel de déclenchement exerce une influence particulière dans le processus de construction d'une inondation dite remarquable.

Conclusion générale

Photographie Conclusion générale : Le quartier du Chaudron à Saint-Denis de la Réunion lors du cyclone Hyacinthe en janvier 1980 – Source : Fonds photographique DEAL Réunion.

La problématique posée en début de thèse s'articulait autour de la compréhension du caractère *remarquable* d'une inondation et de l'intérêt d'une approche multidisciplinaire pour l'étude de ces évènements passés. Plusieurs éléments ont permis d'avancer sur ces questions tout au long de notre analyse tant sur les modalités de sélection des événements dits « remarquables » que sur la mise en évidence des multiples facteurs à l'origine de leur remarquabilité.

► Une méthodologie de sélection et d'analyse adaptée

Le terme de « *remarquable* » possède de nombreux avantages en comparaison des autres définitions utilisées pour qualifier les évènements d'inondations et offre des perspectives pertinentes pour répondre aux difficultés rencontrées lors de l'EPRI de 2011. Il permet notamment d'appréhender la « *significativité* » des impacts engendrés par une inondation en se penchant sur les modalités de représentation de l'évènement à l'époque de sa survenance.

La méthodologie de cette classification a conduit au choix d'une série d'indicateurs pour caractériser l'intensité de l'aléa hydrométéorologique, la gravité des dommages et des répercussions socio-politiques ou médiatiques de l'évènement remarquable (Chapitre II). La grille d'analyse proposée s'inscrit dans un cadre multidisciplinaire et innovant qui permet de dépasser les échelles de classification existantes, notamment en prenant en compte les répercussions post-évènement, postulées comme le reflet des impacts de l'inondation et témoins de la « mise en mémoire » de l'évènement (Chapitre I). L'application de cette grille aux 176 évènements de l'EPRI 2011 (Lang et Coeur, 2014) a montré la variété des types d'inondations (crue lente ou rapide, débordement de cours d'eau, submersion marine, rupture d'ouvrage…) et des dates d'évènements (1840 à 2010) parmi les principales inondations remarquables. Les indices de pondération utilisés ont par ailleurs été testés et critiqués, révélant la robustesse de l'approche. Ces résultats doivent toutefois être mis au regard des limites du jeu initial de 176 événements de l'EPRI 2011. Ce dernier résulte d'un choix méthodologique favorisant les événements récents (plus de la moitié des événements sont postérieurs à 1980), du fait d'une meilleure disponibilité d'information et d'une plus grande facilité d'appropriation par le public. Sous réserve d'un travail de recueil complémentaire d'informations sur les événements majeurs des XIXe et XXe siècles, il est vraisemblable que davantage d'événements anciens pourraient être retenus.

En gardant ces réserves à l'esprit, neuf cas d'étude ont ensuite été sélectionnés parmi les inondations les plus remarquables du XXe siècle, période jugée pertinente pour notre analyse. Ces évènements ont été étudiés de façon approfondie à travers la rédaction de synthèses monographiques et multidisciplinaires dont un exemple type a été présenté pour l'évènement de mars 1930 (Chapitre III). Cette illustration a offert trois principaux constats relatifs à l'apport d'une étude monographique.

En premier lieu, la monographie permet de considérer l'évènement d'inondation sous divers aspects en se penchant à la fois sur l'aléa, ses conséquences dommageables et ses répercussions notables. Elle s'inscrit également sur une diversité d'échelles spatio-temporelles en interrogeant par exemple les répercussions de l'inondation sur plusieurs dimensions (entre

bassins versants, à l'échelle locale/nationale, court-terme/long-terme…). Ce type d'étude s'oriente vers une vision holistique de l'évènement d'inondation et va au-delà de la segmentation des connaissances relatives aux inondations passées.

Dans un second temps, l'exemple de mars 1930 a permis de revenir sur la pertinence des indicateurs de la grille utilisée pour caractériser l'évènement remarquable. L'analyse a montré que d'autres paramètres, non considérés initialement, devaient être pris en compte pour comprendre l'origine d'un évènement remarquable. L'étude de l'aléa a par exemple souligné que les conditions initiales lors de l'épisode déclencheur ont eu une influence significative dans l'exceptionnalité des inondations de mars 1930. Par ailleurs, cette synthèse a montré que l'évaluation des dommages économiques imputables à une inondation du passé est sujette à de nombreuses incertitudes.

Enfin, il apparaît que la monographie offre un cadre intéressant pour la comparaison d'inondations de différentes temporalités et la compréhension de l'évènement remarquable d'inondation. Elle fait intervenir une analyse multidisciplinaire rarement sollicitée lors de retours d'expérience, dans une même logique que celle de la gestion intégrée, promue par les gestionnaires du territoire depuis quelques années. L'étude monographique revêt pour cette raison un intérêt tout particulier pour l'établissement de diagnostic « transversaux » alliant les différentes facettes du triptyque risque « aléa-vulnérabilité-exposition ». Ce positionnement « transversal » des monographies s'est vu approfondi pour traiter trois questionnements visant à mieux comprendre les évènements remarquables d'inondation :

1/ Quels sont les facteurs impliqués dans le processus d'aléa d'une inondation remarquable ?

2/ Une analyse rétrospective permet-elle de mettre en lumière les causes de la mortalité lors d'inondations remarquables ?

3/ De quelle manière la société gère-t-elle un évènement remarquable d'inondation ?

► Une caractérisation des événements plus poussée grâce aux questions transversales

Sur le registre de l'aléa, le chapitre IV s'est attaché à comprendre, via une démarche systémique, le processus de production de l'aléa lors d'une inondation remarquable. La caractérisation de l'aléa météorologique d'une part puis hydrologique d'autre part a permis d'identifier de nouveaux indicateurs de l'intensité de l'aléa. Le croisement de ces indicateurs atteste en premier lieu du nombre conséquent de facteurs agissant dans le processus de production. Les cumuls observés lors de l'épisode pluviométrique déclencheur, bien que déterminants pour expliquer l'origine de l'aléa, ne suffisent pas toujours à expliquer l'exceptionnalité des inondations étudiées : d'autres facteurs ou variables jouent un rôle dans le processus. Il s'agit notamment de facteurs additionnels tels que les conditions climatologiques initiales : la fonte nivale est en particulier décisive du caractère remarquable des inondations dans trois cas sur neuf (1910, 1930 et 1947). De nombreux effets dominos contribuent également à aggraver localement l'aléa hydrologique. Les ruptures d'ouvrages ont ainsi joué un rôle crucial durant quatre évènements remarquables (1930, 1959, 1999 et 2010) et les effets d'embâcles lors de quatre (1910, 1947, 1980 et 1999). Ces facteurs aggravants

sont souvent liés aux caractéristiques du territoire (chapitre V) et attestent de l'hybridité de l'aléa, issu de facteurs physiques et socio-économiques. Le rôle crucial joué par les facteurs additionnels au sein du processus de production de l'aléa a par ailleurs révélé que l'évènement remarquable semble difficilement reproductible à l'identique. Ces facteurs résultent en effet souvent des spécificités spatio-temporelles de l'aléa et des caractéristiques territoriales à l'œuvre lors de l'inondation.

Le chapitre V s'est penché sur l'examen de la mortalité qui se trouve au cœur de l'évènement remarquable (des décisions politiques peuvent en effet être motivées par un nombre élevé de victimes). Pour notre étude, il est apparu nécessaire de ne pas s'attarder seulement sur le nombre de décès mais également sur les caractéristiques de la mortalité. L'analyse a révélé que la mortalité se situe au croisement de facteurs d'exposition, de vulnérabilité et d'aléa lors d'inondations remarquables. La superposition de l'aléa et de la répartition spatiale des décès montre par exemple une forte corrélation entre ces deux aspects de l'évènement. La durée de l'aléa, longue ou brève, apparaît souvent décisive dans le bilan humain de l'évènement remarquable. Le cyclone Hyacinthe, dont la trajectoire atypique a touché à trois reprises l'île de la Réunion, a induit une durée exceptionnelle des précipitations, entraînant de nombreux débordements ou glissements de terrain et participant de manière indiscutable à gonfler le bilan humain. Par ailleurs, la contribution de phénomènes souvent imprévisibles (tels que les ruptures de digues, les glissements de terrain, débâcles….) au nombre de victimes reflète l'importance de la soudaineté de la submersion et par extension de la gestion de l'alerte aux populations (facteurs déterminants en 1930, 1940, 1959, 1980, 1999 et 2010). L'analyse de l'exposition et de la vulnérabilité des enjeux souligne d'un autre côté que les facteurs de mortalité sont fortement dépendants des caractéristiques du territoire. La vulnérabilité structurelle et l'exposition du bâti sont par exemple mentionnées pour les évènements de 1930, 1940, 1999 et 2010. Outre ces aspects, la mortalité lors d'inondations remarquables repose également sur une forme de vulnérabilité « active » relative à l'individu. Cette dernière s'illustre lors de décès résultant d'une mise en danger et sont incriminés en 1930, 1940, 1980 et 1999. Le profil de la personne constitue une information complémentaire à intégrer. Ainsi, l'analyse du cyclone Hyacinthe en 1980 met en évidence un comportement « à risque » de la population jeune âgée de moins de 20 ans (64% du nombre total de victimes) qui traverse à pied des radiers submergés (6 décès sur 25). A l'inverse, c'est la population âgée qui a été la plus touchée lors de la tempête Xynthia en 2010 (70% du nombre de total de victimes est âgé de plus de 60 ans), s'expliquant par une faible capacité à évacuer rapidement des habitations de plain-pied inondées. L'analyse de la mortalité a finalement permis d'évaluer l'évolution diachronique des facteurs impliqués. Outre de nombreux traits communs tels que l'importance de la gestion de l'alerte ou le rôle des ruptures d'ouvrages dans la mortalité, des différences ont été notées. Ainsi les décès survenant au domicile sont principalement liés à l'effondrement des bâtiments et donc à leur vulnérabilité structurelle lors des inondations anciennes (1930, 1940). Pour les évènements récents, ces cas de décès sont principalement liés à un type de bâti inadapté construit sans-étage refuge (1999, 2010). Dans un même ordre d'idée, les décès résultant de situations de mises en danger sont liés à

une inconscience du risque en 1980 et 1999 tandis qu'elles sont davantage liées à des opérations de sauvetages lors des évènements de 1910 et 1930.

Le chapitre VI a réinterrogé le lien existant entre évènement remarquable et gestion de la société et a permis d'approfondir la contribution des répercussions socio-politiques. L'examen des modalités de gestion des évènements remarquables, possible grâce aux études monographiques, a montré que les répercussions médiatiques et socio-politiques de l'inondation constituent des marqueurs de la remarquabilité. En effet, certains types de répercussions mettent en lumière des effets de seuil. C'est le cas par exemple lorsque les mesures d'urgence font appel à une aide extérieure au territoire (intervention d'une ONG ou des forces armées) ou lorsque l'inondation nécessite une prise de décision d'ordre national. Par ailleurs, plus que de simples marqueurs, certaines formes de gestion participent à la construction de l'évènement remarquable. Par effet de rétroaction, une mauvaise gestion peut être à l'origine de nouvelles répercussions d'ordre politique avec le déploiement de nouveaux outils règlementaires en lien avec le risque inondation ou d'initiatives de patrimonialisation et de valorisation des informations relatives à l'inondation. Comme pour les chapitres précédents, la gestion de l'évènement par la société révèle un jeu d'échelles avec des répercussions aussi bien locales que nationales et plus ou moins distantes dans le temps. Contrairement aux autres facteurs étudiés (aléa et mortalité), il est plus délicat d'apprécier le rôle exact de ces répercussions et par extension des modalités de gestion de la société. Les répercussions socio-politiques ou médiatiques appartiennent au registre social et cachent bien souvent une dimension politique ou culturelle non-négligeable qui peut masquer la réalité de l'évènement remarquable. L'étude des médias a par exemple montré l'instrumentalisation politique du discours médiatique. De même, la visite d'un Président de la République à la suite d'un évènement peut être vue comme un acte symbolique illustrant l'ampleur des dommages ou comme une forme de politisation de l'inondation via la multiplication d'effets d'annonce. Ces difficultés rencontrées sont particulièrement préjudiciables pour distinguer les possibles rétroactions entre répercussions et révèlent finalement la complexité que revêt une démarche multidisciplinaire fondée en partie sur des critères sociaux reposant étroitement sur des facteurs cognitifs et culturels.

► Une brève synthèse sur la remarquabilité

Au regard des points évoqués, de nombreux éléments viennent étayer la définition de la remarquabilité, résumée de façon simplifiée dans les indicateurs de la grille de lecture. Ils résultent d'un enchaînement complexe de facteurs d'aléa, d'exposition et de vulnérabilité, illustrant la nature hybride de l'évènement remarquable. L'emboîtement d'échelles qui contribue à la singularité de l'évènement suscite des interrogations sur le caractère reproductible d'une inondation remarquable. L'analyse de l'aléa, de la mortalité et de la gestion a en effet bien montré que les caractéristiques du territoire à la date de l'inondation conditionnent fortement le caractère remarquable d'une inondation. Cet aspect atteste du lien existant entre « *temporalité* » et « *remarquabilité* » mais également entre « *territoire* et *remarquable* ». Nous avons par exemple maintes fois évoqué le cas des inondations de décembre 1947 et du contexte particulier dans lesquels se trouvent les territoires lorrains et alsaciens. La présence

de débris dans le lit des cours d'eau liés à la destruction de ponts pendant la guerre a aggravé l'inondation et les dommages. De surcroît, les répercussions sociales ont été amplifiées du fait de la perception de ces territoires durement touchés par les guerres successives. Cette influence territoriale est également prépondérante lors de l'apparition de rumeurs (comme en 1940 et 2000-2001). Il existe finalement une forte corrélation entre des facteurs naturels et socio-économiques qui tendent à démontrer l'intérêt de développer des approches multidisciplinaires telles que celle sollicitée dans notre thèse. Notre analyse a montré que le caractère remarquable de l'évènement doit également être analysé sur le long terme, de façon à percevoir l'impact des rapports post-évènement et des décisions politiques qui ont fait suite à l'évènement. Ces éléments permettent de voir l'expérience tirée de l'inondation par la société et d'éclairer l'inscription de l'évènement dans la mémoire collective. Le caractère remarquable d'une inondation est finalement issu d'un franchissement de seuils. Cela s'illustre lorsque l'inondation dépasse une certaine intensité et entraîne des effets dominos ou lorsque des répercussions socio-politiques résultent d'une défaillance lors de la gestion de l'évènement.

► Des enseignements sur les événements remarquables d'inondation

Le chapitre IV a montré que les facteurs additionnels aggravants jouent un rôle récurrent dans la production de l'aléa d'inondation, que ce soient les ruptures de digues, l'impact du transport solide, le rôle des embâcles-débâcles ou les glissements de terrain. Une attention particulière doit par conséquent être portée sur ces facteurs par les gestionnaires. Si les éléments aggravants sont difficilement connus à l'avance, en particulier leur localisation, il pourrait être envisagé de raisonner sur des scénarios « *catastrophe* » pour anticiper leurs conséquences. C'est d'autant plus le cas que ces effets ont un poids important dans la mortalité comme l'a démontré le chapitre V. Dans un même ordre d'idée, le rôle des conditions initiales (manteau neigeux, sols saturés) peut fortement influencer la réponse des bassins versants. Les gestionnaires en charge des territoires affectés par les inondations de janvier 1910, 1930 et 1947 pourraient avoir une vigilance accrue sur ces facteurs, qui ont été jugés déterminants sur l'exceptionnalité de ces inondations. L'importance de la fonte nivale s'est à ce propos vue récemment illustrée lors des inondations du bassin amont de la Garonne en juin 2013 (Observatoire de l'Eau du bassin de l'Adour, 2014).

En plus du poids des effets dominos souvent imprévisibles, la vulnérabilité et l'exposition du bâti ont été décisives dans le bilan humain des inondations de 1930, 1940 et 2010 (Chapitre V). Cette cause de mortalité, commune à des évènements anciens et récents, pourrait être considérée à travers l'identification de zones particulièrement à risque à la fois exposées et caractérisées par un type de bâti vulnérable (matériaux sensibles à la submersion, habitat de plain-pied…). Des actions préventives pourraient être menées de façon à atténuer la vulnérabilité de ces habitations. De même, des facteurs de mortalité liés à des comportements à risques, déjà démontrés par de nombreux auteurs (Wilson, 2006, Ruin, 2010, Boissier, 2013), jouent une part non-négligeable en particulier pour les évènements récents (1980, 1999, 2010). Ces constats mettent en lumière l'importance de développer la

culture du risque, possible grâce à des initiatives locales de valorisation des évènements passés ou à travers la sensibilisation des plus jeunes par des actions éducatives.

A l'heure où ces lignes sont rédigées (octobre 2015), des inondations particulièrement meurtrières ont eu lieu dans les Alpes-Maritimes (au moins 20 victimes). Les circonstances de mortalité de cet évènement incriminent implicitement les deux facteurs de mortalité évoqués précédemment à savoir d'une part le rôle de l'urbanisation et d'autre part des comportements de mises en danger, illustrant bien l'enjeu que représente ces aspects pour la gestion du risque inondation.

► Des perspectives de valorisation

- *Auprès des gestionnaires*

La méthodologie de caractérisation des événements d'inondation peut être réutilisée pour de nouveaux évènements dommageables, de façon à identifier leur caractère potentiellement remarquable en vue de leur incorporation à la base BDHI. Lorsque l'évènement réunit un certain nombre de critères « fort », la réalisation d'études monographiques multidisciplinaires telles que celles réalisées pendant la thèse peut être envisagée quelques années après l'évènement. Elles permettraient de documenter ces événements et de disposer d'un matériau utile pour la capitalisation des événements remarquables. Dans cette optique, il est prévu d'intégrer les revues d'évènements réalisées pendant cette thèse (Annexe 1 à 8) dans la base BDHI, et d'insérer un lien vers les neuf monographies sur le site Pluies-Extrêmes de Météo-France. Ces documents pourront ainsi être rendus visibles auprès des gestionnaires et du grand public, participant ainsi à la valorisation des neuf cas d'étude de cette thèse.

- *Dans le milieu scientifique*

La grille de lecture pourrait être appliquée à des évènements du XXe siècle non retenus dans les 176 événements de l'EPRI 2011, de façon à voir si des évènements tout aussi remarquables que ceux étudiés dans la thèse n'ont pas été omis dans la sélection. De même, les indicateurs de la grille pourraient être adaptés à d'autres territoires européens ou élargis au XIXe siècle de façon à prendre en compte les évènements de la fin du Petit Age Glaciaire, qui comptent parmi les plus grandes inondations connues. Par ailleurs, certains types d'inondations pourraient être étudiés plus en détail. Aucun exemple de grande crue fluviale n'a été traité dans les 9 cas d'étude (ou bien de façon seulement partielle à l'occasion de la crue sur la moyenne Garonne en 1930). Une étude pourrait en ce sens être engagée sur une inondation correspondant à ce type d'évènement telle que l'inondation du Rhône en 2003. La succession d'inondations sur un territoire peut être à l'origine de nombreuses répercussions sur la société. Si l'évènement de 1947-1948 correspond en partie à ce cas de figure[62], des études monographiques complémentaires pourraient être engagées sur les inondations de l'automne 1907 ou de l'automne 2014 sur le Languedoc.

[62] Les impacts de ces inondations se répartissent sur deux secteurs : les inondations de décembre ont davantage touché la Lorraine tandis que celles de janvier ont plutôt concerné l'Alsace.

Le Chapitre VI a révélé les difficultés de rapprocher les répercussions sociétales des facteurs d'aléa et de dommages, rendant délicate l'appréhension de leur contribution réelle au sein de l'évènement remarquable. Des études complémentaires pourraient à ce titre être engagées en vue d'évaluer le poids des répercussions sociétales dans la perception et la gestion des inondations. L'une des pistes serait par exemple d'évaluer de manière plus précise le comportement et le rôle des médias dans la construction d'un évènement remarquable.

A l'exception du cas particulier de Malpasset avec Fréjus, l'analyse des évènements retenus comme cas d'étude a enfin permis d'identifier des territoires fortement affectés par les inondation remarquables. C'est le cas par ordre chronologique de Besançon (janvier 1910), Moissac (mars 1930), de la haute-vallée du Tech (octobre 1940), de Nancy (décembre 1947), des cirques et des basses plaines de la Réunion (janvier 1980), de la basse vallée de l'Aude (novembre 1999), de la vallée de la Somme (2001) ou de La Faute-sur-Mer (février 2010). Des études pourraient être entreprises afin d'évaluer les dommages potentiels engendrés aujourd'hui par le retour de telles inondations dans ces territoires, en particulier pour ceux affectés par des évènements anciens. Les évènements remarquables ont-ils contribué à modifier les usages du sol ou à changer les modalités de gestion du risque dans ces territoires ? Ces espaces fortement affectés ont-ils connu une augmentation de leur vulnérabilité faisant craindre de graves dommages lors du retour d'une inondation similaire ?

Dans le cadre du stage de Master réalisé à Irstea par Benjamin Danière nous avons comparé l'évolution de la vulnérabilité aux inondations des villes de Besançon et Moissac (Boudou *et al.*, 2015; Annexe 10). Le centre-ville de Besançon, déjà implanté en 1910 sur la totalité de l'intrados du méandre du Doubs, n'a pas connu de densification urbaine, mais un changement des usages, avec davantage de bâtiments administratifs, d' établissements recevant du public (ERP) et une diminution de l'habitat résidentiel. Ce sont les conditions d'écoulement qui suscitent des interrogations quant à la reproductibilité d'un événement type 1910 et de ses conséquences. Le rôle des embâcles au droit des ponts a été déterminant dans la submersion du centre-ville. Une modélisation hydraulique détaillée est prévue dans le cadre du projet ANR FlowRes (2015-2018) pour tenir compte de l'évolution des conditions d'écoulement. Sur le secteur de Moissac, le nombre d'habitants dans la zone inondée par la crue de mars 1930 a doublé aujourd'hui, montrant ainsi une forte hausse des enjeux exposés. Le risque de rupture du remblai ferré, facteur clé de la catastrophe en mars 1930, mériterait une étude de danger spécifique vu les conséquences potentielles en termes de mortalité. Ces deux exemples illustrent l'intérêt de rejouer un événement ancien dans les conditions actuelles. Des études similaires avec visées prospectives sur l'évaluation de la vulnérabilité et de l'exposition pourraient être menées sur les secteurs habités en France ayant déjà connu une inondation remarquable.

Bibliographie

Photographie Bibliographie : « Inondations catastrophiques dans les basses plaines de l'Aude – Source : La Dépêche du Midi.

Alexandre, P. (1987), *Le climat en Europe au Moyen Age: contribution à l'histoire des variations climatiques de 1000 à 1425, d'après les sources narratives de l'Europe occidentale*, Ecole des hautes études en sciences sociales, Paris, 827p.

Allaire, G. (2015), Et si une crue majeure de la Seine survenait ?, *Revue du Courtage*, (914) : 1-7.

Allard, M. (1910), *Les récentes inondations à Besançon*,Bibliothèque et Archives Municipales de la ville de Besançon.

Allard, P. (2001), Éléments pour une problématique de l'histoire du risque. Du risque accepté au risque maîtrisé. Représentations et gestion du risque d'inondation en Camargue, XVIIIe-XIXe siècles. Mémoire pour l'Habilitation à la direction de recherches. , *Revue d'histoire du XIXe siècle Société d'histoire de la révolution de 1848 et des révolutions du XIXe siècle*, (23): 289-294.

Ambroise-Rendu, M. (1997), *Paris inondé*, Hervas, Paris, 109p.

AMEVA (2009), Les inondations de la Somme : comprendre, prévenir, protéger, *Ameva (Aménagement et valorisation du bassin de la Somme)*: 24.

André, C. (2013), *Analyse des dommages liés aux submersions marines et évaluation des coûts induits aux habitations à partir de données d'assurance, Perspectives apportées par les tempêtes Johanna (2008) et Xynthia (2010),* Thèse de doctorat, Géographie, Brest, Université de Bretagne Occidentale, 328p.

Angot, A. (1915), *Annales du bureau central météorologique, année 1910 : mémoires*,Ministère de l'Instruction Publique, Paris, 185p.

Antoine, J.-M. (1992), *La catastrophe oubliée: les avatars de l'inondation, du risque et de l'aménagement dans la vallée de l'Ariège (Pyrénées françaises, fin XVIIe-XXe siècles),* Thèse de doctorat, Géographie, Toulouse, Université Toulouse II Le Mirail, 495p.

Antoine, J.-M. (2009), L'histoire du climat par ses extrêmes. Sources géohistoriques et inondations dans les Pyrénées depuis le Petit Age Glaciaire, *Archéologie du Midi Médiéval*, 27: 143-155.

Antoine, J.-M. (2010), *Géohistoire des catastrophes et des risques torrentiels. Une histoire de l'environnement pyrénéen,* Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR), Géographie et aménagement du territoire, Toulouse, Université Toulouse-II le Mirail, 334p.

Antoine, J.-M., Desailly, B., Gazelle, F. (2001), Les crues meurtrières, du Roussillon aux Cévennes, *Annales de Géographie*, 110 (622): 597-623.

Antoine, J.-M., Desailly, B., Peltier, A. (2009), Sources historiques et problématiques de recherche en géographie des risques naturels, *Géocarrefour*, 84 (4): 229-239.

Antoine, J.M., Dessailly, B., Peltier, A. (2010), Temporalités des catastrophes et des risques « naturels » - Éléments de prospective dans le contexte du changement climatique, *Le changement climatique: Du méta-risque à la méta-gouvernance, Collections Sciences du risque et du danger, série Innovations*, Lavoisier, 220p.

Anziani, A. (2010a), *Rapport d'information fait au nom de la mission commune d'information sur les conséquences de la tempête Xynthia*, Tome II : Auditions,Sénat, 247p.

Anziani, A. (2010b), *Rapport d'information fait au nom de la mission commune d'information sur les conséquences de la tempête Xynthia*, Tome I : Rapport,Sénat, 227p.

Arnaud-Fasseta, G. (2007), *L'hydrogéomorphologie fluviale, des hauts bassins montagnards aux plaines côtières: entre géographie des risques, géarchéologie et géoscience, Volume 2: Synthèse scientifique,* Habilitation à Diriger les Recherches (HDR), UFR Géographie, Histoire et Sciences de la Société (GHSS), CNRS UMR 8586, Pôle de Recherches pour l'Organisation et la Diffusion de l'Information Géographique (PRODIG), Paris, Université Paris-Diderot (Paris 7), 436p.

Arnaud-Fassetta, G., Fort, M. (2011), Dix ans de recherche hydrogéomorphologiques dans le département de l'Aude et une question : comment parvenir à réduire le risque de crue en domaine Méditerranéen ?, *Actes du colloque international 'Risques naturels en Méditerranée occidentale'*: 33-52.

Ashley, W.S. (2007), Spatial and temporal analysis of tornado fatalities in the United States: 1880-2005, *Weather and Forecasting*, 22 (6): 1214-1228.

Astrié, T. (1875), *Les drames de l'inondation à Toulouse*, Librairie Centrale, Gallica (http://gallica.bnf.fr/), 453p.

Augendre, M. (2012), Un modèle géographique de la catastrophe, *Ebisu Études japonaises*, (47): 27-38.

Auteur inconnu (1910), *Notes sur la crue des 20-21 janvier*, Bibliothèque et archives municipales de Besançon (série O).

Baggio, S., Rouquette, M.L. (2006), La représentation sociale de l'inondation: influence croisée de la proximité au risque et de l'importance de l'enjeu, *Bulletin de psychologie*, (1): 103-117.

Balasch, J., Ruiz-Bellet, J., Tuset, J., Martín de Oliva, J. (2010a), Reconstruction of the 1874 Santa Tecla's rainstorm in Western Catalonia (NE Spain) from flood marks and historical accounts, *Natural Hazards and Earth System Science*, 10 (11): 2317-2325.

Balasch, J., Tuset, J., Ruiz-Bellet, J. (2010b), Reconstructing the 1874 Santa Tecla flash flood in the Ondara River (Ebro Basin, NE Spain), *Advances in Geosciences*, 26 (26): 45-48.

Ballais, J.-L., Chave, S., Delorme, V., Esposito, C. (2011), Le lit majeur exceptionnel: premier bilan, *Revue Géographique de l'Est*, 51 (3-4).

Barriendos, M., Coeur, D. (2004), Flood data reconstruction in historical times from non-instrumental sources in Spain and France, *Systematic, Palaeoflood and Historical Data for the Improvement of Flood Risk Estimation Methodological Guidelines*: 29-42.

Barriendos, M., Coeur, D., Lang, M., Llasat, M., Naulet, R., Lemaître, D., Barrera, A. (2003), Stationarity analysis of historical flood series in France and Spain (14th–20th centuries), *Natural Hazards and Earth System Science*, 3 (6): 583-592.

Barriendos, M., Martin-Vide, J. (1998), Secular climatic oscillations as indicated by catastrophic floods in the Spanish Mediterranean coastal area (14th–19th centuries), *Clim Change*, 38 (4): 473-491.

Barriendos, M., Rodrigo, F.S. (2006), Study of historical flood events on Spanish rivers using documentary data, *Hydrological Sciences Journal*, 51 (5): 765-783.

Barthelemy, F., Huet, P., Lefrou, C., Suzanne, J.-C. (1999), *Organisation du retour d'expérience dans le domaine des risques naturels*,Conseil Général des Ponts et Chaussées, Mission d'Inspection Spécialisée de l'Environnement, 44p.

Barthet, J.-A. (1930), *Quand le fleuve déborde, Essai Syndicaliste*, Cahiers Bleus : Pour la république syndicale, organe hebdomadaire de la culture générale et d'organisation, 28p.

Basso, M.S., C. ; Saint-Upéry, C. (1990), L'évolution du système d'annonce des crues de 1940 à nos jours dans les Pyrénées-Orientales, *Les inondations d'octobre 1940 en Catalogne 50 ans passés*, Vernet-les-Bains, Universitat de Perpinyá, Centre de recerques i d'estudis catalans ; Universitat de Paris X, Centre de geographie physique Henri Elhaï ; Generalitat de Servei geològic de Catalunya : 389-398.

Battle, M., Gual, R. (1981), 1940 L'Aiguat: les inondations de 1940, *Terra Nostra, Revista Escolar Catalana*, 42: 206.

Baulig, H. (1950), *Les inondations de décembre 1947*, Annales de l'Institut Physique du Globe de Strasbourg,Imprimerie Alsacienne, Strasbourg, 12p.

BCEOM (2001), *Etude et modélisation des crues de la Meuse, rapport général - annexes* La Meuse, les crues et les risques d'inondation EPAMA, Etablissement public d'aménagement de la Meuse et de ses affluents, 17p.

Beck, U. (2008), *La société du risque: Sur la voie d'une autre modernité*, Champs Essais, Flammarion, 521p.

Belin, P., Moulin, C. (2013), Analyse des situations de danger dans le cadre du retour d'expérience des inondations des 15 et 16 juin 2010 dans le Var, *La Houille Blanche*, (1): 10-15.

Bénech, C. (1990), Estimation des périodes de retour de "l'aiguat" d'octobre 1940 dans quelques vallées des Pyrénées-Orientales, *Les inondations d'octobre 1940 en Catalogne : 50 ans passés*, Vernet-les-Bains, Universitat de Perpinyá, Centre de recerques i d'estudis catalans ; Universitat de Paris X, Centre de geographie physique Henri Elhaï ; Generalitat de Servei geològic de Catalunya 297-313.

Benech, C., Mussot, R. (1995), L'influence des interventions humaines sur l'écoulement des eaux et sur les transports solides. L'exemple des Pyrénées-Orientales (France), *Annales de Géographie*: 105-118.

Bensa, A., Fassin, E. (2002), Les sciences sociales face à l'événement, *Terrain Revue d'ethnologie de l'Europe*, (38): 5-20.

Bersani, C., Dumas, P., Rouzeau, M., Gérard, F., Gondran, O., Helias, A., Martin, X., Puech, P., Fleury, B., Greff, M., Bougere, R., Trepos, Y. (2010), *Tempête Xynthia : retour*

d'expérience, évaluation et propositions d'actions: Tome 1, rapport, Conseil général de l'environnement et du développement durable; Inspection générale des finances; Inspection générale de l'administration, 191p.

Berthier, F., Garcin, M., Oliveros, C., avec la participation de Barfety, J.C. (2000), *Facteurs géologique et hydrogéologique d'aggravation des évènements torrentiels : Application à la Haute-Savoie*,BRGM, infoterre.fr, 65p.

Bertin, X., Bruneau, N., Breilh, J.-F., Fortunato, A.B., Karpytchev, M. (2012), Importance of wave age and resonance in storm surges: The case Xynthia, Bay of Biscay, *Ocean Modelling*, 42: 16-30.

Bertrand, C., Bertrand, G. (2002), *Une géographie traversière: l'environnement à travers territoires et temporalités*, Editions Quae, 330p.

Bertrand, M. (2009), Penser l'événement» en histoire: mise en perspective d'un retour en grâce, *Bifurcations - Les sciences sociales faces aux ruptures et à l'évènement*, La Découverte, 36-50p.

Bichambis, P. (1930), *Inondations du midi en mars 1930 : les paisibles rivières devenues torrents de ruine et de mort. Les deuils, les ruines, les héros*, 28p.

Biégelmann-Massari, M. (1996), Les dispenses civiles au mariage de 1960 à 1992. II. Le mariage posthume: mariage de raison ou mariage d'amour?, *Population (French Edition)*: 369-396.

Blanc, D. (2002), *Les inondations de mars 1930, témoignages*, 55p.

Blanchet, P., Quesnel, P. (1942), *Crues des 17-18 et 19 octobre 1940 : Rapport commun des inspecteurs généraux*,Etat Français, département des Pyrénées-Orientales, 81p.

Boissier, L. (2013), *La mortalité liée aux crues torrentielles dans le Sud de la France: une approche de la vulnérabilité humaine face à l'inondation,* Thèse de doctorat, Geography, Montpellier, Université Paul Valéry-Montpellier III, 215p.

Boissier, L., Vinet, F. (2009), Paramètres hydroclimatiques et mortalité due aux crues torrentielles. Etude dans le sud de la France, *Actes du 22ème colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, Cluj, Roumanie, Geographia Technica, 79-84.

Bonnard, S. (2005), *Caractérisation typologique des ravines" non-pérennes" à forte valeur environnementale de l'Ile de La Réunion,* DESS Sciences et Gestion de l'Environnement Tropical, Université de la Réunion, 198p.

Bonnifait, L., Delrieu, G., Le Lay, M., Boudevillain, B., Masson, A., Belleudy, P., Gaume, E., Saulnier, G.M. (2009), Distributed hydrologic and hydraulic modelling with radar rainfall input: Reconstruction of the 8-9 September 2002 catastrophic flood event in the Gard region, France, *Adv Water Resour*, 32 (7): 1077-1089.

Bordes, J.-L. (2010), Les barrages en France du XVIIIe à la fin du XXe siècle : histoire, évolution technique et transmission du savoir, *Revue du comité d'histoire du ministère de l'Ecologie et du Développement durable*, "Pour mémoire" (hiver 2010, n°9): 70-120.

Boudou, C. (1931), Les inondations en Tarn-et-Garonne: leurs causes, leurs effets, *Bulletin archéologique historique et artistique de la société archéologique du Tarn-et-Garonne*, LVIII: 33-53.

Boudou, M. (2010), *Les politiques de gestion du risque d'inondation dans la construction des paysages fluviaux urbains : état des lieux et enjeux de la question à Agen,* Mémoire de Master 1, Géographie et Aménagement, Toulouse Toulouse II Le Mirail, 215p.

Boudou, M., Coeur, D., Lang, M., Vinet, F. (2015a), *Grille de lecture pour la caractérisation d'événements remarquables d'inondation en France : exemple d'application pour la crue de mars 1930*, Environnement, politiques publiques et pratiques locales, L'Harmattan, Toulouse, 559p.

Boudou, M., Danière, B., Lang, M. (2015b), Assessing changes on urban flood vulnerability through mapping land use from historical information, *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 12 (6): 6151-6177.

Bouloc, J., Duhet, C. (1968), *Etude de l'aménagement hydraulique de la Basse-Bruche (Bas-Rhin)*, SOGREAH,Ministère de l'Agriculture, Direction Départementale de l'Agriculture (DDA), département du Bas-Rhin, Grenoble, 11p.

Bourguignon, D. (2014), *Événements et territoires-le coût des inondations en France : Analyses spatio-temporelles des dommages assurés,* Thèse de doctorat, Département de Géographie et Aménagement de l'Espace, Montpellier, Université Montpellier III, 316p.

Bourrelier, P.-H., Dunglas, J. (2009), Des événements naturels extrêmes aux figures de la catastrophe, *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 56 (4): 41-47.

Boutin, A., Pascual, M. (1990), L'aiguat de 1940, *Les inondations d'octobre 1940 en Catalogne : 50 ans passés*, Vernet-les-Bains, Universitat de Perpinyá, Centre de recerques i d'estudis catalans ; Universitat de Paris X, Centre de geographie physique Henri Elhaï ; Generalitat de Servei geològic de Catalunya 67-76.

Brázdil, R. (1998), The history of floods of the rivers Elbe and Vltava in Bohemia, *Erfurter Geographische Studien*, (7): 93–108.

Brazdil, R., Kundzewicz, Z.W., Benito, G. (2006), Historical hydrology for studying flood risk in Europe, *Hydrological Sciences Journal-Journal Des Sciences Hydrologiques*, 51 (5): 739-764.

Brenac, R. (1932), Les industries de Mazamet [Troisième partie. Les industries annexes], *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 3 (3): 249-266.

BRGM/ARMINES (2012), *Hydrologie souterraine, Bassin de la Somme*, Projet Explore 2070 : Eau et changement clilmatique, Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, 50p.

Brocas, N. (2013), *Le cyclone Hyacinthe, 30 ans après : Quelle prise en compte des effets dominos dans la gestion du risque cyclonique à La Réunion ?,* Master 1 "Gestion des catastrophes et Risques Naturels", UMR GRED/ Département de géographie, Montpellier, Université Paul-Valéry Montpellier III, 99p.

Brun, A., Gache, F. (2013), Risque inondation dans le Grand Paris: la résilience est-elle un concept opératoire?, *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*: 12.

Cadihlac, P.-E. (15/03/1930), Hors-série : Les inondations du Sud-Ouest, *Journal L'illustration*, n°4541bis, 29p.

Camp'huis, N.-G. (2007), 1856 sur le bassin de la Loire: un événement hydrologique, hydraulique et humain tout à fait reproductible dans son ampleur spatiale et sa gravité, *La Houille Blanche*, (1): 39-45.

Caous, J.Y., Caudron, M., Mardhel, V., Nail, C., Nicolas, J., Batkowski, D., Besançon, S., Gaudefroy, M.J., Kieffer, C.L., Pinson, S., Saint-Omer, P., Brinon, P.H. (2001), *Bassin Artois-Picardie, Nappe de la craie, Carte pluviométrique "hautes eaux" 2001*, Agence de l'eau Artois-Picardie, BRGM, 31p.

Carrère, A. (2010), Les leçons de Malpasset: Leur application aux projets de barrages d'aujourd'hui, *Revue française de géotechnique*, (131-132): 37-51.

Cartier, S. (2004), Le traitement médiatique des catastrophes dans l'histoire, entre oubli et mémoire, *Natures Sciences Sociétés*, 12 (4): 439-441.

CCR-Erisk. Inondations du Rhône de décembre 2003 - Reconnaissance de l'état de Cat Nat (**https://erisk.ccr.fr2015**), consulté le 06/08/2015.

CETE Méditerranée (2012), *Crues du Var : analyse des situations de dangers. Retour d'expérience*, 40p.

CETMEF, CETE Méditerranée, CETE de l'Ouest (2012), *Vulnérabilité du territoire National aux risques littoraux - France métropolitaine*,CETMEF, 170p

Chauveau, E., Pottier, P., Chadenas, C., Mercier, D., Pourinet, L., Thierry, F., Bruno, C., Blanlœil, A. (2011), La catastrophe Xynthia: un processus d'urbanisation littorale face à un fait de nature, *Cahiers nantais*, (1): 37-41.

Chauvière, J.Y., Lafitte, J.J., Le Quentrec, M., Ravard, J.L., Truchot, C., Verdeaux, P. (2010), *Prévisions des crues et hydrométrie : évaluation des réseaux et perspectives*, Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer, 129p.

Chéry, V. (2000), Inondations: quels risques pour l'agglomération parisienne, *Les annales des Mines–réalités industrielles*: 73-79.

Chiroiu, L., Guillande, R., Bahoken, F., André, G. (2015), Crues de la Seine. Analyse spatio–temporelle et estimation rapide des dommages économiques au bâti. Application sur Vitry-sur-Seine (94), *ResearchGate*: 8.

Clavandier, G. (2004), *La mort collective. Pour une sociologie des catastrophes*, CNRS Editions, 255p.

Clavandier, G. (2009), Un retour sur la catastrophe, *Le Portique*, 22: 77-88.

Clerc, J., Gollier, C. Les évènements extrêmes : nouveaux défis entre science et choix collectifs Risques, les cahiers de l'assurance [Internet]. 2008 02/09/2015; 76.

Cœur, D. (2004), Les inondations de mai-juin 1856 en France: de l'événement hydrométéorologique au nouvel engagement de l'Etat, *La Houille Blanche*, (5): 71-79.

Cœur, D. (2008), *La plaine de Grenoble face aux inondations: genèse d'une politique publique du XVIIe au XXe siècle*, Quae, Versailles, 310p.

Coeur, D., Djerboua, A. (2007a), La Crue de 1856: reconstitution et analyse d'un événement hydrologique de référence, *La Houille Blanche*, (2): 27-37.

Coeur, D., Djerboua, A. (2007b), La Crue de 1856: reconstitution et analyse d'un événement hydrologique de référence, *La Houille Blanche*, (2): 27-37.

Coeur, D., Lang, M., Claudet, R. (2007), Les inondations de mai-juin 1856 en France : dommages et conséquences, *La Houille Blanche*, (2): 44-51.

Coeur, D., Lang, M., Naulet, R., Burnet, R., Strazzeri, D. (1998), Histoire et connaissance des phénomènes naturels extrêmes, *Ingénieries - EAT*, numéro spécial 1998 Risque naturels: 15-26.

Colbeau-Justin, L., de Vanssay, B., Weiss, K., Chahraoui, K. (2001), Analyse psychosociologique auprès des sinistrés des inondations de la Somme, *Appui à la mission interministérielle sur les crues de la Somme,* 158p.

Combe, C. (2007), *La ville endormie? Le risque d'inondation à Lyon: approche géohistorique et systémique du risque de crue en milieu urbain et périurbain,* Thèse de doctorat, Géographie, aménagement et urbanisme, Lyon, Université Lyon II, 456p.

Comby, J. (1993), Bilan social et économique de la séquence orageuse du 22 septembre 1992 dans le sud du couloir rhodanien, *Revue de géographie de Lyon*, 68 (2-3): 175-192.

Comby, J. (2000), Eléments d'évaluation des conséquences socio-économiques des intempéries des 12 et 13 novembre 1999, *Géocarrefour*: 227-243.

Compo, G.P., Whitaker, J.S., Sardeshmukh, P.D., Matsui, N., Allan, R.J., Yin, X., Gleason, B.E., Vose, R., Rutledge, G., Bessemoulin, P. (2011), The twentieth century reanalysis project, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 137 (654): 1-28.

Compte rendu de l'Assemblée Nationale (16/11/1999), *2e Séance du 16 novembre* Assemblée Nationale, (**http://www.assemblee-nationale.fr/11/cri/html/20000060.asp**)

Conseil de la République (1947), *2ème scéance du 27 mars 1947 - compte rendu in extenso - 21ème scéance*, Gallica (**http://gallica.bnf.fr**), 76p.

Conseil de Préfecture Interdépartemental de Toulouse (05/04/1935), *Arrêté*,Archives Départementales du Tarn-et-Garonne, Série M, Montauban, 30p.

Conseil général du Tarn (1930), *Rapports et délibérations - 1ère Session ordinaire de 1930*, Albi, 651p.

Conseil général du Tarn-et-Garonne (1932), *Rapports des chefs de service, deuxième session ordinaire*, Gallica (**http://www.bnf.fr**), 269p.

Cosandey, C., Robinson, M. (2012), *Hydrologie continentale*, Armand Colin, 448p.

Cour des Comptes (2008), *L'Etat face à la gestion des risques naturels : feux de fôrets et inondations - rapport interne*, 685p.

Cour des Comptes (2012), *Les enseignements des inondations de 2010 sur le littoral atlantique (Xynthia) et dans le Var, rapport public thématique*,Cour des comptes, Paris, 299p.

Courcelle, L. (1937), *Traité administratif des travaux publics (nouvelle édition complètement remaniée en deux volumes par A. Debauve)*, Gallica **(http://gallica.bnf.fr)**, 516p.

Croix-Rouge française (2014), *Dossier de presse - 1864-2014 : 150 ans Croix-Rouge française*,La Croix-Rouge (**www.croix-rouge.fr)**, 39p.

D'Amato, A. (2007), *Les inondations de 1907 dans l'Hérault - Regards du passé*, ALDACOM, Béziers, 125p.

Danière, B. (2014), *Analyse cartographique de l'évolution de la vulnérabilité en zone urbaine face aux inondations dites remarquables,* Mémoire de Master 2, SIG et gestion de l'espace, Saint-Etienne, Université Jean Monnet Saint-Etienne, 111p.

Danvers, F. (2006), Regards croisés sur l'événement, *Pensée plurielle*, (3): 13-20.

Dauge, Y. (1999), *Les politiques publiques de prévention des inondations*, Rapport pour le premier ministre français, 56p.

Dauphiné, A., Provitolo, D. (2013), *Risques et catastrophes : observer, spatialiser, comprendre, gérer*, Armand Colin, Paris, 411p.

Davy, A. (2001), *La "rumeur d'Abbeville", une création médiatique,* Maîtrise, Information et communication scientifique et technique, Paris, Université de Paris VII Denis-Diderot, 40p.

DDE du Tarn (2001), *Plan de Prévention du Risque Inondation dans le bassin du Thoré - Rapport*,Préfecture du Tarn, Service de l'Habitat de l'Aménagement et de l'Urbanisme, 46p.

De Bruyn, B., Boilet, D., Cras, P., Duval, D., Fayet, L., Malgras, L. (2012), La crue de l'Oise de janvier 2011 : gestion de crise et niveaux de vigilance, *Evènement extrêmes fluviaux et maritimes - 1-2 février 2012*, Paris, SHF, 1-8.

de Moel, H., Alphen, J.v., Aerts, J. (2009), Flood maps in Europe–methods, availability and use, *Natural Hazards and Earth System Science*, 9 (2): 289-301.

De Vanssay, B., Colbeau Justin, L., Marchand, D., Vallette, C., Bakhache, C., Poumadère, M. (2011), *Construire une mémoire sociale utile de la tempête Xynthia du 28 février 2010 - Rapport final*, Académie de l'eau, MEDDTL – Préfecture de Charente Maritime, 37p.

DEAL Réunion (2010), *Rapport données historiques 2010. Synthèse des évènements : Hyacinthe, cyclone tropical (16 au 27 janvier 1980)*, DEAL Réunion, 11p.

DEAL Réunion (2012), *Guide d'élaboration des Plans de prévention des Risques Naturels à La Réunion*, DEAL Réunion, Service Prévention des Risques Naturels et Routiers (SPRINR), 52p.

Décamps, H. (1994), *Pour une approche écologique de l'évaluation des conséquences des crues*,Centre d'Ecologie des Systèmes Fluviaux, CNRS, Toulouse, 5p.

Décamps, H. (2007), La vulnérabilité des systèmes socioécologiques aux événements extrêmes: exposition, sensibilité, résilience, *Natures Sciences Sociétés*, 15 (1): 48-52.

Décret n° 37322 du 7 mars 1930 déclarant le dimanche 9 mars 1930 jour de deuil national, n° 509 (1930).

Dedieu, F. (2009), Alerte et catastrophe: le cas de la tempête de 1999, un risque scélérat, *Sociologie du travail*, 51 (3): 379-401.

Defossez, S. (2009), *Évaluation des mesures de gestion du risque inondation. Application au cas des basses plaines de l'Aude,* Thèse de doctorat, Géographie, Montpellier, Université Paul Valéry-Montpellier III, 500p.

Delrieu, G., Ducrocq, V., Gaume, E., Nicol, J., Payrastre, O., Yates, E., Kirstetter, P.E., Andrieu, H., Ayral, P.A., Bouvier, C., Creutin, J.D., Livet, M., Anquetin, S., Lang, M., Neppel, L., Obled, C., Parent-du-Chatelet, J., Saulnier, G.M., Walpersdorf, A., Wobrock, W. (2005), The catastrophic flash-flood event of 8-9 September 2002 in the Gard region, France: A first case study for the Cevennes-Vivarais Mediterranean Hydrometeorological Observatory, *Journal of Hydrometeorology*, 6 (1): 34-52.

Demarty, P. (1930), Les inondations en Tarn-et-Garonne : Les dégâts agricoles, *Revue Géographie des Pyrénées et du Sud-Ouest*, T n°1 fasc. IV: 400-406.

Deneux, M., Martin, P. (2001), *Rapport de la commission d'enquête sur les inondations de la Somme chargée d'établir les causes et les responsabilités de ces crues, d'écvaluer les coùts et de prévenir les risques d'inondations, créée en vertu d'une résolution adoptée par le Sénat le 9 mai 2001 : tome I - Rapport*, Session ordinaire de 2001-2002, Sénat, 190p.

Deneux, M., Martin, P. (2001), *Rapport de la commission d'enquête sur les inondations de la Somme chargée d'établir les causes et les responsabilités de ces crues, d'écvaluer les coùts et de prévenir les risques d'inondations, créée en vertu d'une résolution adoptée par le Sénat le 9 mai 2001 : tome I - Rapport*, Session ordinaire de 2001-2002,Sénat, 190p.

Descamps, M.-A. (1972), Catastrophe et responsabilité, *Revue française de sociologie*: 376-391.

Desquiens, O., Villers, M., Graf, E. (2010), *Les collectivités locales face à la maîtrise des risques*, APSSU,, Université Lille 2, Droit et Santé.

Di Mauro, M., Lumbroso, D. (2008), Hydrodynamic and loss of life modelling for the 1953 Canvey Island flood, *Reproduced from Flood Risk Mananement - Research and Practice, Proceeding of FLOODrisk 2008* : 1-12.

Direction de la Météorologie (1980), *Saison cyclonique 1979-1980,* République Française, Ministère des Transports, Saint-Denis de la Réunion, 19p.

Donat, O. (1990), *La tragédie Malpasset*, impr. Lacoste, Mont-de-Marsan, 59p.

Dougados, J., Gaussen, H. (1930), Les inondations de mars 1930 dans le Sud-Ouest de la France et leurs conditions météorologiques, *Bulletin de la société d'histoire naturelle de Toulouse*, Tome 54: 208-222.

Dourlens, C. (2003), *La question des inondations au prisme des sciences sociales*, CERPE, Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement (DRAST), 102p.

Douvinet, J. (2006), Intérêts et limites des données «CatNat» pour un inventaire des inondations. L'exemple des «crues rapides» liées à de violents orages (Bassin parisien, Nord de la France), *Norois*, (4): 17-30.

Douvinet, J., Vinet, F. (2012a), La carte des arrêtés "CatNat"pour les inondations: 1) Analyse spatio-temporelle, *M@ ppemonde*, (107): 10.

Douvinet, J., Vinet, F. (2012b), La carte des arrêtés «CatNat» pour les inondations: limites et améliorations possibles, *M@ ppemonde*, (107): 10p.

DREAL Midi-Pyrénées (1998), *Cartographie informative des zones inondables, Bassin du Tarn : Etudes historique et probabiliste*, 353p.

DREAL Midi-Pyrénées (2014), *Mise en oeuvre de la Directive Inondation : Rapport d'accompagnement des cartographies du TRI Montauban-Moissac*,DREAL Midi-Pyrénées, Service Risque Naturels et Ouvrages Hydrauliques, Division Prévention des Risques et Prévision des Crues, 46p.

Duffaut, P. (2010), Malpasset, la seule rupture totale d'un barrage-voûte, *Revue française de géotechnique*, (131-132): 5-18.

Duluc, C.-M., Deville, Y., Bardet, L. (2014), L'évaluation des périodes de retour des niveaux marins extrêmes : application de la méthode des probabilités jointes aux ports de Brest et La Rochelle et analyse des incertitudes d'échantillonnage associées, *La Houille Blanche*, (1): 11-17.

Dupont, N. (2010), Les documents cartographiques dans le cadre des PPRI: Analyse critique, *Riseo: risques études et observations*, (1): 56-64.

Durand, D. (2013), *La systémique*, Que sais-je?, Presses Universitaires de France, Paris, 127p.

Ena, H. (1980), *Le Tarn, torrent de ruine et de mort : Evocation des 3 et 4 mars 1930 à Moissac*, Archives départementales du Tarn-et-Garonne, Moissac, 31p.

EPTB Seine Grands Lacs (2014), *Programme d'actions de prévention des inondations de la Seine et de la Marne Franciliennes (PAPI) - Synthèse*, EPTB Seine-Grand-Lacs, 28p.

Evin, C., d'Aubert, F. (2004), Rapport fait au nom de la commission d'enquête sur les conséquences sanitaires et sociales de la canicule, *Assemblée Nationale*:, 233p.

Faucher, D. (1930a), Avant-Propos, *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, T n°1 fasc. IV: 361-362.

Faucher, D. (1930b), Les leçons des inondations du midi : remèdes et précautions, *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*: 132-144.

FENVAC – SOS Catastrophes & Terrorisme. Mardi 16 Septembre - deuxième jour d'audience, [(http://xynthia.fenvac.org/2014), 2014, 26/10/2014.

FENVAC – SOS Catastrophes & Terrorisme. Mardi 17 Septembre - troisième jour d'audience (http://xynthia.fenvac.org/2014), consulté le 20/06/2015.

FENVAC – SOS Catastrophes & Terrorisme. Procès de la tempête Xynthia- Compte rendu des audiences (http://xynthia.fenvac.org/2014), consulté le 01/08/2014.

Feuillet, T. (2012), Xynthia est-elle exceptionnelle? Réflexions sur l'évolution et les temps de retour des tempêtes, des marées de tempête, et des risques de surcotes associés sur la façade atlantique française, *Norois*, (1): 27-44.

FFSA-GEMA (2011), La tempête Xynthia du 28 février 2010 - Bilan chiffré au 31 décembre 2010: 19

Fontaines, P. (1960), *L'épisode pluvieux du 27 novembre au 2 décembre 1959 sur la Côte d'Azur et dans les massifs voisins*,Bibliothèque Météorologie Nationale, Région Sud-Est, 22p.

Förster, S., Kuhlmann, B., Lindenschmidt, K.-E., Bronstert, A. (2008), Assessing flood risk for a rural detention area, *Natural Hazards and Earth System Science*, 8 (2): 311-322.

Fouchier, C., Lavabre, J., Royet, P., Félix, H. (2004), Inondations de septembre 2002 dans le Sud de la France-Analyse hydrologique et hydraulique au niveau des barrages écrêteurs du Vidourle, *Ingénieries-EAT*, (37): 23-35.

Foucou, M. (1978), *Malpasset : une tragédie déjà rentrée dans l'histoire*, 32p.

Framery, D. (2003), Les inondations de la Somme en 2001: enjeux de pouvoirs dans un contexte de décentralisation, *Hérodote*, (3): 29-46.

Fréjus 59, Extraits de la circulaire du 14 août 1970 concernant l'inspection et la surveillance des barrages (http://frejus59.fr/malpasset-circulaire-1970) Fréjus 59, Site dédié à la catastrophe de Malpasset; 2014, consluté le 02/04/2013.

Froissart, P. (2002), *La rumeur : histoire et fantasmes*, Belin, Paris, 279p.

Frontard, M. (1948), Fonctionnement du service d"annonce des crues pendant les inondations de fin décembre 1947 du bassin de la Moselle, *La Houille Blanche* : 758-760.

Gaillard, J. (2003), *Des psychologues sont sur place... où nous mène la rhétorique des catastrophes*, Mille et une nuits.

Galley, R. (2001), *Rapport fait au nom de la Commission d'enquête sur les causes des inondations répétitives ou exceptionnelles et sur les conséquences des intempéries afin d'établir les responsabilités, d'évaluer les coûts ainsi que la pertinence des outils de prévention, d'alerte et d'indemnisation*, Tome 1 : Rapport, Assemblée Nationale.

Garnier, E. (2007), La ville face aux caprices du fleuve, *Histoire urbaine*, (1): 41-60.

Garnier, E. (2010a), Fausse science ou nouvelle frontière? Le climat dans son histoire, *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, 57 (3): 7-41.

Garnier, E. (2010b), *Les dérangements du temps: 500 Ans de chaud et de froid en Europe*, Plon, Paris, 244p.

Garry, G. (1994), Evolution et rôle de la cartographie dans la gestion des zones inondables en France, *Mappemonde*, (4): 10-16.

Garry, G., Graszk, E., Hubert, T., Guyot, P., Roy, J.-L. (1999), *Plan de prévention des risques naturels (PPR), risques d'inondation - Guide méthodologique*, In: Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Ministère de l'Equipement, 126p.

Gaume, E., Bouvier, C. (2004), Analyse hydro-pluviométrique des crues du Gard et du Vidourle des 8 et 9 septembre 2002, *La Houille Blanche*, (6): 99-106.

Gavignet, J.P., Estavoyer, L. (1989), *Besançon autrefois : d'une guerre à l'autre (1870-1914)*, Horvath, Saint-Etienne.

Gazelle, F. (1997), *L'hydrologie du Sud du Massif Central dans son environnement géographique,* Thèse d'Etat, Bordeaux, Université de Bordeaux III, 455p.

Gazelle, F., Maronna, K. (2009), Conservation et disparition des repères de crue– Exemple des repères apposés après la crue de 1930 en Lot-et-Garonne et dans le sud du Tarn, *Physio-Géo Géographie, physique, et environnement*, (Volume 3): 21-33.

Gilbert, C. (2003a), La fabrique des risques, *Cahiers internationaux de sociologie*, 114 (1): 55-72.

Gilbert, C. (2003b), *Risques collectifs et situations de crise. Apports de la recherche en sciences humaines et sociales*, L'Harmattan, Paris, 340p.

Giuntoli, I., Renard, B., Lang, M. (2012), *Floods in France*, Changes in Flood risk in Europe IAHS Special Publication, 199-211p.

Glaser, R., Stangl, H. (2003), Historical floods in the Dutch Rhine Delta, *Natural Hazards and Earth System Science*, 3 (6): 605-613.

Godard, O., Henry, C., Lagadec, P., Michel-Kerjan, E. (2002), *Traité des nouveaux risques-Précaution, crise, assurance*, Folio Actuel, Gallimard, 620p.

Gourlay, P. (2005), Un outil politique: le voyage présidentiel en province. Deux visites du président Mitterrand dans le Finistère (1981, 1985), *Annales de Bretagne et des Pays de l'Ouest Anjou Maine Poitou-Charente Touraine*, (112-4): 85-115.

Granet-Abisset, A.M. (1999), La connaissance des risques naturels : quand les sciences redécouvrent l'histoire, *Actes du seminaire international» Histoire et Memoire des risque naturels en region de montagne*, Grenoble, M.S.H.-ALPES, 36-69.

Granet-Abisset, A.-M. (2012), L'historien, les risques et l'environnement: un regard sur la nature et les hommes, *publication Hal-CNRS des 23èmes Journées scientifiques de l'environnement JSE, 23èmes Journées Scientifiques de l'Environnement-Risques environnementaux: détecter, comprendre, s' adapter*, (10): 12.

Grelot, F. (2004), *Gestion collective des inondations. Peut-on tenir compte de l'avis de la population dans la phase d'évaluation économique a priori?,* Thèse de doctorat, Sciences Economiques, Paris, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, 414p.

Grislain-Letrémy, C., Villeneuve, B. (2015), Prévention des catastrophes naturelles: viser le long terme sans attendre, *Revue d'économie financière*, (1): 127-136.

Guy, A. (1930), Les inondations du 3 mars 1930 en Lot-et-Garonne : Les dégâts agricoles, *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*: 107-110.

Guzzetti, F., Stark, C.P., Salvati, P. (2005), Evaluation of flood and landslide risk to the population of Italy, *Environmental Management*, 36 (1): 15-36.

Habets, F., Gascoin, S., Korkmaz, S., Thiéry, D., Zribi, M., Amraoui, N., Carli, M., Ducharne, A., Leblois, E., Ledoux, E. (2010), Multi-model comparison of a major flood in the groundwater-fed basin of the Somme River (France), *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 14: 99-117.

Hauser, F. (1948), Quelques effets des crues 1947-1948 dans l'Est de la France, *La Houille Blanche*, (4): 317-323.

Herget, J., Kapala, A., Krell, M., Rustemeier, E., Simmer, C., Wyss, A. (2015), The millennium flood of July 1342 revisited, *Catena*, 130: 82-94.

Hewitt, K. (1983), *Interpretations of calamity from the viewpoint of human ecology*, Taylor & Francis, 228p.

Hubert, G. (2001), *Aménagement et gestion locale des bassins hydrographiques,* Habilitation à diriger des recherches, , Aménagement de l'Espace et urbanisme, Tours, Université François Rabelais, 212p.

Hubert, G., De Vanssay, B. (2005), *Le risque d'inondation et la cartographie réglementaire. Analyse de l'efficacité, des impacts et de l'appropriation locale de la politique de prévention*,MEDD, Paris, 188p.

Huet, P., Martin, X., Prime, J.-L., Foin, P., Laurain, C., Cannard, P. (2003), *Retour d'expérience sur les inondations du Sud-Est de septembre 2002 dans les départements du Gard, de l'Hérault, du Vaucluse, des Bouches-du-Rhône, de l'Ardèche et de la Drôme*,Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, La Documentation Française, 133p.

Huet, P., Roussel, P., Martin, X., Bourget, B., Varret, J., Guellec, J., Mo-Nadier, P., Sauzey, P., Teyssier, A. (2001), *Mission d'expertise sur les crues de décembre 2000 et janvier 2001 en Bretagne*, Rapport technique, Inspection Générale de l'Environnement Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 144 p.

Humbert, L. (2010), *Les inondations du midi mars 1930, journée des agents du 10 juin 2010 de la Direction Départementales des Territoires*, DDT82, Montauban, 15p.

Humbert, M., Bargeas, A. (1986), *Erosion, drainage des eaux superficielles et inondations torrentielles à l'Entre-Deux (Île de la Réunion)*, BRGM, 35p.

IRMA-Grenoble. Le DICRIM : comment le réaliser et le diffuser ? Retour d'expérience et mémoire (http://www.irma-grenoble.com/) Institut des Risques Majeurs de Grenoble; 2015, consulté le 01/07/2015.

J.O. de la République Française (1930a), *Arrêté du 12 mars 1930, portant délimitation de la zone inondée dans la région du Sud-Ouest*,Bibliothèque nationale de France, Gallica (http://gallica.bnf.fr), 2786p.

J.O. de la République Française (1930b), *Délimitation de la zone inondée dans la région Sud-Ouest - additif au Journal Officiel du 13 mars 1930, arrêté du 12 mars 1930*,Bibliothèque nationale de France, Gallica (http://gallica.bnf.fr), 3146p.

J.O. de la République Française (1959), *Débats parlementaires de l'Assemblée nationale du 22/12/1959,* , République Française, Paris Gallica (http://gallica.bnf.fr), 19p.
Jacob, N. (1997), La crue d'octobre 1940 dans la basse vallée du Tech (Roussillon), d'après les dossiers des sinistrés, *Annales de Géographie*: 414-424.

Jadot, J., Bauduceau, N., Mignon, V. (2015), Mesures de réduction de la vulnérabilité du logement face au risque d'inondation, quelles efficacité et efficience économiques ?, *11ème colloque Géorisque "Papi : expériences, bilans et perspectives"*, Montpellier, UMR GRED, Université Paul-Valéry Montpellier III, 143-159.

Johnstone, W. (2005), Verification and Validation of the Life Safety Model Simulator Using the Malpasset Dam Failure, *Spatial Vision Group, Inc, North Vancouver, BC.*

Johnstone, W., Assaf, H., Sakamoto, D., Hartford, D.(2003), Analysis of the Malpasset dam failure using GIS and engineering models, *GeoTec 2003 Conference (Vancouver, BC).*

Johnstone, W.M. (2012), *Life safety modelling framework and performance measures to assess community protection systems: application to tsunami emergency preparedness and dam safety management,* Phd Thesis, Civil Engineering, Vancouver, University of British Columbia, 341p.

Jongman, B., Winsemius, H.C., Aerts, J.C., de Perez, E.C., van Aalst, M.K., Kron, W., Ward, P.J. (2015), Declining vulnerability to river floods and the global benefits of adaptation, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112 (18): E2271-E2280.

Jonkman, S.N. (2005), Global perspectives on loss of human life caused by floods, *Natural hazards*, 34 (2): 151-175.

Jonkman, S.N., Kelman, I. (2005a), An analysis of the causes and circumstances of flood disaster deaths, *Disasters*, 29 (1): 75-97.

Jonkman, S.N., Kelman, I. (2005b), An analysis of the causes and circumstances of flood disaster deaths, *Disasters*, 29 (1): 75-97.

Jonkman, S.N., Maaskant, B., Boyd, E., Levitan, M.L. (2009), Loss of life caused by the flooding of New Orleans after Hurricane Katrina: analysis of the relationship between flood characteristics and mortality, *Risk Analysis*, 29 (5): 676-698.

Jonkman, S.N., Vrijling, J.K., Vrouwenvelder, A.C. (2008), Methods for the estimation of loss of life due to floods: A literature review and a proposal for a new method, *Natural hazards*, 46 (3): 353-389.

Jossot, O., Pouget, R. (2005), *Mise en œuvre de dispositifs d'alerte à La Réunion – Rapport final*, BRGM.

Jouanjean, I.M. (2011), *L'île de La Réunion sous l'œil du cyclone au XXe siècle. Histoire, Société, et catastrophe Naturelle,* Thèse de Doctorat, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université de la Réunion, 473p.

Kelman, I., Gaillard, J.C. (2010), *Embedding climate change adaptation within disaster risk reduction*, Emerald Books: Bedfordshire, UK: 23-46.

Kolen, B., Slomp, R., Jonkman, S. (2013), The impacts of storm Xynthia February 27–28, 2010 in France: lessons for flood risk management, *Journal of Flood Risk Management*, 6 (3): 261-278.

Kundzewicz, Z., Kundzewicz, W. (2005), Mortality in flood disasters, *Extreme weather events and public health responses*, Springer, 197-206p.

Kundzewicz, Z.W., Pińskwar, I., Brakenridge, G.R. (2013), Large floods in Europe, 1985–2009, *Hydrological Sciences Journal*, 58 (1): 1-7.

Labeur, C. (2011), *Des catastrophes et des hommes: portrait d'une sociabilité événementielle. Le quotidien des inondations dans la région du bas Rhône entre 1755 et 2003,* Thèse de Doctorat, Sociologie, Aix-Marseille, Université de Provence, 671p.

lafautesurmer.net. Une stèle pour les victimes de Xynthia (France 3). (**http://www.lafautesurmer.net/2012/05/05/une-stele-pour-les-victimes-de-xynthia-france-3/**) Site officiel de la ville de la Faute-sur-Mer; 2012, consulté le 09/10/2015.

lafautesurmer.net. PPRI annulé à La Faute Sur Mer. (**http://www.lafautesurmer.fr/module-Contenus-viewpub-tid-3-pid-252.html**) Site officiel de la ville de la Faute-sur-Mer; 2015, consulté le 02/10/2015.

Lagadec, P. (1991), *La gestion des crises*, Ediscience international Paris, 300p.

Lagarrigue, M. (2009), L'inondation du siècle, mars 1930, *Arkheia*: 2.

Lambert, R. (1991), Le fond de l'eau, *Le Tarn, mémoire de l'eau, mémoires des hommes*Toulouse, 41-63p.

Lang, M., Claudet, R. (2005), Les échelles de gravité sur les inondations: réflexion nationale et exemple dans l'Hérault, *La Houille Blanche*, (1): 52-59.

Lang, M., Coeur, D. (2014), *Les inondations remarquables en France : inventaire 2011 pour la Directive Inondation*, Quae, Versailles, 512p.

Lang, M., Coeur, D., Bard, A., Bacq, B., Becker, T., Bignon, E., Blanchard, R., Bruckmann, L., Delserieys, M., Edelblutte, C. (2013), Les inondations remarquables en France: premiers éléments issus de l'enquête EPRI 2011, *La Houille Blanche*, (5): 37-47.

Lang, M., Naulet, R., Recking, A., Coeur, D., Gigon, C. (2002), Etude de cas : l'analyse des pluies et crues extrêmes observées depuis 200 ans dans un bassin cévenol, l'Ardèche, *La Houille Blanche*, (6-7): p. 131-138.

Lang, M., Ouarda, T., Bobée, B. (1999), Towards operational guidelines for over-threshold modeling, *Journal of hydrology*, 225 (3): 103-117.

Langumier, J. (2006), *Survivre à la catastrophe: paroles et récits d'un territoire inondé: contribution à une ethnologie de l'évènement à partir de la crue de l'Aude en 1999,* Thèse de doctorat, Ethnologie et anthropologie sociale, Atelier national de Reproduction des Thèses, 353p.

Larouzee, J., Duffaut, P., Guarnieri, F. (2014), La catastrophe du barrage de Malpasset à l'épreuve des facteurs organisationnel et humain, *Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur JNGG2014*, Beauvais, https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-01044413, 1-10.

Lay, Y.-F.L., Rivière-Honegger, A. (2009), Expliquer l'inondation: la presse quotidienne régionale dans les Alpes et leur piedmont (1882-2005), *Géocarrefour*, 2009 (4): 259-270.

Le Bourhis, J.-P. (2007), Du savoir cartographique au pouvoir bureaucratique. Les cartes des zones inondables dans la politique des risques (1970-2000), *Genèses*, 68 (3): 75-96.

Le Roy Ladurie, E. (1959), *Histoire du climat depuis l'an mil*, Champs d'Histoire, Flammarion, Paris, 257p.

Lebreton, A. (1997), Prévision des risques dus aux barrages, *Urgences Médicales*, 16 (3): 108-113.

Lechalas, M.-C. (1884), *Hydraulique fluviale*, Collection : Encyclopédie des travaux publics, Baudry, Paris, 464p.

Ledoux, B. (2006), *La gestion du risque inondation*, Éditions Tec & Doc, Paris, 760p.

Lefrou, C., Martin, X., Labarthe, J.-P., Varret, J., Mazière, B., Tordjeman, R., Feunteun, R. (2000), *Les crues des 12, 13 et 14 novembre 1999 dans les départements de l'Aude, de l'Hérault, des Pyrénées-Orientales et du Tarn*,Rapport technique, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Inspection Générale de l'Environnement, 140p.

Leone, F. (2007), *Caractérisation des vulnérabilités aux catastrophes" naturelles": contribution à une évaluation géographique multirisque (mouvements de terrain, séismes, tsunamis, éruptions volcaniques, cyclones),* Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR), Montpellier, Université Paul Valéry-Montpellier III, 332p.

Leone, F., de Richemond, N.M., Vinet, F. (2010), *Aléas naturels et gestion des risques*, Presses universitaires de France, 286p.

Leone, F., Vinet, F. (2006), *La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles, Analyses géographiques*, Collection Géorisques, Université Paul-Valéry, Montpellier III, 140p.

Leone, F., Vinet, F. (2007), La vulnérabilité, un concept fondamental au cœur des méthodes d'évaluation des risques naturels, *La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles*: 9.

Ligou, A. (1932), Lutte contre les inondations au moyen des bassins de retenues, Montauban, 25p.

Limodin, D., Mercadal, G., Demange, H., Laurent, J. (2002), *Les retours d'expérience des inondations catastrophiques et les inspections des services déconcentrés en charge des risques naturels*,GREF, CGPC, CGGREF, IGE, 21p.

Llasat, M.-C., Barriendos, M., Barrera, A., Rigo, T. (2005), Floods in Catalonia (NE Spain) since the 14th century. Climatological and meteorological aspects from historical documentary sources and old instrumental records, *Journal of hydrology*, 313 (1): 32-47.

Llasat, M.C., Barriendos, M., Rigo, T. (2002), L'Analyse de la fréquence et de l'occurrence temporelle des fortes précipitations d'origine méditerranéenne causes des crues rares en Espagne et dans le Sud de la France, *La Houille Blanche*, (6-7): 139-144.

Llasat, M.C., Puigcerver, M. (1994), Meteorological factors associated with floods in the north-eastern part of the Iberian Peninsula, *Recent Studies in Geophysical Hazards*, Springer, 81-93p.

Londe, P. (1973), Analysis of the stability of rock slopes, *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 6 (1): 93-124.

Londe, P. (1987), The Malpasset dam failure, *Eng Geol*, 24 (1): 295-329.

Longépée, E. (2013), *La résilience des systèmes socio-écologiques des Etat atolliens dans le contexte du changement climatique : Le cas de Kiribati (Pacifique Central),* Thèse de doctorat, Géopgraphie physique, humaine, économique et régionale, La Rochelle, Université de La Rochelle, 501p.

Lorion, D. (2006), Endiguements et risques d'inondation en milieu tropical. L'exemple de l'île de la Réunion, *Norois*, (4): 45-66.

Louis, D. (2010), Regard de l'IAAT Poitou-Charentes, l'utilisation de l'information géographique pour comprendre l'évènement, in : *Expliquer Xynthia, comprendre le phénomène (Sauzey et al)*maison de la Région, Poitiers : 34-41.

Lucas, P., Rothé, J.P., Jung, J. (1952), *Les inondations de décembre 1947-janvier 1948 dans la Basse Alsace*, Ministère de l'Ecologie, direction générale du génie rural et de l'hydraulique, Paris, 45p.

Lumbroso, D., Sakamoto, D., Johnstone, W., Tagg, A., Lence, B. (2011), Development of a life safety model to estimate the risk posed to people by dam failures and floods, *Dams and Reservoirs*, 21 (1): 31-43.

Lumbroso, D.M., Vinet, F. (2011), A comparison of the causes, effects and aftermaths of the coastal flooding of England in 1953 and France in 2010, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11 (8): 2321-2333.

Magnan, A., Duvat, V., Garnier, E. (2012), Reconstituer les « trajectoires de vulnérabilité » pour penser différemment l'adaptation au changement climatique, *Natures Sciences Sociétés*, 20 (1): 82-91.

Martin, B., Ansel, R., Guerrouah, O., Vitoux, M.C., With, L., Drescher, A., Glaser, R., Himmelsbach, I., Schönbein, J. (2011), Géohistoire critique de la crue de janvier 1910 dans le Fossé Rhénan (Alsace/Pays de Bade), *La Houille Blanche*, (1): 62-68.

Martin, C. (2010), Les inondations du 15 juin 2010 dans le Centre Var: réflexion sur un épisode exceptionnel, *Etudes de Géographie Physique*, 37: 41-76.

Mayoka, M. (1998), *Les cyclones tropicaux à la Réunion* Direction interrégionale de Météo-France à la Réunion, Saint-André (La Réunion), 48p.

Méjean, J.-M. (2005), Des psychologues sont sur place, *Médiamorphoses*, (14): 76-78.

Menad, W. (2013), *Risques de crue et de ruissellement superficiel en métropole méditerranéenne: cas de la partie ouest du Grand Alger,* Thèse de doctorat, Géographie, Paris, Université Paris-Diderot-Paris VII, 331p.

Menad, W., Douvinet, J., Arnaud-Fassetta, G. (2009), Le risque d'inondation dans l'oued Koriche (massif de Bouzaréah, Alger ouest): analyse systémique de l'alea et facteurs de vulnerabilité, *Risques naturels en Méditerranée Occidentale*, Carcasonne, ProdiG, UMR 8586, CNRS, 207-217.

Menad, W., Douvinet, J., Beltrando, G., Arnaud-Fassetta, G. (2012), Evaluer l'influence de l'urbanisation face à un aléa météorologique remarquable: les inondations des 9-10 novembre 2001 à Bab-el-Oued (Alger, Algérie), *Géomorphologie*, (3): 337-350.

Merz, B., Kreibich, H., Schwarze, R., Thieken, A. (2010), Review article" Assessment of economic flood damage", *Natural Hazards and Earth System Science*, 10 (8): 1697-1724.

Meschinet de Richemond, N. (1997), *Les inondations catastrophiques sur la bordure montagneuse du Roussillon: dégâts et sinistrés,* Thèse de doctorat Géographie, Nanterre, Paris X - Nanterre, 431p.

Meschinet de Richemond, N. (2012), *Risques, Crises et Territoires : Réflexions géographiques et historiques sur les cyndiniques - Volume 1 : Position et projet scientifique,* Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR), Géographie, Montpellier, Université Paul-Valéry Montpellier III, 220p.

Meschinet de Richemond, N., Reghezza, M. (2010), La gestion du risque en France: contre ou avec le territoire?, *Annales de géographie*, 673 (3): 248-267.

Messner, F., Meyer, V. (2006), *Flood damage, vulnerability and risk perception–challenges for flood damage research*, Springer, 27p.

Météo-France (1999), *Estimation des hauteurs de précipitations d'occurrence rare pour des durées de cumul de 1 à 10 jours sur 3000 postes français, méthode de renouvellement, rapport d'élaboration*, Service Central d'Exploitation de la Météorologie, Division Climatologie et Bases de données, 463p.

Météo-France (2011), *Vagues-submersion : un nouveau dispositif de vigilance*, MEDD, SHOM, Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, Direction générale de la prévention des risques, Paris, 11p.

Météo-France. Méthodologie : La recherche d'évènements mémorables. (***http://pluiesextremes.meteo.fr/m_r25.html***) Site Pluies-Extrêmes, 2015, consulté le 04/08/2015.

Météo-France. Phénomènes extrêmes et durées de retour. (**http://pluiesextremes.meteo.fr/phenomenes-extremes-et-durees-de retour_r23.html2015b**) consulté le 06/06/2015.

Michel, A. (1990), La Baillanouse à Prats-de-Mollo, *Les inondations d'octobre 1940 en Catalogne 50 ans passés*, Vernet-les-Bains, Universitat de Perpinyá, Centre de recerques i d'estudis catalan, Universitat de Paris X, Centre de geographie physique Henri Elhaï, Generalitat de Servei geològic de Catalunya 115-117.

Ministère de l'intérieur et des cultes (1910), *Commission des Inondations : Rapports et documents divers*,Gallica (**http://gallica.bnf.fr**), Paris, 12p.

Ministère du Développement Durable (2009), Rupture d'un barrage: Le 2 décembre 1959, Malpasset (Var), France, *ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents)*, 29490: 7.

Minvielle, G. (1931), *Bulletin des régions inondées du Midi de la France : recueil bi-mensuel à l'usage des administrations, organismes et populations sinistrées des départements dévastés par les inondations de 1930* Librairie des lois et décrets commentés (Paris), ,Bibliothèque nationale de France, département Droit, économie, politique, , Gallica (**http://gallica.bnf.fr/**), 3-6p.

Moulin, C., Tarrit, R., Villatte, A., Duperrey, L., Kauffman, M., Verrhiest-Leblanc, G. (2014), *Retour d'expérience - Inondations de janvier 2014 dans le département du Var - Volet 2 "Conséquences et exament des dommages"*,Direction Territoriale Méditerranée du Cerema,44p.

Mulot, V., Vigneron, A.-L., Lambert-Hadid, M.-L. (2011), Le littoral face aux changements climatiques, *Méditerranée*, 115 (2): 131-137.

Mussot, M. (1993), La crue d'Octobre 1940 et lits fluviaux: observations et remarques complémentaires, *L'aiguat del*, 40: 103-114.

Nail, C., Berthier, F., Caudron, M., Hede, A., Huriez, L. (2001a), *Département de l'Oise - Inondations 2001, Constat des remontées exceptionnelles du niveau des nappes phréatiques* BRGM - Préfecture de la Région Picardie, Préfecture de la Somme, Département de la Somme, 41p.

Nail, C., Berthier, F., Caudron, M., Huriez, L. (2001b), *Département de l'Aisne - Inondations 2001, Constat des remontées exceptionnelles du niveau des nappes phréatiques* BRGM, 42p.

Naulet, R. (2002), *Utilisation de l'information des crues historiques pour une meilleure prédétermination du risque d'innondation: Application au bassin de l'Ardèche à Vallon Pont-d'Arc et St-Martin d'Ardèche,* Thèse de doctorat, Sciences de la Terre et de l'Univers, Sciences de l'eau, Grenoble, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, 322p.

Neppel, L., Desbordes, M., Masson, J. (1998), Influence de l'évolution dans l'espace et le temps d'un réseau de pluviomètres sur l'observation des surfaces de pluie en fonction de leur aire, *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 11 (1): 43-60.

Neppel, L., Desbordes, M., Montgaillard, M. (2001), Fréquence de l'épisode pluvieux à l'origine des inondations des 12 et 13 novembre 1999 dans l'Aude, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series IIA - Earth and Planetary Science*, 332 (4): 267-273.

Neyron, P. (1961), *Le Drame de Malpasset*, Éditions du Scorpion, Paris, 222p.

Nicod, J. (1949), La crue de la Meurthe et de la Moselle, 28-31 décembre 1947, *L'information géographique*, 13 (1): 12-16.

Noizet, H., Robert, S., Mirlou, L. (2011), Cartographie des crues centennales à Paris (1740, 1910), *Revue du Nord*, 26: 91-104.

Nora, P. (1974), Le retour de l'évènement, In: Le Goff J, Nora P, *Faire de l'histoire*, Gallimard, Paris, 210-219p.

Nora, P. (1984), *Les lieux de mémoire, Tome III*, Gallimard, Book, 988p.

Normand, M., Thiery, D., Petit, V.c. (2006), *Projet DYNTOR. Modélisation globale pluies-débits des crues des ravines de l'île de La Réunion*,BRGM, 86p.

Nouvel Observateur, Inondations : premiers bilans. (**http://tempsreel.nouvelobs.com/societe/20020920.OBS0247/inondations-premiers-bilans.html2002**), consulté le 10/10/2015.

November, V. (2002), *Les territoires du risque : Le risque comme objet de réflexion géographique,* Thèse de doctorat, Berne, Peter Lang, 332p.

November, V., Penelas, M., Viot, P. (2011), *Habiter les territoires à risques*, Espace en société - Logique territoriale, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 252p.

Observatoire de l'Eau du bassin de l'Adour (2014), *Bassin de l'Adour - Dossier crues 2014*, Agence de l'Eau Adour-Garonne, Institution Adour, Conseil Général Aquitaine, Région Midi-Pyrénées, 31p.

OCDE (2014), *Etude de l'OCDE sur la gestion des risque d'inondation : la Seine en Île-de-France 2014*,Organisation de Coopération et de Développement Economiques, 214p.

Ouarda, T., Rasmussen, P., Bobée, B., Bernier, J. (1998), Utilisation de l'information historique en analyse hydrologique fréquentielle, *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 11: 41-49.

Paquier, A. (2015), Causes des inondations de l'automne 2014 dans le Sud Est de la France, *La Houille Blanche*, (1): 5-6.

Pardé, M. (1925), Le régime du Rhône, *Revue de géographie alpine*: 547.

Pardé, M. (1927), La crue de la Garonne en mars 1927, *Revue de géographie alpine*: 455-458.

Pardé, M. (1930a), L'annonce des crues, *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, T n°1 fasc. IV: 477-491.

Pardé, M. (1930b), La crue catastrophique de mars 1930 dans le Sud-Ouest de la France, *Revue de géographie alpine*, 18 (2): 343-393.

Pardé, M. (1930c), La crue de mars 1930 dans le sud et le sud-ouest de la France : Genèse de la catastrophe, *Revue Géographique des Pyrénées et du sud-ouest*, T n°1 fasc. IV: 353-459.

Pardé, M. (1930d), Les inondations désastreuses de mars 1930, *Annales de géographie*, Volume 39 (N° 219): 244-248.

Pardé, M. (1930e), Les inondations du bassin de la Garonne et du Languedoc en mars 1930, *Les Études rhodaniennes*, 6 (2): 135-148.

Pardé, M. (1930f), Les inondations du Midi, *Revue des Deux Mondes*, pp. 675-685p.

Pardé, M. (1941a), Averses et crues fantastique d'octobre 1940, *La Météorologie*: 25.

Pardé, M. (1941b), La formidable crue d'octobre 1940 dans les Pyrénées-Orientales, *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 12: 237-279.

Pardé, M. (1941c), *Les inondations d'octobre 1940 dans les Pyrénées-Orientales - Rapport de Maurice Pardé*, Archives départementales des Pyrénées-Orientales, 124p.

Pardé, M. (1948), Les pluies océaniques dans l'Est de la France et l'averse des 28 et 29 décembre 1947 en Lorraine et en Alsace, *La Houille Blanche*: 743-757.

Pardé, M. (1956), Les crues languedociennes en décembre 1953, *Annales de Géographie*: 140-142.

Parker, D.J. (2000), *Floods*, Routledge, London, 748p.

PARN. Colloque « ISERE 1859-2009 », 150ème anniversaire de la Crue de Référence de l'Isère, Pôle Alpin d'Etudes et de Recherche pour la Prévention des Risques Naturels; 2009 [cited 17/09/2015].

Payrastre, O. (2005), *Faisabilité et utilité du recueil de données historiques pour l'étude des crues extrêmes de petits cours d'eau : étude du cas de quatre bassins versants affluents de l'Aude,* Thèse de doctorat, Paris, Ecole des Ponts et Chaussées, 390p.

Pelisson, E. (2010), Lothar et Martin, les jumeaux infernaux : chronique de la tempête de décembre 1999 en Limousin, *Risques Infos*, 24.

Pelling, M., Maskrey, A., Ruiz, P., Hall, L. (2004), Reducing disaster risk: A challenge for develoment, *United Nations Development Programme*: 146.

Peltier, A. (2005), *La gestion des risques naturels dans les montagnes d'Europe occidentale. Etude comparative du Valais (Suisse), de la Vallée d'Aoste (Italie) et des Hautes-Pyrénées (France),* Thèse de doctorat, Géographie, Toulouse, Université Toulouse le Mirail-Toulouse II, 741p.

Peyrusaubes, D. (2010), Chronique d'une tempête annoncée: Xynthia, 28/02/2010, In: Poitou-Charentes, *Expliquer Xynthia, comprendre le phénomène (Sauzeau et al)*maison de la Région, Poitiers, 28-33p.

Pfister, C. (1980), The climate of Switzerland in the last 450 years, *Geographica Helvetica*, 35: 15-20.

Pfister, C., Brázdil, R. (1999), Climatic variability in sixteenth-century Europe and its social dimension: a synthesis, *Climate Change*, 43 (1): 5-53.

Pfister, C., Luterbacher, J., Wanner, H. (1999), *Wetternachhersage. 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen (1496-1995)*, P. Haupt, Bern.

Picard, A. (1910), *Rapport de la commission chargée d'analyser les inondations de la Seine en janvier 1910, Rapport au Président du Conseil et au ministère de l'Intérieur* Paris, 87p.

Pichard, G., Roucaute, E. (2015), Sept siècles d'histoire hydroclimatique du Rhône d'Orange à la mer (1300-2000) - climat, crues, inondations, *Méditerranée, revue géographique des pays méditerannéens*, (Hors-Sére): 1-191.

Pielke, R.J. (2000), Flood Impacts on Society: Damaging floods as a framework for assessment, *Floods*, 1: 133-156.

Pigeon, P. (2012), Apports de la résilience à la géographie des risques: l'exemple de La Faute-sur-Mer (Vendée, France), *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 12 (1).

Pineau-Guillou, L., Lathuilière, C., Magne, R., Louazel, S., Corman, D., Perherin, C. (2010), Caractérisation des niveaux marins et modélisation des surcotes pendant la tempête Xynthia, *Proceedings of the XIth Journées Nationales Génie Côtier-Génie Civil, Paralia ed, Les Sables d'Olonne*: 625-634.

Pitié, C., Puech, C. (2010), *Expertise complémentaire des zones de solidarité délimitées en Vendée suite à la tempête Xynthia survenue dans la nuit du 27 au 28 février 2010*,Conseil général de l'Environnement et du Développement Durable, 58p.

Pottier, N. (1998), *L'utilisation des outils juridiques de prévention des risques d'inondation : évaluation des effets sur l'homme et l'occupation des sols dans les plaines alluviales (application à la Saône et à la Marne),* Thèse de Doctorat, Sciences et Techniques de l'Environnement, Paris, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 436p.

Pouget, F. (2010), Méthodologie de zonage du risque de submersion marine, le cas du risque de tsunami à Padang (Sumatra-Indonésie), In: Poitou-Charentes R, *Expliquer Xynthia, comprendre le phénomène (Sauzey et al)*maison de la Région, Poitiers, 42-50p.

Poulit, J. (1997), Prise en compte du risque "inondation" dans l'aménagement de la région Ile-de-France, *La Houille Blanche*, (8): 77-84.

Poupart, M., Castanier, G. (2003), Plans Particuliers d'Intervention «barrages» Synthèse des études de danger à EDF, *Barrages et développement durable en France,*, Paris, pp. 29-40.

Prim.net. Définition générale du risque majeur (**http://www.risquesmajeurs.fr/definition-generale-du-risque-majeur**), 2009, consulté le 01/09/2015.

Provitolo, D. (2005), Un exemple d'effets de dominos: la panique dans les catastrophes urbaines, *Cybergeo: European Journal of Geography*: 18.

Przyluski, V. (2012), L'après-Xynthia: politiques publiques et discours de régulation, In: Quae, *Gestion des risques naturels: Leçons de la tempête Xynthia, Przyluski, V, Hallegatte, S (coord)*Versailles, 87-101p.

Quenault, B. (2014), La résurgence/convergence du triptyque «catastrophe-résilience-adaptation» pour (re) penser la «fabrique urbaine» face aux risques climatiques, *Développement durable et territoires Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, 5 (3).

Quenet, G. (1999), La catastrophe, un objet historique?, *Hypothèses*, (1): 11-20.

Quenet, G. (2009), La catastrophe naturelle, l'événement et l'historien: une histoire ambiguë, *Journées anthropologiques de Valbonne*, 65-75.

Quesnel, B. (1941), *Crues des 17-18 et 19 octobre 1940, rapport de l'Inspecteur Général*, Archives Départementales des Pyrénées-Orientales, 32p.

Reason, J. (1993, éd. franç. 2013), *L'erreur humaine*, Presses des Mines, Economie et Gestion, 404p.

Revet, S. (2010), Le sens du désastre, *Terrain*, (1): 42-55.

Ribes, J. (1982), Tome 3 : Sésime et inondations, le cataclysme de 1940, In: Castillet ED, *Haut et moyen Vallespir au fil du temps*Perpignan, 190p.

Robert, R. (2001), Pluviométrie à l'île de la Réunion: des travaux de J. Defos du Rau (1960) à nos jours, *L'information géographique*: 53-59.

Robert-Diard, P. Xynthia : la motivation du jugement qui accable l'ancien maire de La Faute-sur-Mer (**http://prdchroniques.blog.lemonde.fr/2014/12/12/xynthia-la-motivation-du-jugement-qui-accable-lancien-maire-de-la-faute-sur-mer/**) Blogs Le Monde, 2014, consulté le 25/08/2015.

Roche, P.-A., Miquel, J., Gaume, E. (2012), *Hydrologie quantitative: Processus, modèles et aide à la décision*, Springer Science & Business Media, 590p.

Rode, S. (2009), *Au risque du fleuve. La territorialisation de la politique de prévention du risque d'inondation en Loire moyenne,* Thèse de doctorat Géographie, Paris, Université de Nanterre-Paris X, 482p.

Rothé, J.P. (1948), Les causes météorologiques des inondations de décembre 1947 dans le Nord-Est de la France, *Annales de Géographie*, 57 (307): 205-212.

Roubault, M., Brunotte, R., Frontard, J., Oudin, A., Sadran, G. (1949), *Rapport de la commission d'étude technique des inondations de décembre 1947 dans le Bassin Lorrain*, Meurthe-et-Moselle ,Societé d'Impressions Typographiques, Nancy, 101p.

Rouzeau, M., Martin, X., Pauc, J. (2010), *Retour d'expérience des inondations survenues dans le département du Var les 15 et 16 Juin 2010*,Inspection générale de l'administration, Ministère de l'écologie, de l'energie, du développement durable et de la mer, Ministère de l'intérieur, de l'outre mer et des collectivités territoriales, 87p.

Ruin, I. (2010), Conduite à contre-courant et crues rapides, le conflit du quotidien et de l'exceptionnel, *Annales de géographie*, Armand Colin : 419-432.

Ruin, I., Creutin, J.-D., Anquetin, S., Lutoff, C. (2008), Human exposure to flash floods–Relation between flood parameters and human vulnerability during a storm of September 2002 in Southern France, *Journal of Hydrology*, 361 (1): 199-213.

Ruiz-Bellet, J.L., Balasch, J.C., Tuset, J., Barriendos, M., Mazon, J., Pino, D. (2015), Historical, hydraulic, hydrological and meteorological reconstruction of 1874 Santa Tecla flash floods in Catalonia (NE Iberian Peninsula), *Journal of Hydrology*, 524: 279-295.

Salomon, J.-N. (1997), *L'homme face aux crues et aux inondations*, Presses Univesitaires de Bordeaux, Bordeaux, 136p.

Sandron, F. (2007), Dynamique de la population réunionnaise (1663-2030).

Sandron, F. (2013), Facteurs cumulatifs de vulnérabilité dans une population isolée: Mafate (La Réunion), *IRD*: 1-19.

Sarramea, J. (1999), Le drame de Malpasset : catastrophe naturelle?, *L'information géographique*: 219-222.

Sauquet, E., Haond, M. (2003), Examen de la stationnarité des écoulements du Rhône en lien avec la variabilité climatique et les actions humaines, *Coll Barrages et développement durable en France Paris, Comité Français des Grands Barrages & Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable*: 261-270.

Sautter, G. (1961), L'étude régionale : réflexions sur la formule monographique en géographie humaine, *L'Homme*: 77-89.

Sauzey, P., Monadier, P., Renoux, J.-P., Robert de Saint-Vincent, E., Lefrou, C., Verrel, J.-L., Hornus, H. (2001), Rapport de la mission d'expertise sur les crues d'avril 2001 du bassin de la Somme, 83p.

Schneider, M. (1997), Caractérisation météorologique de la crue de 1910, *La Houille Blanche*, (8): 28-32.

Schröter, K., Kunz, M., Elmer, F., Mühr, B., Merz, B. (2015), What made the June 2013 flood in Germany an exceptional event? A hydro-meteorological evaluation, *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 11 (7): 8125-8166.

SDIS de Charente-Maritime (2011), *Retour d'expérience de la Tempête Xynthia en Charente-Maritime - Annexe spécifique aux opérations de secours*,ENSOSP : Ecole Nationale Supérieure des Officiers de Sapeurs-Pompiers, 34p.

Senges, G. (2010), *L'inondation du 3 mars 1930 à Villemur sur Tarn et ses environs : Témoignages et histoire*, 187p.

Service Météorologique de La Réunion (1980), *Rapport préliminaire sur le cyclone tropical Hyacinthe, 15 au 29 janvier 1980*, 13p.

SHOM (2011), *Vigilances vagues-submersion*,Sercive Hydrographique et Océanographique de la Marine (**http://www.shom.fr/le-shom/actualites/les-communiques/actualite-detaillee/article/vigilance-vagues-submersion/**) Consulté le 07/09/2014.

Soubeyroux, J.-M., Borchi, F., Colombon, N., Baillon, M., Veysseire, J.-M., Jourdain, S., Gibelin, A.-L., Auffray, A. (2011), Valorisation de la digitalisation des séries pluviographiques anciennes. Apport pour l'estimation des précipitations extrêmes en France, *La Houille Blanche*, (5): 12-19.

Soubeyroux, J.-M., Schneider, M., Ouzeau, G. (2015), Recensement des vagues de chaleur en france à differentes échelles spatiales et évolution en contexte de changement climatique, *XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, Liège, 615-620.

Soutadé, G. (1990), Les inondations catastrophiques d'octobre 1940 en Catalogne Nord : le pourquoi d'une commémoration, *Les inondations d'octobre 1940 en Catalogne 50 ans passés*, Vernet-les-Bains, Universitat de Perpinyá, Centre de recerques i d'estudis catalans ; Universitat de Paris X, Centre de geographie physique Henri Elhaï ; Generalitat de Servei geològic de Catalunya 55-64.

Soutadé, G. (1993), *Les inondations d'octobre 1940 dans les Pyrénées-Orientales*, Conseil Général et Direction des Archives Départementales, Perpignan, 348p.

Soutadé, G. (2010), *Quand la terre s'est ouverte en Roussillon - L'aiguat - Octobre 1940*, Les Publications de l'Olivier (Perpignan), Pézilla-la-Rivière, 171p.

Souyris, E. (2006), *Les crues à Montauban : aménagements et perception du risque,* Mémoire de Master, Géographie et Aménagement, Toulouse, Toulouse II-Le Mirail, 119p.

SwissRe (2015), Natural catastrophes and man-made disaster in 2014: convective and winter storms generate most losses, *Sigma*, 2: 52.

Thouret, J.-C., D'Ercole, R. (1996), Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain: effets, facteurs et réponses sociales, *Cahiers des sciences humaines*, 32 (2): 407-422.

Torterotot, J.P. (1993), *Le coût des dommages dus aux inondations: estimation et analyse des incertitudes,* Thèse de doctorat, Sciences et Techniques de l'Environnement, Paris, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 304p.

Tress, B., Tress, G., Décamps, H., d'Hauteserre, A.-M. (2001), Bridging human and natural sciences in landscape research, *Landscape and Urban Planning*, 57 (3): 137-141.

Ulbrich, U., Brücher, T., Fink, A.H., Leckebusch, G.C., Krüger, A., Pinto, J.G. (2003), The central European floods of August 2002: Part 1–Rainfall periods and flood development, *Weather*, 58 (10): 371-377.

Valenti, V., Bertini, A. (2003), *Barrage de Malpasset: de sa conception à sa rupture*, Publications de la Société d'Histoire de Fréjus et de sa Région : Hors-série, Éd. du Lau, Fréjus, 224p.

Valette, P., Carozza, J.-M. (2013), Toulouse face à la Garonne: emprise de l'urbanisation dans la plaine inondable et geohistoire des amenagements fluviaux, *Geographicalia*, (63-64): 177-203.

Valette, P., Carozza, J.-M., Boudou, M. (2011), Agen et la Garonne : géohistoire des politiques de protection contre les crues et les inondations, *Revue du Nord*, Hors-Série, Collection Art et Archéologie (16): 77-88.

Vallette, C., Cartier, S. (2012), Dénombrer pour maitriser les dommages des catastrophes naturelles, *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 12 (1).

Valy, J. (2011), *Croissance urbaine et risque inondation en Bretagne,* Thèse de doctorat, Géographie, Rennes, Université Rennes 2 - Haute-Bretagne, 544p.

Vannier, O. (2013), *Apport de la modélisation hydrologique régionale à la compréhension des processus de crue en zone méditerranéenne,* Thèse de doctorat, Thèse de l'Ecole doctorale Terre, Univers, Environnement, Grenoble, Université de Grenoble, 274p.

Vasak, A. (2011), «Faire» un événement naturel?, *Sociétés & Représentations*, (2): 97-97.

Versavel, D. (2001), Le voyage de Gaston Doumergues dans le Sud-Ouest inondé, *Arkheia*, 4: 5-10.

Veyret, Y., Meschinet de Richemond, N. (2003), Le risque, les risques, *Veyret Y(dir)*: 17-47.

Veyret, Y., Reghezza, M. (2005), Aléas et risques dans l'analyse géographique, *Annales des mines*, 40: 61-69.

Vidal de la Blache, P. (1896), Le principe de la géographie générale, *Annales de Géographie*: 129-142.

Vie-Publique.fr. Déclaration de M. Nicolas Sarkozy, Président de la République, sur les actions en faveur des victimes de la tempête Xynthia, à La Roche-sur-Yon le 16 mars 2010. **http://discours.vie-publique.fr/notices/107000615.html2010**, consulté le 10/08/2014.

Ville d'Agen (2012), *DICRIM (Document d'Information Communal sur les RIsques Majeurs), rapport présentation des risques*,Site Officiel de la ville d'Agen (**www.agen.fr**), 78p.

Vinet, F. (2000), L'épisode pluvieux catastrophique des 12 et 13 novembre 1999 dans l'Aude et les départements voisins : analyse pluviométrique et météorologique, *Géocarrefour*: 189-203.

Vinet, F. (2003), *Crues et inondations dans la France méditerranéenne : les crues torrentielles des 12 et 13 novembre 1999 (Aude, Tarn, Pyrénées-Orientales, Hérault)*, Questions de géographie, Editions du Temps, Nantes, 224p.

Vinet, F. (2007), *Approche institutionnelle et contraintes locales de la gestion du risque : Recherches sur le risque inondation en Languedoc-Roussillon. ,* Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR), Géographie, Montpellier, Université Paul-Valéry, Montpellier III, 276p.

Vinet, F. (2010), *Le risque inondation : Diagnostic et gestion*, Éditions Tec & doc, Monts, 314p.

Vinet, F. (2011), Flood Risk Assessment and Management in France. The Case of Mediterranean Basins, *Flood Prevention and Remediation WIT Press Southampton, UK*: 105-132.

Vinet, F., Boissier, L., Defossez, S. (2011), La mortalité comme expression de la vulnérabilité humaine face aux catastrophes naturelles: deux inondations récentes en France (Xynthia, Var, 2010), *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 11 (2): 23.

Vinet, F., Defossez, S., Rey, T., Boissier, L. (2012a), Le processus de production du risque «submersion marine» en zone littorale: l'exemple des territoires «Xynthia», *Norois*, (1): 11-26.

Vinet, F., Lumbroso, D., Defossez, S., Boissier, L. (2012b), 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*, 61 (3): 1179-1201.

Wilson, T. (2006), Les risques de blessures et de décès par imprudence lors des inondations, *Responsabilité et environnement*, (43): 57-63

Sources d'archives

- Archives départementales du Tarn-et-Garonne (AD 82)

Série M (Administration générale) : Inondations de mars 1930 (M 3000 – M3116)

Serial S (Transports publics et énergie)

Journaux régionaux : La Dépêche

- Archives départementales du Doubs (AD 25)

Serial M (Administration générale et économie) : Désastres et calamités, inondation de l'année 1910.

Serial S (Travaux publics et transports): Navigation intérieure (rivières, canaux) – Services hydrauliques, Syndicats.

Journaux régionaux : Les Gaudes, Le Journal de Pontarlier, Le Petit Comtois, Le Jura Français.

Articles de presse

Dossier spéciaux

L'Est Républicain (1948), *Déluge en Lorraine, album-reportage*, Journal L'Est Républicain, Nancy, 48p.

Le Quotidien (1980), Dossier « La Tragédie Hyacinthe », *Journal Le Quotidien*, 48p.

Journaux (cités dans le manuscrit)

L'Excelsior
- 16/03/1930
-

L'Express du Midi
- 07/03/1930
- 21/03/1930

L'Humanité
- 09/03/1930
- 12/12/2014

L'Ami du Peuple
- 07/03/1930

La Dépêche
- 04/03/1930
- 06/03/1930
- 08/03/1930
- 14/03/1930
- 21/03/1930
- 24/10/1930
- 06/03/2013
- 13/12/2014

Le Figaro
- 11/03/1930
- 15/11/1999

Le Matin
- 25/10/1940

Le Monde
- 05/12/1959
- 09/01/1948
- 23/10/1964

Le Monde Illustré
- 17/07/1875

Le Petit Parisien
- 06/03/1930
- 09/03/1930
- 14/03/1930

Le Populaire
- 07/03/1930

Le Quotidien
- 26/01/1980

Les Gaudes
- 25/01/1910

Libération
- 15/11/1999

Sud-Ouest
- 21/04/2010

Journal de Neuchâtel
- 07/12/1959

Journaux télévisés, reportages

ARTE (2008), *L'Enfer de Matignon - Interview de Lionel Jospin*.

Droit, M. (1959), *JT de la nuit - Le Général de Gaulle en visite à Fréjus, 17/15/1959*, Institution National de l'Audiovisiel (http://www.ina.fr/), Consulté le 12/04/2013.

Webographie commentée

BDHI : http://bdhi.fr/
Base de Données Historiques sur les Inondations du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Cette base de données recense et met à disposition des sources documentaires ayant trait à des phénomènes de submersion dommageables passées (1294-2014). Des descriptions d'évènements sont également proposées et permettent d'acquérir une vision synthétique des caractéristiques d'une inondation en particulier.

CCR-Erisk : https://erisk.ccr.fr/faces/erisk-accueil.jsp
Base de données internet de la Caisse Centrale de Réassurance. Elle propose une synthèse des principaux évènements CatNat ayant touché le territoire métropolitain depuis 1990 (description, coûts et zone impactée, nombre d'arrêtés CatNat sur l'évènement).

EM-DAT, International Disaster Database : http://www.emdat.be/database
Site du Centre de Recherche en Epidémiologie des Désastres de l'Université de Louvain. Il permet d'accéder à une base de données internationale recensant les principales catastrophes naturelles.

InfoClimat : http://www.infoclimat.fr/
Plate-forme de météorologie amateur créée par l'association InfoClimat. Elle met à disposition en libre-accès une série d'informations particulièrement utiles pour l'analyse climatologique d'évènements passés tels que des cartes de réanalyses NCEP de la NOAA (1871-2011) ou des données météorologiques (pluie, neige, température…) par station. Une rubrique HistorIC propose également une description des évènements météorologiques extrêmes depuis 1653.

IHMEC - Mémoire des Catastrophes » : http://memoiresdescatastrophes.org
Plate-forme internet produite par Institut pour l'Histoire et la Mémoire des Catastrophes (IHMEC) et agissant en partenariat avec le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Ce site offre la visualisation de témoignages de personnes ayant vécu des catastrophes (naturelles ou technologiques).

FENVAC : http://www.fenvac.com/
Site de la Fédération Nationale des Victimes d'Attentats et d'Accidents Collectifs, elle permet notamment d'accéder à une grande part des comptes rendus du procès de la tempête Xynthia qui s'est déroulé à l'automne 2014.

Gallica : http://gallica.bnf.fr/
Site de la Bibliothèque nationale de France (BnF), Gallica met à disposition une grande quantité de sources documentaires numérisées (ouvrages, comptes rendus de Conseils généraux, coupures de presse nationale, cartes anciennes,….). Ce site revêt un intérêt particulièrement riche pour l'étude d'évènements passés tels que les inondations.

Géoportail : www.geoportail.gouv.fr/
Base de données cartographiques et d'images satellites de l'IGN. Cette plate-forme a notamment été sollicitée pour récupérer des images aériennes réalisées peu de temps après les évènements passés et qui sont disponibles en libre accès.

Le Petit Comtois : http://adcost-elliadd.univ-fcomte.fr/petit-comtois/
Site du journal Le Petit Comtois développé par l'Université de Franche-Comté. Il met à disposition une série de ressources documentaires (photos, archives, études scientifiques) et propose un service de visualisation numérique du journal régional Le Petit Comtois (1883-1944).

Rosalis : http://rosalis.bibliotheque.toulouse.fr/
Plate-forme de la Bibliothèque numérique de Toulouse, Rosalis permet d'accéder à des documents anciens numérisés. Les journaux régionaux tels que l'Express du Midi ou Le Midi Socialiste sont notamment présents dans la base.

SIPEX – Site Pluies-Extrêmes : http://pluiesextremes.meteo.fr/
Plate-forme de Météo-France qui propose qui visualisation des cartes pluviométriques des épisodes les plus intenses sur la période 1958-2014. Une rubrique « évènements mémorables » offre par ailleurs une description détaillée de 320 évènements sur la période 1766 à 2014. La plate-forme couvre les DOM depuis l'été 2015.

Liste des sigles et acronymes

ACJB : Cabinet André Coyne & Jean Bellier

ANAH : Agence Nationale de l'Habitat

ASN : Autorité de Sûreté Nucléaire

AZI : Atlas de Zones Inondables

BD : Base de Données

BDHI : Base de Données Historiques sur les Inondations

CatNat : Catastrophes Naturelles

CCR : Caisse Centrale de Réassurance

CICH : Cartographie Informative des Crues Historiques

CRED : Centre for Research on the Epidemiology of Disasters

CTPB : Comité Technique Permanent des Barrages

DDT(**M**) : Directions Départementales des Territoires (et de la Mer)

DGPR : Direction Générale de la Prévention des Risques

DI : Directive Inondation

DICRIM : Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs

DREAL /DEAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

EAIP : Enveloppe Approchée des Inondations Potentielles

EM-DAT : Emergency Events Database

EPRI : Evaluation Préliminaire des Risques d'Inondation

EPTB : Établissements Publics Territoriaux de Bassin

FENVAC : Fédération Nationale des Victimes d'Attentats et d'Accidents Collectifs

FFSA : Fédération Française des Sociétés d'Assurance

GASPAR : Gestion Assistée des Procédures Administratives Relatives aux Risques Naturels et Technologiques

GEMA : Groupement des Entreprises Mutuelles d'Assurances

GRED : Gouvernance, Risques, Environnement et Développement

HISTCLIME : HIstoire des Sociétés et des Territoires face au CLImat et aux Evénements extrêmes

IGE : Inspection Générale de l'Environnement

IGN : Institut Géographique National

IHMEC : Institut pour l'Histoire et la Mémoire des Catastrophes

INSEE : Institut National de la Statistique et des Études Économiques

LSM : Life Safety Model

MEDDE : Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie

MNT : Modèle Numérique de Terrain

NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration

ONRN : Observatoire National des Risques Naturels

PAPI : Programme d'Actions de Prévention des Inondations

PAR : Population At Risk

PCS : Plan Communal de Sauvegarde

PER : Plan d'Exposition aux Risques

PGRI : Plan de Gestion des Risques d'Inondation

PHEC : Plus Hautes Eaux Connues

PPI : Plan particulier d'Intervention

PPRI: Plan de Prévention du Risque Inondation

PSR : Plan Submersion Rapides

PSS : Plan de Surfaces Submersibles

REX : Retour d'Expérience

SCHAPI : Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations

SIG : Système d'Information Géographique

SIPEX : Site Pluies-Extrêmes (Météo-France)

SLGRI : Stratégie Locale de Gestion du Risque Inondation

TRI : Territoires à Risques Importants d'Inondation

UP : Unité de Présentation

Table des matières

Remerciements **7**

Sommaire **9**

Introduction générale **11**

Chapitre I. Enjeux et objectifs autour de l'étude des évènements majeurs d'inondation **21**

Introduction du chapitre I *23*

1. Le spectre d'une inondation majeure : un objet au cœur de la gestion du risque *25*

1.1. Le retour d'une inondation majeure passée, une source d'inquiétudes 25

1.1.1. Des territoires à enjeux épargnés par des inondations majeures 25

1.1.2. Un contexte favorable à la survenance d'un évènement majeur ? 26

1.1.3. Le potentiel de destruction d'une inondation majeure 27

1.1.4. Une inondation majeure à l'origine de conséquences socio-politiques 29

1.2. L'inondation majeure au service de la gestion du risque 30

1.2.1. Une prévention centrée sur l'aléa fort à exceptionnel 30

1.2.2. Un regain général d'intérêt pour la connaissance des évènements passés 30

1.2.3. Un poids affirmé par l'Union Européenne : la Directive Inondation 32

2. De l'exceptionnel à la catastrophe: la place du remarquable *36*

2.1. De multiples définitions qualifiant l'évènement majeur d'inondation 36

2.1.1. Des évènements majeurs, extrêmes, exceptionnels 36

2.1.2. La place de la catastrophe 38

2.1.3. Les échelles de classifications des évènements d'inondation 39

2.2. L'utilisation du terme de « remarquable » pour hiérarchiser les évènements d'inondation..... 44

2.2.1. Clarification du terme de remarquable : un outil pour la classification des inondations ? 44

2.2.2. Une grille d'évaluation pour hiérarchiser les évènements remarquables 46

3. D'une vision segmentée à holistique des évènements d'inondation *48*

3.1. Une vision encore segmentée dans la gestion du risque et dans les études scientifiques..... 48

3.1.1. La place des inondations passées dans les politiques publiques de gestion du risque 48

3.1.2. Une approche encore très aléa-centrée ? 49

3.1.3. Des études rétrospectives portant sur les évènements d'inondations 50

3.1.4. Des études rétrospectives offrant une vision partielle de l'évènement d'inondation 53

3.2. Le recours à la monographie pour caractériser les évènements remarquables d'inondations . 54

3.2.1. La place de la monographie en géographie et pour l'étude des inondations 54

3.2.2. Une méthodologie adaptée à la caractérisation des évènements remarquables ? 55

4. Rappel des enjeux et objectifs d'une étude d'évènements majeurs d'inondation *58*

4.1. Un enjeu central mais une vision partielle 58

4.2. De multiples définitions complexifiant la sélection des évènements 59

4.3. Le recours au terme « remarquable » et à la monographie comme fondement méthodologique 59

Synthèse du Chapitre I *61*

Chapitre II. Une grille de lecture pour la sélection d'évènements remarquables 63

Introduction du chapitre II *65*

1. Enjeux autour de l'établissement d'une grille de lecture *67*

1.1. La sélection de l'EPRI, un cadre pour l'étude d'évènements remarquables 67

1.1.1. Retour sur les modalités de sélection lors de l'EPRI 67

1.1.2. Présentation de la sélection de l'EPRI 68

1.1.3. Une opportunité pour caractériser la « remarquabilité » d'un évènement 69

1.2. Objectifs finaux de la grille de lecture 70

1.2.1. Une classification pour appréhender le caractère remarquable d'un évènement d'inondation 70

1.2.2. Les défis d'une démarche visant à classifier les évènements remarquables 71

2. Méthodologie employée pour la création de la grille de lecture *73*

2.1. Description de la démarche utilisée 73

2.1.1. Sources documentaires identifiées pour l'établissement d'une grille de lecture 73

2.1.2. Présentation générale de la grille de lecture (axes, critères, pondération) 75

2.2. Caractérisation de l'intensité de l'aléa 77

2.2.1. La période de retour de l'aléa hydrométéorologique 77

2.2.2. La durée de submersion 79

2.2.3. Les effets aggravant l'aléa hydrologique 80

2.3. Caractérisation de la gravité des dommages et des répercussions 81

2.3.1. Le nombre de victimes d'une inondation 82

2.3.2. Evaluation des dommages économiques 83

2.3.3. Répercussions socio-politiques ou médiatiques 85

2.3.4. Facteurs d'aggravation des dommages 88

2.4. Estimation de l'extension spatiale de l'évènement 89

2.4.1. Nombre d'unités administratives où l'inondation est recensée 90

2.4.2. Le nombre d'unités de Présentation (UP) où l'évènement est considéré comme remarquable 93

3. Résultats de l'application et sélection de neuf évènements remarquables *94*

3.1. Application de la grille de lecture sur l'échantillon d'évènements de l'EPRI 94

3.1.1. Visualisation des scores de remarquabilité sur les 176 évènements 94

3.1.2. Un zoom sur les 36 évènements les plus remarquables 95

3.1.3. Des résultats à appréhender avec précaution 99

3.1.4. Une expérience pour vérifier la robustesse de la pondération utilisée 101

3.2. Sélection de 9 cas d'étude parmi les évènements remarquables d'inondation 106

3.2.1. Une sélection pour appréhender en détail la remarquabilité 106

3.2.2. Liste des évènements retenus et brève présentation 107

3.2.3. Score de remarquabilité atteint par les 9 évènements 112

3.2.4. Les partis-pris de la sélection finale : l'importance de la spatio-temporalité 113

3.2.5. Une diversité d'aléas 116

3.2.6. Une sélection orientée vers des évènements peu étudiés 117

3.2.7. Un échantillon demeurant incomplet 118

4. Retour sur les intérêts d'une grille de lecture pour la sélection d'évènements remarquables 119

4.1. Une démarche multidisciplinaire et originale 119

4.2. Une méthodologie adaptée à la nature de l'évènement 119

4.3. Des cas d'étude pour comprendre la catastrophe et souligner l'apport d'une étude d'inondations passées 120

Synthèse du chapitre II 121

Chapitre III. Une illustration de la monographie : l'évènement de mars 1930 123

Introduction du chapitre III 125

1. L'évènement de mars 1930 : un cas d'étude pour l'analyse de la remarquabilité 127

1.1. Les principaux enjeux d'une monographie d'évènement 127

1.2. Les raisons d'une étude sur mars 1930 128

1.2.1. Un évènement remarquable selon la grille de lecture 128

1.2.2. De nombreux enjeux autour de l'inondation de mars 1930 129

2. L'extension spatiale de l'évènement 130

2.1. Superficie touchée par des dommages 130

2.1.1. Nombre de départements touchés 130

2.1.2. Nombre de communes endommagées par les inondations 131

2.2. Nombre d'unités de présentations dans laquelle l'inondation est considérée comme remarquable 132

3. Caractérisation de l'aléa hydrométéorologique à l'origine des inondations 133

3.1. Conditions météorologiques initiales à l'évènement 133

3.1.1. Un hiver particulièrement arrosé 133

3.1.2. La présence d'un manteau nival 134

3.2. L'épisode pluviométrique du 25 février au 4 mars 1930 135

3.2.1. Conditions atmosphériques 135

3.2.2. Intensité de l'aléa pluviométrique du 25 février au 4 mars 1930 136

3.3. L'intensité de l'aléa hydrologique 139

3.3.1. Une durée de submersion atypique pour un phénomène méditerranéen 139

3.3.2. Des périodes de retours exceptionnelles 140

3.3.3. Des hauteurs d'eau exceptionnelles : le record de Saint-Sulpice-la-Pointe 141

3.3.4. L'importance de facteurs d'aggravation de l'aléa 142

4. Gravité de l'évènement de mars 1930 dans le sud-ouest de la France 148

4.1. Les décès imputables aux inondations de mars 1930 148

4.1.1. Nombre et répartition générale des décès 148

4.1.2. Analyse spatiale des décès dans le Tarn-et-Garonne 150

4.1.3. La mortalité des inondations à Moissac : l'importance des ruptures de digues 150

4.1.4. Les circonstances de décès lors de l'inondation 152

4.1.5. L'analyse des profils de victimes 153

4.2. Dommages économiques liés à l'inondation 154

4.2.1. Estimation du montant total des dommages 156

4.2.2. Analyse des dommages au bâti dans le Tarn-et-Garonne 157

4.2.3. Des dommages industriels majeurs dans le Tarn 159

4.2.4. Dommages commerciaux et agricoles 160

4.2.5. Des réseaux fortement touchés 161

4.3. Les répercussions à court et moyen termes 162

4.3.1. Des inondations médiatisées 162

4.3.2. Répercussions politiques 164

4.3.3. Répercussions sociales : un grand nombre de sinistrés et de chômeurs 165

4.4. Les répercussions à long terme 166

4.4.1. Le procès de Moissac (1931) 166

4.4.2. L'établissement des Plans de Surfaces Submersibles, une loi impulsée par les inondations de 1930 ? 167

4.5. Facteur aggravant des dommages : absence ou insuffisance dans l'annonce des crues et de l'alerte aux populations 170

4.5.1. Fonctionnement de l'annonce des crues et de l'alerte aux populations en mars 1930 170

4.5.2. Un bref rappel des faits lors de l'annonce des crues de mars 1930 170

4.5.3. Une temporalité rendant difficile l'alerte aux populations 171

4.5.4. Une intensité exceptionnelle de l'évènement : la vulnérabilité des réseaux 172

4.5.5. Une crue exceptionnelle difficilement prévisible et souvent sous-estimée 172

4.5.6. Des défaillances humaines ? 174

5. Les enseignements apportés par la monographie de mars 1930 176

5.1. Mars 1930 : un évènement assurément remarquable 176

5.2. Un retour sur l'enjeu méthodologique d'une démarche monographique 176

Synthèse du Chapitre III 181

Chapitre IV. Le « processus de production » de l'aléa lors d'un évènement remarquable d'inondation 183

Introduction du chapitre IV 185

1. Une approche systémique pour l'exploration du processus de production de l'aléa 187

1.1. Retour sur le poids et la répartition des critères de remarquabilité dans la grille de lecture...187

1.1.1. Appréhension des facteurs de causalité au sein des grandes familles de critères 187

1.1.2. Des enseignements limités par la complexité de l'évènement d'inondation ? 190

1.2. Le recours à l'approche systémique pour l'appréhension du système de production de l'aléa191

1.2.1. Retour sur les concepts de l'approche systémique et légitimité dans le cadre de notre étude 191

1.2.2. Enjeux et méthodologie pour la caractérisation du processus de production de l'aléa 194

1.2.3. La représentation graphique du processus de production de l'aléa 194

2. Caractérisation de l'aléa hydrométéorologique 197

2.1. L'identification des conditions météorologiques de déclenchement 197

2.1.1. Description générale des conditions météorologiques à l'œuvre lors d'inondations remarquables 198

2.1.2. Des conditions météorologiques diverses soulignant la complexité du système de production 202

2.2. Caractérisation de l'aléa météorologique 203

2.2.1. L'échelle synoptique : un premier élément de caractérisation de l'aléa météorologique 203

2.2.2. L'analyse locale des cumuls précipités 205

2.2.3. La spatialisation des cumuls comme outil d'explication de l'intensité pluviométrique 210

2.2.4. Les limites liées à la spatialisation des données de cumuls 212

2.2.5. L'estimation de la fréquence de l'aléa météorologique 217

2.2.6. Conclusion sur la caractérisation de l'aléa météorologique 221

2.3. Caractérisation de l'aléa hydrologique 221

2.3.1. L'apport des données brutes : hauteur d'eau 221

2.3.2. Evaluation de l'étendue de l'inondation 224

2.3.3. L'analyse des débits lors d'inondations remarquables 226

2.3.4. Evaluation de la fréquence de l'aléa hydrologique : un indicateur adapté 228

2.3.5. Conclusion sur la caractérisation de l'aléa hydrologique 232

3. Identification des facteurs de l'aléa impliqués dans le processus de production de l'aléa 233

3.1. Le croisement des indicateurs de l'aléa pour distinguer les facteurs du processus 233

3.1.1. Des épisodes pluvieux intenses à l'origine de crues peu fréquentes : exemple d'octobre 1940 233

3.1.2. Une forte pluviométrie à l'origine d'inondations peu exceptionnelles en termes de fréquence : exemple de Hyacinthe (janvier 1980) 235

3.1.3. Un épisode pluvieux non-rare à l'origine d'inondations exceptionnelles : l'exemple de mars 1930 237

3.2. Contribution de facteurs structurels liés aux caractéristiques du bassin versant 238

3.2.1. Intensité pluviométrique et temps de réponse caractéristique : exemple de Hyacinthe (janvier 1980) 238

3.2.2. Le rôle des caractéristiques géologiques du bassin lors des inondations de la Somme d'octobre 2000 à mai 2001 240

3.3. Des facteurs additionnels d'ordre conjoncturels : conditions climatologiques initiales du bassin versant 242

3.3.1. Le rôle des précipitations antérieures dans la saturation des sols : la rupture du barrage de Malpasset (décembre 1959) 242

3.3.2. La fonte nivale, un facteur additionnel du processus de l'aléa 244

3.3.3. Des conditions initiales souvent contestées 247

3.4. Une évolution temporelle de l'aléa en partie responsable de la remarquabilité 249

3.4.1. Une temporalité de l'aléa météorologique favorable à la superposition d'aléas 249

3.4.2. Un pic de crue asynchrone : exemple de la Cesse en novembre 1999 251

3.5. De nombreux effets dominos à l'origine d'une aggravation de l'aléa hydrologique 253

3.5.1. Les ruptures d'ouvrages naturels ou anthropiques 253

3.5.2. L'impact du transport solide et des glissements de terrain 255

4. Apports d'une approche systémique pour la caractérisation du processus de production de l'aléa 258

4.1. Un processus d'aléa hybride, à l'origine de la remarquabilité.....258

4.2. Temporalité et reproductibilité de l'évènement remarquable d'inondation.....259

4.3. La cartographie au service de la remarquabilité.....260

Synthèse du Chapitre IV 263

Chapitre V. La mortalité liée aux évènements remarquables d'inondations 265

Introduction du chapitre V 267

1. Objectifs et enjeux d'une étude de la mortalité 269

1.1. La mortalité, marqueur de remarquabilité 269

1.1.1. Un type de dommage lié aux inondations 269

1.1.2. Un indicateur de la catastrophe … 270

1.1.3. … et de la remarquabilité d'un évènement 270

1.1.4. Une place importante dans le processus de production de l'évènement remarquable 271

1.2. Enjeux d'une analyse rétrospective de la mortalité 273

1.2.1. Un facteur de mortalité régulièrement illustré… 273

1.2.2. … et pourtant peu appréhendé par les gestionnaires 274

1.2.3. Une connaissance imprécise de la mortalité imputable aux inondations 275

1.2.4. Une analyse rétrospective afin d'appréhender l'évolution de la mortalité 277

2. L'analyse de la mortalité lors d'évènements remarquables 280

2.1. Enseignements et limites apportés par la quantification des décès.....280

2.1.1. Une information à appréhender avec précaution 280

2.1.2. Des évènements majeurs à l'origine de nombreux décès 281

2.1.3. La répartition par districts hydrographiques 281

2.2. Recensement des décès répertoriés pour les neuf cas d'étude 283

2.2.1. Méthodologie pour le dénombrement des décès 283

2.2.2. Nombre de décès répertoriés lors des neuf évènements remarquables 287

2.3. Répartition spatiale des décès imputables aux neuf évènements 289

2.3.1. Répartition des décès répertoriés pour les neuf évènements 290
2.3.2. Distribution spatiale des victimes par évènement 291
2.3.3. Une mortalité qui s'articule autour de plusieurs échelles 294
2.4. Temporalité des décès répertoriés 295
2.4.1. Répartition saisonnière des décès 295
2.4.2. Répartition journalière 295
2.4.3. Répartition circadienne des victimes 296
2.5. Analyse des causes et circonstances de décès 297
2.5.1. Classification des causes et circonstances de décès 297
2.5.2. Des causes de décès peu renseignées 298
2.5.3. Panorama des circonstances rencontrées lors d'évènements remarquables 298
2.6. Le profil des victimes : une information complémentaire 300
2.6.1. Des informations relatives à l'individu 300
2.6.2. Âge et genre des victimes lors d'évènements remarquables 301
3. Facteurs explicatifs de la mortalité lors d'évènements remarquables 304
3.1. Croisement entre indicateurs de l'aléa et mortalité 304
3.1.1. Lien entre intensité hydrologique et localisation des victimes 304
3.1.2. Seuil de précipitations et mortalité 307
3.1.3. Des évènements singuliers situés hors du cadre naturel 309
3.1.4. Appréciation de la mortalité de Malpasset : l'apport de modélisations 310
3.1.5. Le rôle des ruptures d'ouvrages 314
3.2. Un territoire exposé et vulnérable : le rôle du bâti 316
3.2.1. Un bâti fortement exposé 316
3.2.2. Un type de bâti vulnérable 318
3.3. Le rôle central de l'alerte aux populations 321
3.3.1. Un facteur clé dans la mortalité des inondations 321
3.3.2. Des circonstances de décès soulignant l'absence d'alerte 321
3.3.3. Un système d'annonce des crues encore à ses débuts : exemple des inondations d'octobre 1940 322
3.3.4. Mortalité lors du cyclone Hyacinthe (1980) : comportements à risque ou alerte défaillante ? 325
3.4. Des opérations de sauvetage responsables d'une diminution de la mortalité ? 329
3.4.1. Une cause de décès… 329
3.4.2. … et surtout un facteur de réduction de la mortalité 331
4. Enseignements apportés par l'analyse de la mortalité 333
4.1. Une mortalité au croisement de facteurs d'exposition et de vulnérabilité 333
4.2. Une gestion de crise au cœur de la réduction de la mortalité 334
4.2.1. Une alerte à la population déterminante dans le bilan humain d'une inondation 334
4.2.2. Des failles à l'origine de réformes 334
4.2.3. La difficile évaluation de l'efficacité des politiques de gestion de crise 335

4.3. Une vulnérabilité active et individuelle au premier plan de la mortalité 335

4.4. Une démarche comparative soulignant l'évolution des facteurs de mortalité 336

4.5. Des perspectives autour de la mortalité d'évènements passés 337

4.5.1. Des perspectives de recherches sur les évènements passés 337

4.5.2. Des enseignements pour les gestionnaires 337

Synthèse du Chapitre V *341*

Chapitre VI. La gestion de l'évènement remarquable par la société 343

Introduction du chapitre VI *345*

1. Les répercussions post-évènement : marqueurs ou facteurs de remarquabilité ? *347*

1.1. Les enjeux d'une analyse de la gestion de l'évènement 347

1.1.1. Une analyse de la gestion de l'évènement pour critiquer la grille de lecture 347

1.1.2. La place de la gestion de l'évènement dans la remarquabilité 347

1.2. Une analyse pour couvrir les différentes temporalités de l'évènement remarquable 348

1.2.1. Les temporalités des répercussions post-évènement 348

1.2.2. Une remarquabilité interrogeant les impacts de l'inondation aujourd'hui 349

1.2.3. Présentation du plan d'analyse 349

2. Le poids des impacts médiatiques et des mesures d'urgences *351*

2.1. Le rôle des médias dans la construction de l'évènement remarquable 351

2.1.1. Les sources de données exploitées 351

2.1.2. L'ampleur du traitement médiatique des évènements remarquables 352

2.1.3. L'analyse du discours médiatique 354

2.1.4. Une mise en scène médiatique révélatrice d'une instrumentalisation politique 357

2.2. Des interventions extérieures durant la gestion de crise 359

2.2.1. Une intervention d'acteurs extérieurs au territoire 359

2.2.2. Entre gestion complexe et contexte favorable 360

2.3. Des hommes politiques au chevet des sinistrés 360

2.3.1. Des évènements remarquables marqués par des visites présidentielles 360

2.3.2. Des visites présidentielles entre compassion et récupération politique 361

2.3.3. Une absence présidentielle révélatrice d'une moindre remarquabilité ? 363

3. Une recherche des causes et des responsabilités à l'origine de la remarquabilité ? *365*

3.1. Le lien entre causes aberrantes, rumeurs et remarquabilité 365

3.1.1. Deux exemples de causes aberrantes : le glissement de la Baillanouse et la rumeur d'Abbeville 365

3.1.2. L'exploration du lien entre rumeur et aléa 367

3.1.3. Des rumeurs révélatrices de dysfonctionnements dans la gestion de crise 367

3.1.4. Un territoire propice à la rumeur 368

3.1.5. La rumeur, un marqueur de remarquabilité ? 369

3.2. Un examen des études post-évènement menés par l'Etat 370

3.2.1. Panorama des études menées par l'Etat : un zoom sur les Commissions des Inondations et les retours d'expérience 370

3.2.2. Des rapports motivés par la remarquabilité de l'inondation ? 373

3.2.3. Des conclusions rappelant l'enjeu de la gestion des évènements remarquables 374

3.2.4. Des études avant tout politiques 375

3.2.5. Constat sur la contribution des rapports d'Etat dans la remarquabilité de l'évènement 376

3.3. Les suites judiciaires des évènements remarquables 376

3.3.1. Des suites judiciaires éclairant la remarquabilité de l'évènement ? 376

3.3.2. Incidence des verdicts pour la remarquabilité de l'évènement 378

4. Des évènements remarquables à l'origine de mesures politiques 381

4.1. La place des évènements remarquables dans la gestion du risque 381

4.1.1. Un panorama des prises de décisions politiques issues d'évènements remarquables 381

4.1.2. Des décisions politiques motivées par le constat d'une mauvaise gestion de l'évènement remarquable 384

4.1.3. Un contexte favorable / défavorable à la prise de décision 388

4.2. Des actions traduisant la patrimonialisation de l'évènement remarquable 389

4.2.1. Une reconstruction porteuse de la mémoire de l'évènement ? 389

4.2.2. Une inscription du remarquable dans le patrimoine architectural et culturel 391

5. Le rôle de la gestion dans l'évènement remarquable d'inondation 394

5.1. Une gestion au cœur de l'évènement remarquable 394

5.1.1. Des répercussions témoins du caractère exceptionnel de l'évènement 394

5.1.2. Une gestion au cœur de la remarquabilité 394

5.2. Une analyse rappelant la complexité d'une étude multidisciplinaire et transversale de l'évènement 395

5.2.1. Un contexte spatio-temporel déterminant les modalités de gestion 395

5.2.2. Des répercussions possédant leur propre complexité 396

5.2.3. Les difficultés d'une démarche multidisciplinaire et transversale 396

Synthèse du Chapitre VI 397

Conclusion générale 399

Bibliographie 409

Liste des sigles et acronymes 443

Table des matières 447

Table des Figures 456

Liste des Tableaux 460

Table des Photos 462

Table des Figures

Figure 0.1 Les principales étapes de la Directive Inondation 14

Figure 0.2 Découpage territorial utilisé pour la Directive Inondation 15

Figure I.1 Plaquettes réalisées pour le centenaire de la crue de 1910 (a) à Besançon par la DREAL Franche-Comté ; (b) sur le bassin de la Seine, Plaquette "1910 et demain" 31

Figure I.2 Le principe de fonctionnement de la BDHI 34

Figure I.I.3 Espaces et temps des risques et catastrophes 38

Figure I.4 Méthodologie utilisée pour la thèse 60

Figure II.1 Nombre cumulé d'évènements dans la sélection de l'EPRI de 2011 68

Figure II.2 Pourcentage du nombre total d'évènements remarquables sélectionnés par district 69

Figure II.3 Modèle de la grille de lecture 76

Figure II.4 Critères d'intensité de l'aléa et pondération dans la grille de lecture 77

Figure II.5 Critères de gravité et pondération dans la grille de lecture 81

Figure II.6 Critères d'extension spatiale et pondération dans la grille de lecture 90

Figure II.7 Corrélation entre nombre de départements touchés et nombre de communes sous arrêtés CatNat 92

Figure II.8 Scores de remarquabilité des 176 évènements d'inondation 94

Figure II.9 Score de remarquabilité et décomposition par axes des 36 évènements les plus remarquables 97

Figure II.10 Fréquence cumulée et chronologie des 36 évènements remarquables 98

Figure 11 Résultats de la grille de lecture (facteur de 1,5 pour la pondération des indices) 102

Figure II.12 Résultats de la grille de lecture (facteur de 3 pour la pondération des indices) 103

Figure II.13 Position des 176 évènements remarquables pour les trois facteurs de pondérations utilisés 105

Figure II.14 Score de remarquabilité et décomposition par axes des 9 cas d'étude sélectionnés 113

Figure II.15 Répartition chronologique des neuf évènements sélectionnés (XXe siècle) 113

Figure II.16 Localisation approximative des 9 cas d'étude 115

Figure III.1 Principaux départements et cours d'eau affectés par les inondations de mars 1930 130

Figure III.2 Délimitation de la zone inondée selon les arrêtés ministériels du 12 et 23 mars 1930 131

Figure III.3 UP où l'évènement de mars 1930 est "remarquable" 132

Figure III.4 Précipitations antérieures à l'évènement de mars 1930 134

Figure III.5 Localisation du manteau neigeux 135

Figure III.6 Géopotentiel (500hPa) – (a) le 28 février à 0h ; (b) le 1er mars à 12 heures 136

Figure III.7 Géopotentiel (500hPa) – (a) le 2 mars à 0h ; (b) le 3 mars à 0h 136

Figure III.8 Cumul des précipitations du 28 février (6h) au 3 mars 1930 (6h) 137

Figure III.9 Cumul de précipitations par département du 1er au 3 mars 1930 138

Figure III.10 Limnigrammes de la crue de mars 1930 dans le bassin versant du Tarn et de la Garonne 139

Figure III.11 Période de retour des débits lors de l'évènement de mars 1930 140

Figure III.12 Crues de plus de 8 mètres à Saint-Sulpice-Sur-Tarn (1872-2004) 141

Figure III.13 Localisation de Moissac dans les vallées du Tarn et de la Garonne 143

Figure III.14 Chronologie de la submersion à Moissac avec les différentes ruptures de digues 144

Figure III.15 Localisation des décès imputables aux inondations de mars 1930 148

Figure III.16 Localisation des décès imputables aux crues de mars 1930, zoom sur le Tarn-et-Garonne 150

Figure III.17 Localisation des décès à Moissac en fonction de la rue concernée 151

Figure III.18 Pyramide des âges des décès imputables aux inondations à Moissac 153

Figure III.19 Pyramide des âges des décès imputables aux inondations à Montauban 153

Figure III.20 Communes impactées par les crues de mars 1930 sur le Tarn-et-Garonne 155

Figure III.21 Répartition des indemnisations dans le Tarn-et-Garonne 156

Figure III.22 Nombre de déclarations de dommages aux immeubles dans le Tarn-et-Garonne 158

Figure III.23 Répartition des indemnisations aux immeubles bâtis par communes dans le Tarn-et-Garonne 158

Figure III.24 Dommages aux voies ferrées par communes 161

Figure III.25 Dommages au réseau ferré par communes, zoom sur le département du Tarn 162

Figure III.26 Titres de deux articles du 7 mars 1930 (a) dans le Figaro ; (b) dans l'Humanité 163

Figure III.27 Nombre de sinistrés et nombre de déclarations de dommages aux immeubles 165

Figure III.28 Vallées concernées par la loi d'aout 1858 et degré d'application lors des crues de 1930 169

Figure IV.1 Rétroaction causée par un facteur d'aggravation de l'aléa hydrologique 191

Figure IV.2 Représentation systémique du processus de l'aléa lors d'évènements remarquables d'inondations 196

Figure IV.3 Trajectoire du cyclone tropical Hyacinthe 204

Figure IV.4 Précipitations journalières et courbe de précipitations cumulées du 01/10/2000 au 30/04/2001 à la station pluviométrique d'Abbeville dans la Somme (Source données : BDClim, MétéoFrance). 206

Figure IV.5 Hyétogramme des précipitations des 12 et 13 novembre 1999 (48 heures) à Lézignan-Corbières dans l'Aude (Source : Lefrou *et al.,* 2000) 207

Figure IV.6 Précipitations maximales à la Réunion et records mondiaux 209

Figure IV.7 Lame d'eau précipitée du 26 au 30 décembre 1947 (5 jours) sur l'est de la France 211

Figure IV.8 Importance du nombre et de la densité de postes pluviométriques pour l'appréhension des dynamiques spatiales de l'épisode pluvieux du 15 au 28 janvier 1980 à la Réunion 214

Figure IV.9 Isohyètes des cumuls précipités par le cyclone Hyacinthe du 15 au 28 janvier 1980 et carte du relief 215

Figure IV.10 Rapports aux moyennes de la pluviométrie du cyclone Hyacinthe à un mois de janvier classique 216

Figure IV.11 Courbe intensité durée fréquence de l'épisode pluvieux du 26 au 3 mars 1930 à Saint-Gervais-sur Mare – Hérault – (Source : données Météo-France (1999)) 218

Figure IV.12 Périodes de retour des précipitations du 26 au 30 décembre 1947 (cumuls sur 1 jour et 4 jours) 220

Figure IV.13 Limnigrammes des inondations de janvier 1910 sur les bassins du Doubs et de la Seine 222

Figure IV.14 Comparaison des hauteurs d'eau mesurées lors des crues de décembre 1919 et décembre 1947 sur le bassin de la Moselle 224

Figure IV.15 Extension spatiale de l'inondation du 21 janvier 1910 à Besançon 225

Figure IV.16 Débits instantanés maxima ($m^3.s^{-1}$) et plus hautes hauteurs d'eau connues(PHEC) lors des inondations du 12 au 14 novembre 1999 227

Figure IV.17 Débits spécifiques maximaux (en $m^3.s^{-1}.km^{-2}$) relevés lors des inondations du 12 au 14 novembre 1999 228

Figure IV.18 Périodes de retour du niveau marin de pleine-mer lors de Xynthia (Source : SHOM) 230

Figure IV.19 Périodes de retour du débit instantané maximal des inondations de décembre 1947 231

Figure IV.20 Périodes de retour des crues d'octobre 1940 dans les bassins de la Tech, de l'Agly et de la Têt, et croisement avec l'isohyète 800 mm 234

Figure IV.21 Périodes de retour des crues générées par le passage d'Hyacinthe en janvier 1980 236

Figure IV.22 Lame d'eau précipitée (25 février - 4 mars 1930) ; périodes de retour pluviométriques (6 jours) ; périodes de retour des débits lors des inondations de mars 1930 237

Figure IV.23 Comparaisons de débits classés en fonction de leur durées à la Ravine-des-Patates-à Durand (Source : Normand *et al.* 2006) 239

Figure IV.24 Reconstitution des débits relevés sur la Ravine-des-Patates-à-Durand lors du cyclone Hyacinthe à l'aide du modèle GARDENIA dans le cadre du projet DYNTOR 240

Figure IV.25 Schéma du fonctionnement hydrologique du bassin de la Somme 240

Figure IV.26 Cartographie de la sensibilité du bassin de la Somme aux phénomènes de remontées de nappes phréatique (Source : données BRGM) 241

Figure IV.27 Indice SWI du 01/01/1959 au 01/01/1960 pour le département des Alpes-Maritimes 244

Figure IV.28 Cumuls de décembre 1947 (hors épisode pluvieux du 26 décembre au 30) et épaisseur de la couche de neige dans les Vosges 245

Figure IV.29 Epaisseur moyenne de neige dans les Vosges et cumuls journaliers à Wildenstein 246

Figure IV.30 Précipitations journalières (a) 1er mars 1930 ; (b) 2 mars 1930 ; (c) débit de pointe : date et période de retour dans le bassin du Tarn 250

Figure IV.31 Limnigrammes des inondations de novembre 1999 dans le Minervois : Cesse, Argent-double et Ognon (Source données : Banque Hydro) 252

Figure IV.32 Localisation des bassins versants de l'Argent-Double, Ognon et Cesse 252

Figure IV.33 Limnigrammes de la crue d'octobre 1940 sur les bassins du Tech et de la Têt 254

Figure IV.34 Profil en long des crues du Doubs du 21 janvier 1910, 28 décembre 1882 et 10 mars 1896 (Source : Bibliothèque et archives municipales de Besançon, série O) 256

Figure IV.35 Représentation cartographique de l'aléa hydrométéorologique de l'évènement de novembre 1999 261

Figure V.1 Classification des dommages liés aux inondations selon Parker 269

Figure V.2 Relation entre score de remarquabilité et nombre de décès par évènement 271

Figure V.3 Exemple de traitement médiatique de la mortalité, un fascicule vendu au profit des sinistrés (Source : Bichambis, 1930) 272

Figure V.4 Nombre de décès par évènement d'inondation depuis 1770 en France 278

Figure V.5 Répartition des évènements de plus de 10 décès par district hydrographique de la Directive Inondation (Source : Lang et Cœur, 2014) 282

Figure V.6 Répartition du nombre de décès par district hydrographique lors d'évènements de plus de 10 décès (Source : Lang et Cœur, 2014) 282

Figure V.7 Répartition des décès imputables aux inondations remarquables étudiées 290

Figure V.8 Localisation par commune des décès liés aux inondations d'octobre 1940 291

Figure V.9 Localisation par commune des décès liés au cyclone Hyacinthe en janvier 1980 292

Figure V.10 Localisation par commune des décès liés aux inondations de novembre 1999 292

Figure V.11 Localisation par commune des décès liés aux inondations de février 2010 293

Figure V.12 Géolocalisation de 29 des 31 décès relevés à Montauban lors de l'inondation de mars 1930 294

Figure V.13 Répartition journalière des décès lors du cyclone Hyacinthe (janvier 1980) 296

Figure V.14 Circonstances de décès des victimes des inondations d'octobre 1940 298

Figure V.15 Circonstances de décès du cyclone Hyacinthe (janvier 1980) 299

Figure V.16 Répartition des victimes d'inondations remarquables par genre 301

FigureV.17 Pyramide des âges des décès d'octobre 1940 302

Figure V.18 Pyramide des âges des décès imputables au cyclone Hyacinthe (janvier 1980) 302

Figure V.19 Périodes de retour et nombre de victimes durant l'évènements de mars 1930 305

Figure V.20 Densité de population (recensement de 1926) et nombre de décès des inondations de mars 1930 306

Figure V.21 Cumuls précipités et décès imputables de l'évènement de novembre 1999 308

Figure V.22 Géolocalisation des victimes répertoriées dans Neyron (1961), modélisation hydraulique et chronologie de la vague de submersion de Malpasset (Fonds de carte IGN, 1951) 311

Figure V.23 Nombre de bâtiments détruits et nombre de victimes durant les inondations d'octobre 1940 (zoom sur Amélie-les-Bains) 317

Figure V.24 Type de bâti et nombre de victimes lors des inondations de février 2010 319

Figure V.25 Pyramide des âges des décès de la tempête Xynthia (D'après Vinet et al., 2012) 320

Figure V.26 Localisation des stations hydrométriques en 1940 et à l'heure actuelle 324

Figure V.27 Seuils d'alerte et courbe des décès cumulés lors du cyclone Hyacinthe (17-31 janvier 1980) 326

Figure V.28 Répartition des décès par phase d'alerte 327

Figure VI.1 Répercussions médiatiques de l'évènement d'octobre 1940 dans trois quotidiens nationaux (17 octobre – 1er novembre) 353

Figure VI.2 Répercussions médiatiques de l'évènement de mars 1930 dans trois quotidiens nationaux (5 – 18 mars) 353

Figure VI.3 Couverture du Petit Journal illustré (a) du 13/02/1910, (b) du 16/03/1930 ; couverture de Paris-Match (c) du 13/12/1959 (Source : Gallica, Hérodote) 357

Figure VI.4 « Le Président de la République dans les régions dévastées du sud-ouest » 361

Figure VI.5 Localisation du glissement de La Baillanouse dans le bassin du Tech 366

Figure VI.6 Chronologie des principales mesures politiques décidées suite aux principaux évènements d'inondation et évènements remarquables étudiés 382

Figure VI.7 Le nouveau dispositif de vigilance « vagues-submersion » 386

Liste des Tableaux

Tableau III.1 Composition générale de l'indice de remarquabilité de mars 1930 128

Tableau IV.1 Décomposition des indices attribués aux neuf évènements remarquables étudiés 188

Tableau IV.2 Cumuls maxima relevés lors des épisodes pluvieux déclencheurs....208

Tableau IV.3 Cumuls mensuels précipités en 1959 et rapports aux moyennes mensuelles sur la période 1961-1990 (Source : InfoClimat.fr)....243

Tableau V.1 Echelle de classification des catastrophes utilisée par le ministère de l'écologie, d'après Barthelemy *et al.* (1999) 270

Tableau V.2 Place consacrée aux décès dans les retours d'expérience....275

Tableau V.3 Evènements à l'origine de plus de 100 décès depuis 1770....281

Tableau V.4 Les 10 évènements d'inondations les plus meurtriers en France métropolitaine de 1900 à nos jours (♦ : Evènement sélectionné comme cas d'étude) 288

Tableau V.5 Répartition circadienne des décès lors de l'évènement d'octobre 1940 297

Tableau V.6 Tableau comparatif du nombre de décès et pourcentage total de décès par secteurs, entre sources documentaires (Neyron, 1961) et résultats du modèle (Lumbro, 2011 ; Johnstone, 2005)....313

Tableau V.7 Population exposée et taux de mortalité par secteurs. D'après Lumbroso et al. (2011) et Johnston (2005) 314

Tableau V.8 Tableau récapitulatif des informations relatives à la mortalité lors d'évènements remarquables 339

Tableau VI.1 Principaux retours d'expérience réalisés pour les évènements remarquables étudiés 372

Table des Photos

Photo II.1L'inondation de janvier 1910 dans les rues de Besançon 107

Photo II.2 Le quartier de Sapiac à Montauban après les inondations de mars 1930 108

Photo II.3 Le casino d'Amélie-les-Bains, détruit par les crues du Tech d'octobre 1940 108

Photo II.4 Niveau des principales crues de la Moselle sur un repère à Metz 109

Photo II.5 Le quartier des arènes de Fréjus après le passage de la vague 110

Photo II.6 Imagerie satellite du cyclone Hyacinthe la journée du 25 janvier 1980 110

PhotoII.7 Remblai de la voie ferrée emporté par la crue de l'Aude à Sallèles d'Aude 111

Photo II.8 Plaine de Roussent lors des inondations de l'hiver 2001 111

Photo II.9 La Faute-sur-Mer inondée suite à la tempête Xynthia 112

Photo III.1 Le Pont Cacor après la crue à Moissac 146

Photo III.2 Les débris du pont Cacor emportés par la crue non-loin du Pont Canal 146

Photo III.3 Le garde-champêtre annonçant la crue devant le panneau du Cirque Hagenbeck à Moissac le 3 mars 1930 (Source : Bichambis, 1930) 174

Photo VI.1 Marques de repères de crues dans le centre-ville de Besançon 392

Approche multidisciplinaire pour la caractérisation d'inondations remarquables : enseignements tirés de neuf évènements en France (1910-2010)

Résumé

L'intérêt de la connaissance des inondations passées s'est récemment vu affirmé par la Directive Inondation 2007/60/CE. Celle-ci préconise notamment de procéder à « *la description des inondations survenues dans le passé et ayant eu des impacts négatifs significatifs* […] ». L'application de cette recommandation a soulevé plusieurs interrogations quant aux modalités d'évaluation du caractère significatif des impacts d'une inondation passée d'une part ainsi que sur l'apport de l'étude d'évènements marqués par des natures et des caractéristiques spatio-temporelles différentes. Pour répondre à ces questions, ce travail de thèse a porté sur la mise au point d'une approche multidisciplinaire pour caractériser des inondations dites remarquables, terme utilisé pour qualifier les 176 évènements de l'EPRI dans la BDHI (Base de Données Historiques sur les Inondations). Une grille multicritères, portant à la fois sur les caractéristiques hydrométéorologiques de l'aléa et les conséquences socio-économiques et politiques des événements, a été appliquée sur ces 176 évènements ce qui a conduit à la sélection de neuf événements remarquables sur la période 1910-2010. Chaque inondation a fait l'objet d'une monographie, sollicitée comme outil de travail pour caractériser les inondations remarquables. Ces synthèses détaillées d'évènements ont permis d'alimenter la réflexion autour de trois questions transversales : 1/ Quels sont les facteurs impliqués dans le processus d'aléa d'une inondation remarquable ? ; 2/ Une analyse rétrospective permet-elle de mettre en lumière les causes de la mortalité lors d'inondation remarquables ? ; 3/ De quelle manière la société gère-t-elle un évènement remarquable d'inondation ? L'étude de ces trois axes a permis de progresser dans la compréhension du caractère remarquable d'une inondation, lequel a été vu comme résultant d'un processus à la fois complexe et hybride. L'analyse transversale a également mis en lumière le poids de certains facteurs agissant lors d'un évènement remarquable tels que le rôle des facteurs d'aggravation et des conditions physiques initiales dans le processus de production de l'aléa ou l'influence du bâti et de la gestion de l'alerte comme facteurs explicatifs de la mortalité. Ces différents aspects ont permis d'aboutir à une série de recommandations pour les gestionnaires dans l'optique de mieux gérer l'occurrence de futurs évènements remarquables.

Mots-clés : Inondation – Evènement remarquable – Recherche multidisciplinaire - Monographie

---

A multidisciplinary approach for characterizing remarkable flood events: lessons from nine events in France (1910-2010)

Abstract

The interest of studying past flood events has been recently confirmed by the European Flood Directive 2007/60/CE which recommends describing the floods that had "*significant adverse impacts*". This aspect raises some questions. What does significant adverse impact mean? What is the interest to describe those events? This PhD thesis is focussing on a multidisciplinary approach for characterizing remarkable flood events, term used to qualify the 176 flood events reported into the French National Historical Flood database (BDHI) selected during the Preliminary Risk Assessment of 2011). An evaluation grid based on the hydrometeorological aspects of the flood hazard as well as the socio-economic and politic consequences of the flood event was applied to the set of 176 floods. The results conducted to select 9 remarkable flood events from 1910 to 2010. Monograph studies are presented on each of these case studies and are used to deal with three questions linked with the interest of studying past flood events: 1/ what are the factors involved in the hazard process leading to a remarkable flood event? ; 2/ does a retrospective analysis helps to understand the main explicative factors of flood mortality? ; 3/ how does the society manage a remarkable flood event? The analysis of these three questions helps to better understanding a remarkable flood event, seen as the result from a complex and hybrid process. The study also underlines the burden of aggravating factors and physical preliminary features in the hazard process, as well as the influence of built-up settings and flood warning management as mortality explanatory factors. These aspects put forwards a serial of preventive measures for risk managers in order to anticipate the impacts of future remarkable flood events.

Key-words: Flood – Remarkable event – Multidisciplinary research – Monograph study

ARTS, LETTRES, LANGUES, SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES
UNIVERSITÉ PAUL-VALÉRY MONTPELLIER 3

irstea

GRED