



ARTICLE

Cartographier les communes à risque inondation en combinant trois procédures administratives en France hexagonale : apports et limites

What Lessons Can be Learned by Combining Administrative Procedures to Map Municipalities at Flood Risk in France: Supports and Challenges

Auriane Chelle^{1,*} and Johnny Douvinet^{1,2}

¹UMR CNRS 7300 ESPACE, Avignon Université, 74 rue Louis Pasteur, Avignon, F-84000, France

²Institut Universitaire de France (IUF), 103 Boulevard Saint-Michel, Paris, F-75005, France

*Corresponding Author: Auriane Chelle. Email: auriane.chelle@alumni.univ-avignon.fr

Received: 06 June 2024 Accepted: 28 November 2024 Published: 13 January 2025

RÉSUMÉ

Cet article propose une analyse séparée puis combinée de trois procédures administratives qui servent de référence pour cartographier les communes à risque inondation en France hexagonale (i.e., les arrêtés de catastrophes naturelles (CatNat), les Dossiers Départementaux des Risques Majeurs (DDRM) et les Plans de Prévention du Risque Inondation (PPRI)). Deux questions sont posées : quels enseignements peut-on tirer de l'analyse de la couverture spatiale de chacune des procédures, et en les combinant, peut-on voir des effets de seuils ou des jeux d'échelle ? Si les arrêtés CatNat sont révélateurs d'une saisonnalité des inondations et d'une amplification de la sinistralité depuis 2023, ces arrêtés sont aussi fortement reliés à l'existence d'un PPRI ou d'un DDRM. Pour autant, certaines communes sont dotées d'un PPRI ou visées par un DDRM alors qu'elles n'ont jamais été reconnues en état de catastrophe naturelle. L'enjeu pour nos futures recherches est donc de fixer des seuils pour aboutir à une carte de synthèse, prenant en compte les spécificités locales du risque et de réduire les incertitudes inhérentes à chacune des procédures..

MOTS CLÉS

Inondation ; Plan de Prévention ; CatNat ; DDRM ; France hexagonale

ABSTRACT

This paper presents a method by which we combine 3 administrative procedures, used as a reference for mapping flood-risk municipalities in France. Two questions are addressed: what findings can be drawn from the analysis of each coverage? By combining them, are we able to identify threshold or scale effects? Among the results obtained, we note that CatNat (catastrophes naturelles) decrees revealed the seasonal nature of flooding, and the intensification of the damage since 2023. These decrees are linked to the existence of a PPRI (Plans de Prévention du Risque Inondation) or a DDRM (Dossiers Départementaux des Risques Majeurs); however, some communes have a PPRI or are covered by a DDRM even though they have never been recognized as having suffered a natural disaster between 1983 and 2023. The challenge for our future research is now to set thresholds in order to produce a summary map that takes account of local risk factors, and to reduce the uncertainties inherent in each of these procedures.



KEYWORDS

Flooding risk; prevention; disaster database; France

1 Introduction

En France, les inondations entraînent de nombreux dégâts (principalement matériels, mais parfois aussi sur les personnes), et une grande partie du territoire est concernée [1–3], comme viennent de le rappeler les événements survenus par exemple le 9 octobre 2024 (Seine-et-Marne), le 17 octobre 2024 (Pyrénées, Alpes-Maritimes, Lozère, Gard, Haute Loire), le 27 octobre 2024 (Var)... Cependant, le nombre cumulé de communes ayant tout ou partie de leur surface exposée au risque inondation est variable selon les sources utilisées, la date de recensement ou les critères de sélection. Au début des années 1990, ce nombre était compris entre 7 400 et 9 400 [4], mais à partir des années 2000, il oscille entre 11 600 [5] et 18 000 [6,7]. Pour l'année 2023, les estimations restent à nouveau variables : des auteurs évoquent le chiffre de 13 300 communes [8], 15 700 [9], voire 16 154 [3,10]. Il est donc difficile de s'y retrouver, et sans chiffre stabilisé, on ne peut guère comprendre l'évolution du nombre de communes à risque au fil des années : l'augmentation pourrait s'expliquer par une prise de conscience du risque inondation, par des cartographies des zones inondables plus précises, par l'injonction à la mise en place de Plans de Prévention du Risque Inondation (PPRi), depuis la Loi Barnier du 22 janvier 1995, ou par la survenue d'événements dramatiques (en 1999, 2002, 2003, 2010, 2015, 2018, 2021, 2024), qui ont révélé des facteurs de fragilité et de vulnérabilité sous-jacents. Mais l'aléa inondation est aussi un processus multiforme, qui regroupe les débordements de cours d'eau, les remontées de nappes, les submersions fluviales ou maritimes, les crues à cinétique rapide et les ruissellements d'origine agricole ou urbaine. Les écarts pourraient alors venir de la prise en compte de l'ensemble de tous ces processus (des auteurs retenant les débordements au départ, avant de tout englober ensuite).

Dans un contexte marqué par de fortes incertitudes sur la fiabilité et la qualité des données, utilisées par tel ou tel auteur, cette étude propose d'analyser la distribution spatiale et temporelle de trois procédures administratives qui servent de référence pour recenser les communes à risque inondation en France hexagonale : 1) les arrêtés de catastrophes naturelles (CatNat) sur la période 1983–2023 ; 2) la liste des communes désignées comme exposées dans le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) et 3) les communes couvertes par un Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRi). Deux questions de recherche sont posées : quels sont les enseignements que l'on peut tirer en analysant la couverture spatiale de chacune des procédures ? En les combinant, est-on en mesure d'identifier des jeux d'échelle ou de corrélérer les procédures entre elles ?

Avant de présenter la méthode mise en place, rappelons brièvement l'origine et les conditions justifiant la mise en place des procédures étudiées. Le régime d'indemnisation au titre des arrêtés de catastrophes naturelles a été créé par la loi du 13 juillet 1982, mis en place pour indemniser les victimes de dommages causés par des inondations dont la période de retour dépasse la valeur décennale [10,11]. Elle vient aussi pallier le caractère "inassurable" de certains risques naturels par les contrats d'assurance privés (tempête, grêle, neige, incendie). Depuis 2001, une modulation de franchises est imposée aux communes selon le nombre de constatations de l'état de catastrophe naturelle intervenues pour le même risque au cours des cinq dernières années. La cartographie des arrêtés permet d'aborder le risque par le prisme de la sinistralité [3,12–15], d'informer sur la présence avérée de dégâts, et/ou de recenser la fréquence de ces arrêtés à l'échelle des communes [12]. En revanche, compte tenu des

critiques régulièrement émises sur la procédure et la prise de décision, la relation entre le nombre d'arrêtés et l'ampleur des indemnisations versées par les assureurs n'est guère possible [13,15].

Instauré par la loi du 22 juillet 1987 relative à l'information préventive, le DDRM (Dossier Départemental des Risques Majeurs) est établi sous l'égide du préfet de département, et il dresse un bilan des risques majeurs et des conséquences sur les personnes, les biens et l'environnement à l'échelle départementale. Mis à jour tous les 5 ans, le dossier recense les événements survenus par le passé, et répertorie les communes selon les risques en jeu. Les communes à risque inondation sont celles qui sont couvertes par un PPRi (prescrit ou approuvé) mais aussi celles pour lesquelles une exposition particulière est considérée. Le préfet informe les communes listées via un "Porter à connaissance" (PAC) et celles-ci doivent réaliser un Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM). Mais cette liste des communes n'est pas toujours mise à jour, fiable [14], ou exhaustive [16], et informe sur le risque inondation sans lien avec sa récurrence [17].

Les Plans de Prévention des Risques Naturels (PPRn) instaurés par la loi Barnier du 2 février 1995, sont des documents réglementaires urbanistiques qui valent servitude d'utilité publique (pour le dire autrement, ces documents s'imposent aux autres documents d'urbanisme tels que le Plan Local d'Urbanisme). Ils réglementent l'utilisation des sols exposés à des risques naturels (PPRn). Les PPRi (avec le « i » pour inondation) sont spécifiquement dédiés au risque inondation. Les PPRi ont pour objectifs d'interdire la construction de nouvelles habitations dans les zones d'aléas les plus forts, de réduire la vulnérabilité des constructions déjà existantes dans les autres zones inondables, et de préserver les capacités d'écoulement et d'expansion des crues pour réduire l'aggravation des risques dans les zones en amont et en aval [18]. Depuis 2003, tout projet de PPRi est soumis à consultation, d'abord au sein des collectivités et des services déconcentrés de l'État (départements, régions, SDIS...), avant d'être soumis à enquête publique auprès de la population locale. De façon spécifique, pour le risque inondation, les services de l'Etat constituent une base documentaire avec un ensemble de documents renseignant le risque et les enjeux d'un territoire : carte des aléas, carte des enjeux, carte du risque. Mais une exposition peut être établie sans PPRi [19] et la mise en place d'un PPRi fait suite à une crue importante [9,20]. De nets décalages ont d'ailleurs été remarqués entre le zonage aléa et le zonage réglementaire après un sinistre [20–22]. D'un autre côté, il faut faire une distinction entre le nombre de PPRn et le nombre de communes couvertes : "lorsqu'on a "fêté" en décembre 2005 le fameux 5000^{ème} PPRn (*Baie-Mahault en Guadeloupe 2*), il s'agissait bien entendu de la 5000^{ème} commune dotée d'un PPRn" [23].

Après cette mise en contexte, cet article se poursuit en présentant la nature et les limites des données utilisées (Section 2), puis les résultats obtenus et l'analyse croisée (Section 3), avant de discuter des jeux d'échelle et de la plus-value apportée par ce travail (Section 4).

2 Méthodes et Données

2.1 Nature des Données Utilisées

La base GASPARG (*Gestion ASsistée des Procédures Administratives relatives aux Risques*), contenant la liste des communes concernées par chacune des trois procédures, a été téléchargée à partir de la plateforme GéoRisques¹ le 8 janvier 2024, pour couvrir la période 1984–2023.

2.1.1 Les Arrêtés de "Catastrophe Naturelle" (CatNat)

Les arrêtés des deux items "Inondation et coulées de boue" et "Inondations et remontées de Nappe" ont été sélectionnés. Tous les autres items ont été exclus par manque de représentativité,

¹<https://www.georisques.gouv.fr/donnees/bases-de-donnees/procedures-administratives-relatives-aux-risques> (accessed on 27 November 2024).

notamment « Coulées de boue » (qui ne concernent que 4 communes), « Lave Torrentielle » (7 communes), « Inondations par choc mécanique des vagues » (8 communes) et « Raz de Marée » (6 communes). Certains événements ont également été supprimés : les arrêtés de 1982 (car les critères pour la prise de décision n'étaient pas clairement définis, ce qui a conduit à un nombre important de reconnaissances [12]) ; les arrêtés liés aux tempêtes Lothar et Martin (décembre 1999), car ils concernent la totalité de 69 départements, sans distinction sur les situations locales ; un tiers des communes ont subi des inondations causées par les deux tempêtes, mais ce pic d'arrêtés CatNat résulte d'une acception large des critères de reconnaissance à la suite de ces deux tempêtes nuisant à la qualité des données [12]. Nous avons aussi écarté les arrêtés pour les pays et territoires d'outre-mer, cette recherche se focalisant uniquement en France hexagonale, même si le risque y est aussi présent (comme l'ont rappelé les inondations du 7 novembre 2015 ou du 9 septembre 2024 en Martinique). Au final, sur les 143 817 arrêtés et les 34 546 communes sélectionnées au départ, 83 396 arrêtés (de 1984 à 2023 inclus) ont été conservés, concernant 26 240 communes. On est donc bien au-delà des 12 à 16 000 communes citées en introduction, ce qui justifie l'intérêt de mener une analyse à une échelle plus fine et de faire attention aux chiffres avancés à l'échelle globale.

L'analyse de ces arrêtés reste néanmoins sujette à caution. Les arrêtés ne différencient pas le degré d'exposition au sein des communes [1] ni le coût des sinistres [24]. La reconnaissance CatNat est par ailleurs un choix qui, pour partie, relève plus d'une décision politique que d'un critère scientifique [13], même si certains s'en défendent [10]. L'item "Inondation et coulée de boue" englobe par ailleurs différents types de processus hydrologiques (ruissellement, crues en bas de versants, résurgences). Il est donc impossible de connaître précisément la nature de l'aléa à l'origine des inondations [25]. Par ailleurs, la surestimation des petits sinistres, matérialisée par un nombre disproportionné d'arrêtés, conduit à une surévaluation de la sinistralité dans certains territoires. En proportion, la base semble aussi sous-estimer le risque lié aux grandes inondations fluviales [13].

2.1.2 Les Communes Répertoireés dans un DDRM

Le nombre de communes couvertes par un DDRM d'après la base GASPARG est de 15 912 (en janvier 2024). Mais de fortes disparités apparaissent à l'échelle départementale. A titre d'exemple, aucune commune du département du Cher n'est renseignée dans la base GASPARG, alors que la totalité des communes du département de la Haute-Loire fait l'objet d'un DDRM. Dès lors, la liste des communes et les cartographies disponibles sur le site internet de chaque préfecture ont été vérifiées afin de compléter l'extraction de la base GASPARG. Dans la nouvelle base de données constituée, on répertorie 19 202 communes pour le risque inondation. Si ces données semblent plus complètes, on ne peut toutefois pas en garantir l'exhaustivité : par exemple, le DDRM du Puy-de-Dôme (63) est introuvable, et celui du Bas-Rhin (67) est incomplet car plusieurs cartes existent, mais pas la liste des communes à risque inondation. Si la majorité des DDRM examinés ($n = 55$) a par ailleurs été réalisée entre 2020 et 2023, en revanche, près d'un tiers ($n = 22$) n'a pas été actualisé depuis 2018, ces documents étant donc hors-délai. Le DDRM le plus ancien analysé est celui de la Charente Maritime (2007). Si 13 146 communes sont présentes dans les deux bases de données, le cumul des communes répertoriées uniquement soit dans la base GASPARG, soit dans notre base extraite des données préfectorales, finalisée début janvier 2024, est de 21 968.

2.1.3 Les Communes Couvertes par un PPRi

La liste des communes couvertes par un PPRi a été compilée fin décembre 2023 (7 326 plans pour 12 555 communes). Cette liste mentionne le bassin de risque sur lequel s'applique le PPRi, le type d'inondation, ainsi que la date de l'arrêté portant prescription ou approbation. Mais seuls les

PPRi prescrits ou approuvés (4 975 pour 11 605 communes, soit 68% des PPRi) ont été conservés, la différence s’expliquant par la suppression des plans qui ne s’appliquent pas ou plus sur certaines communes (PPRi annulés, abrogés, dé-prescrits ou portés devant le tribunal administratif).

2.1.4 Vision Synoptique des Données Mobilisées

Le nombre de communes sélectionnées varient fortement selon les trois procédures étudiées (**Tableau 1**) : 26 240 communes ont fait l’objet d’une reconnaissance CatNat (1984–2023) ; 21 968 communes à risque sont listées dans les DDRM ; 11 605 communes sont couvertes par un PPRi (prescrit ou approuvé). En cartographiant la présence ou l’absence de ces trois procédures, on souhaite alors identifier les communes systématiquement concernées, ou au contraire celles qui sont répertoriées par l’une ou l’autre, voire celles où le risque n’est pas recensé comme tel.

Tableau 1 : Nombre de communes conservées selon les données

Données	Nombre de communes sélectionnées
Arrêté de catastrophe naturelle inondation	26 240
Dossier départemental des risques majeurs (GASPAR OU base préfectorale)	21 968
Plan de prévention du risque inondation	11 605

2.2 Nature des Traitements Réalisés

Chaque procédure a fait l’objet d’un ou de plusieurs traitements d’analyse spatio-temporelle. Une cartographie de synthèse reposant sur certains critères a ensuite été explorée. Toutes les données communales ont été jointes au code officiel géographique 2023 de l’Insee, puis divers tests ont été explorés sous QGIS.

2.2.1 Les Arrêtés de “Catastrophe Naturelle” (CatNat)

Une cartographie par point [26] a d’abord été réalisée pour supprimer l’effet d’échelle liée à la taille de la commune [12]. Le nombre d’arrêtés a ensuite été corrélé au nombre d’habitants par commune pour détecter une éventuelle relation positive. La distribution spatio-temporelle de la saisonnalité des arrêtés a ensuite été mise à jour, en se fondant sur une méthode éprouvée [12]. La période précédemment étudiée [12] allait de 1984 à 2008. Ici, elle couvre 40 années (1984–2023). Les arrêtés sont séparés en trois saisons, en reprenant les mêmes périodes que dans l’étude déjà réalisée en 2012 [12] : de janvier à avril (épisodes hivernaux), de mai à août (liées à des épisodes pluvieux de printemps et d’été), de septembre à décembre (pour les crues automnales). Ce découpage peut être sujet à caution, compte tenu des évolutions climatiques ou d’une intensification des pluies sur la période hivernale, mais l’idée était de comparer les résultats avec l’étude publiée en 2012. En complément, le test statistique de Pettitt [27] a été effectué pour détecter des ruptures dans les séries chronologiques saisonnières.

2.2.2 Les Communes Répertoriées dans un DDRM

Une carte croisant les données issues de la base GASPAR à celles que nous avons compilées en regroupant les éléments présents sur les sites internet des préfectures a été réalisée, pour mettre à jour les écarts entre les deux bases et étudier la couverture maximisée des DDRM. Vu l’ampleur des différences (notamment à l’échelle de 9 départements), une mise à jour de la base GASPAR est nécessaire et la base que nous avons compilée est à disposition si nécessaire.

2.2.3 Les Communes Couvertes par un PPRi

Conjointement à la cartographie des PPRi approuvés ou prescrits, le calcul du délai moyen entre la prescription et l’approbation a permis d’identifier le nombre de plans respectant le cadre réglementaire (4 ans en 2001) et ceux qui y dérogent. Depuis 2011 (via le décret n°2011-765), les PPRi doivent être approuvés dans les 3 ans qui suivent leur prescription, avec un délai prorogeable une seule fois, dans la limite de 18 mois. Une fois ce délai dépassé, les PPRi en cours de prescription sont considérés comme “hors-délais”.

2.2.4 À la Recherche d’une Cartographie de Synthèse

En complément, une carte combinant la présence / l’absence des procédures a été envisagée. Plusieurs limites ont été identifiées dès le départ : 1) la sélection reste dépendante de l’échelle administrative (la commune) alors que les processus hydrologiques sont bien plus complexes et leur compréhension nécessiterait une analyse complémentaire à une échelle infra-communale [12] ou à l’échelle hydrologique des bassins versants ; 2) on prend le risque de détourner les objectifs politiques des trois procédures pour en tirer une analyse scientifique ; 3) on utilise les données sans avoir un recul critique sur les méthodes mises en œuvre, notamment sur la liste des communes dans les DDRM ; 4) on postule que l’exposition au risque inondation sera binaire (oui ou non), en faisant abstraction de toutes les autres composantes du risque (l’exposition, la vulnérabilité, l’adaptation individuelle, la planification, la résilience des biens et des personnes). Les DDRM ou les PPRi sont aussi des indicateurs de l’existence du risque, alors que les arrêtés en définissent la récurrence.

Il existe 8 combinaisons théoriquement possibles (i.e., les communes uniquement reconnues par des arrêtés CatNat, celles listées uniquement dans les DDRM, celles dotées uniquement d’un PPRi, les communes ayant un arrêté CatNat et présentes dans le DDRM, celles ayant un arrêté CatNat et un PPRi, un DDRM et un PPRi, les trois procédures ; aucune procédure). Un arbre de décision a été réalisé pour visualiser la segmentation progressive entre les communes, et la carte de synthèse se focalise sur les 5 combinaisons principales (avec plus de 1 000 communes).

Si le cumul des procédures atteste sans aucun doute de la prévalence du risque inondation, le fait que d’autres combinaisons existent posent d’autres questions : 1) pourquoi certaines communes sont identifiées dans un DDRM ou couvertes par un PPRi, alors qu’elles n’ont fait l’objet d’aucun arrêté CatNat sur une période de 40 ans ? (Est-ce par effet de bord à côté de communes fortement exposées ?) ; 2) est-on en mesure d’expliquer pourquoi des communes ayant des arrêtés CatNat ne sont pas couvertes par un PPRi, et ne sont pas identifiées dans un DDRM ? (Est-ce lié à un effet d’aubaine lors des reconnaissances CatNat ?) ; 3) existe-il un seuil à partir duquel le pourcentage de communes répertoriées dans un DDRM ou couvertes par un PPRi devient systématiquement corrélé au nombre d’arrêtés CatNat ? ; 4) où se situent les communes non pourvues par les trois procédures (en amont des bassins versants ? là où les enjeux sont très faibles voire inexistantes ?).

3 Résultats

Les résultats sont présentés selon les deux niveaux précédemment définis : une analyse pour chaque procédure, puis les enseignements issus de la carte de synthèse.

3.1 Analyse de la Distribution Spatio-temporelle des Arrêtés CatNat

3.1.1 Cumul des Arrêtés CatNat

De par leur importance, les communes de moins de 1 000 habitants ($n = 25\ 154$) enregistrent le plus d’arrêtés en cumulé, en comparaison aux pôles urbains et aux couronnes périurbaines. Les grandes

agglomérations (>250 000 habitants) présentent toutefois, à l'échelle individuelle, un nombre plus élevé d'arrêtés : elles recensent ($n = 9$) bien plus de dommages et les enjeux humains y sont plus élevés. On passe d'une médiane d'1 arrêté par commune pour les communes de moins de 1000 habitants à plus de 15 pour les grandes agglomérations (Fig. 1). Des exceptions émergent à l'échelle locale. La commune d'Antibes (06) cumule 47 arrêtés (en 40 ans), pour une population de moins de 75 000 habitants. De son côté, Falicon (06) cumule 30 arrêtés CatNat pour moins de 2 000 habitants. A l'inverse, la commune de Grenoble (38) a "seulement" un nombre d'arrêtés qui est très faible ($n = 2$) par rapport au nombre d'habitants (158 180), comme Nantes qui, avec 310 000 habitants, a connu 8 arrêtés en 40 ans.

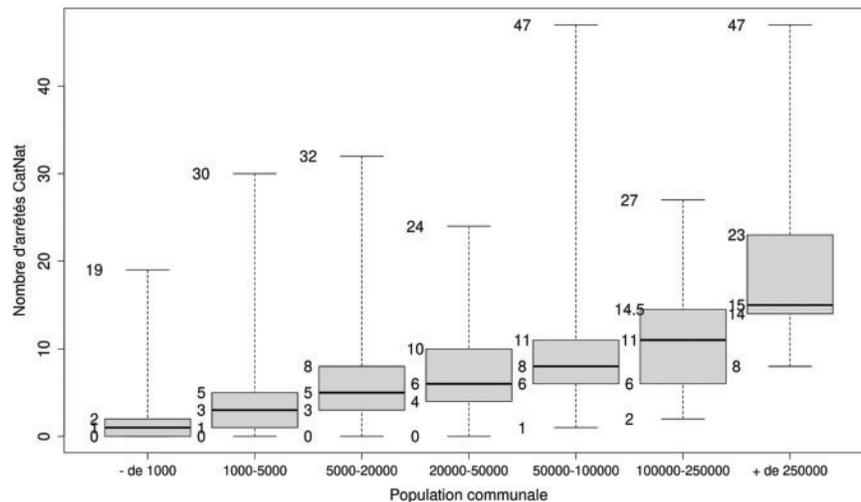


Figure 1: Distribution du nombre d'arrêtés CatNat par commune sur la période 1984–2023 selon la classe de population communale

Si le nombre d'arrêtés croît de manière linéaire jusqu'aux communes de 250 000 habitants, une rupture apparaît pour les plus grandes agglomérations. Ce seuil est imputable au plus faible nombre de communes dans cette classe, mais il traduit aussi la plus forte prévalence des arrêtés en contexte urbain dense [13]. D'autres enseignements apparaissent aussi par rapport aux travaux précédents. 26 240 communes (76%) ont été reconnues au moins une fois sur une période de 40 ans. Ce chiffre reste en hausse car il était estimé à 62% en 2012 [12]. Le tri par date montre que, sur les 14 610 jours de la période concernée, 3 026 jours sont couverts par au moins un arrêté (autrement dit, un arrêté est reconnu tous les 5 jours). Le nombre de sinistres "courants et fréquents" occupe toujours une place prédominante : la médiane est de 5 communes par arrêté et 753 dates ne concernent qu'une seule commune (25% de l'échantillon). 5 632 communes (22%) sont concernées par plus de 4 arrêtés en 40 ans, ce qui met en débat la notion même de période de retour utilisée pour la prise de décision, car elle est censée représenter une période de retour décennale [10,11].

3.1.2 Analyse de la Saisonnalité des Arrêtés CatNat

"La répartition des arrêtés CatNat reflète assez fidèlement la saisonnalité et les types zonaux des inondations à l'échelle de la France métropolitaine", concluaient Douvinet et Vinet en 2012 [12]. 10 ans plus tard, la mise à jour que nous avons réalisée amène à la même conclusion (Fig. 2). La carte des épisodes hivernaux confirme la récurrence de crues lentes de cours d'eau de petite taille (Isle, Rance, Orne) et de moyenne taille (Sarthe, Oise, Meuse, Marne, Saône). La distribution spatiale conforte la prédominance des crues déclenchées par des pluies régulières et continues, dans le secteur nord-ouest [28], dans une zone s'étalant de la Bretagne au Bassin parisien, et de l'est, des Vosges au Rhin [29]. Les

inondations de début novembre 2023 dans le Pas-de-Calais (survenues à nouveau en janvier 2024) ou en mai 2024 le long de l'Armançon ou la Meurthe sont d'ailleurs remarquables sur le plan temporel (ayant duré plusieurs semaines), mais elles ont été observées dans des secteurs géographiques déjà bien identifiés comme exposés aux inondations. Certes, les cumuls de pluies ont été exceptionnels (447 mm en 2 mois pour le Pas-de-Calais), et les hauteurs d'eau ont dépassé à certains endroits les niveaux de référence des cartes d'aléa du PPRi.

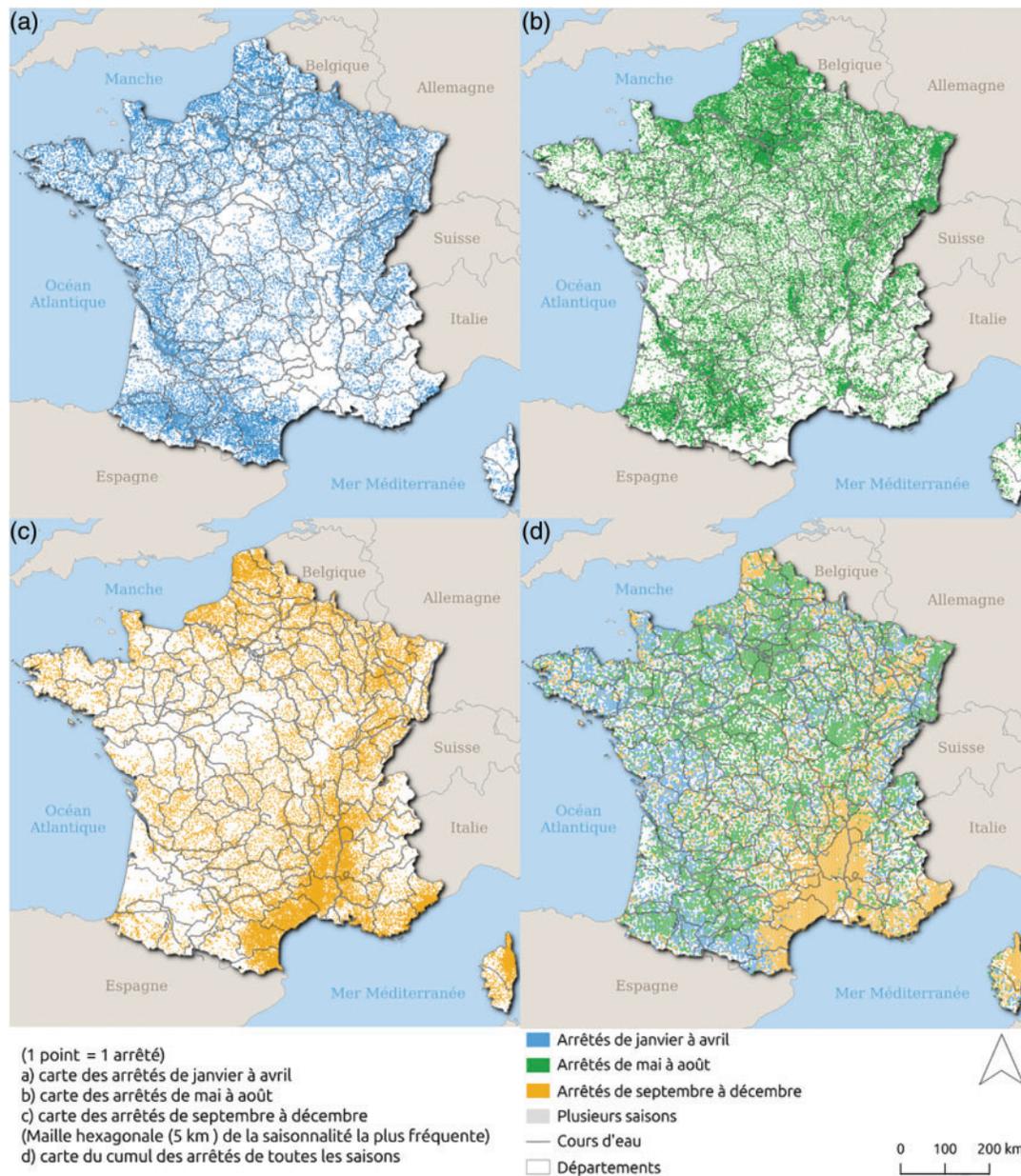


Figure 2: Saisonnalité des reconnaissances CatNat inondation par commune (1984–2023)

Les reconnaissances apparaissent plus dispersées au printemps et en été (points verts), même si certains secteurs apparaissent plus prédisposés (le bassin aquitain, le bassin parisien, l'Alsace, l'ouest

des Alpes). Les sinistres touchent peu de communes à chaque événement : ils sont liés à des épisodes pluvieux de forte intensité, à caractère ponctuel et aléatoire [30]. Quant à la distribution des arrêtés durant la période automnale, elle met en évidence les crues torrentielles, phénomène récurrent dans le pourtour méditerranéen [31]. En retirant les arrêtés de décembre de cette carte, on constate une représentation plus limitée dans le nord-ouest, ce qui suggère que le mois de décembre marque bien une transition entre les pluies d'automne méditerranéennes et les crues hivernales fréquentes dans cette région de la France.

De nouveaux résultats apparaissent par rapport à l'étude publiée en 2012. La sensibilité de la Garonne et de ses affluents aux épisodes hivernaux est une nouveauté qui n'apparaissait pas dans l'étude publiée en 2012, avec des données allant de 1983 à 2008 [12]. Ce constat s'explique par la survenue d'inondations associées à la tempête Klaus (du 23 au 25 janvier 2009) et celles de février 2021 [32]. Elles font écho à des épisodes survenus dans un passé plus lointain (crue de mars 1930 et de février 1952 par exemple). En cumulant les arrêtés sur les trois saisons, une grande partie de la France hexagonale (76%) est couverte, à l'exception du nord des massifs alpins, des Landes et du centre Loire. La cartographie finale (Fig. 2d) confirme la coexistence spatiale du risque (il existe quasiment partout) mais une déconnexion temporelle (il se manifeste différemment dans le temps).

3.1.3 Une Rupture Temporelle Significative pour l'Année 2003

L'analyse de la distribution annuelle des arrêtés montre un changement de tendance à partir des années 2000. Le nombre d'arrêtés CatNat inondation diminue à partir de 2001 pour la période estivale, et à partir de 2003 pour les saisons hivernales et automnales (Tableau 2). Ce constat peut s'expliquer par la plus forte pluviosité des années 1990–2000 [33], mais il est surtout lié à la mise en application de la modulation de franchises, instaurée par l'arrêté du 5 septembre 2000 (avec une entrée en vigueur à partir du 1er janvier 2001) puis modifiée par les arrêtés du 4 août et du 10 septembre 2003. En 2001, la modulation de franchises prenait en compte l'ensemble des arrêtés CatNat (depuis 1982), mais en 2003, elle considérait seulement les arrêtés survenus dans les cinq dernières années. On mesure ainsi les conséquences de cette modulation, qui a entraîné une diminution des déclarations CatNat. Elle a récemment été supprimée en 2021 par la loi n°2021-1837 (entrée en vigueur au 1er janvier 2023), mais appliquée à nouveau en 2024. En tous cas, l'origine de cette rupture serait à chercher bien plus du côté politique que climatique.

Tableau 2 : Années de rupture détectées dans la série temporelle via le test de Pettitt

Saison	Année de rupture
Hiver	2003
Printemps/été	2001
Automne	2003
Toute l'année	2003

3.2 Analyse de la Distribution Spatiale des DDRM

La cartographie des communes répertoriées dans les DDRM (présentes dans la base GASPARE, dans la base constituée à partir des données des préfectures ou dans les deux) montre la plus-value apportée par la combinaison des données (Fig. 3). Si 13 146 communes sont présentes dans les deux bases, 2 766 communes sont uniquement présentes dans GASPARE, alors que 6 056 communes ont été

ajoutées grâce aux DDRM consultés sur les sites des préfectures. Les deux bases cumulées aboutissent surtout à un total de 21 968 communes (sur 34 841, soit 63%).

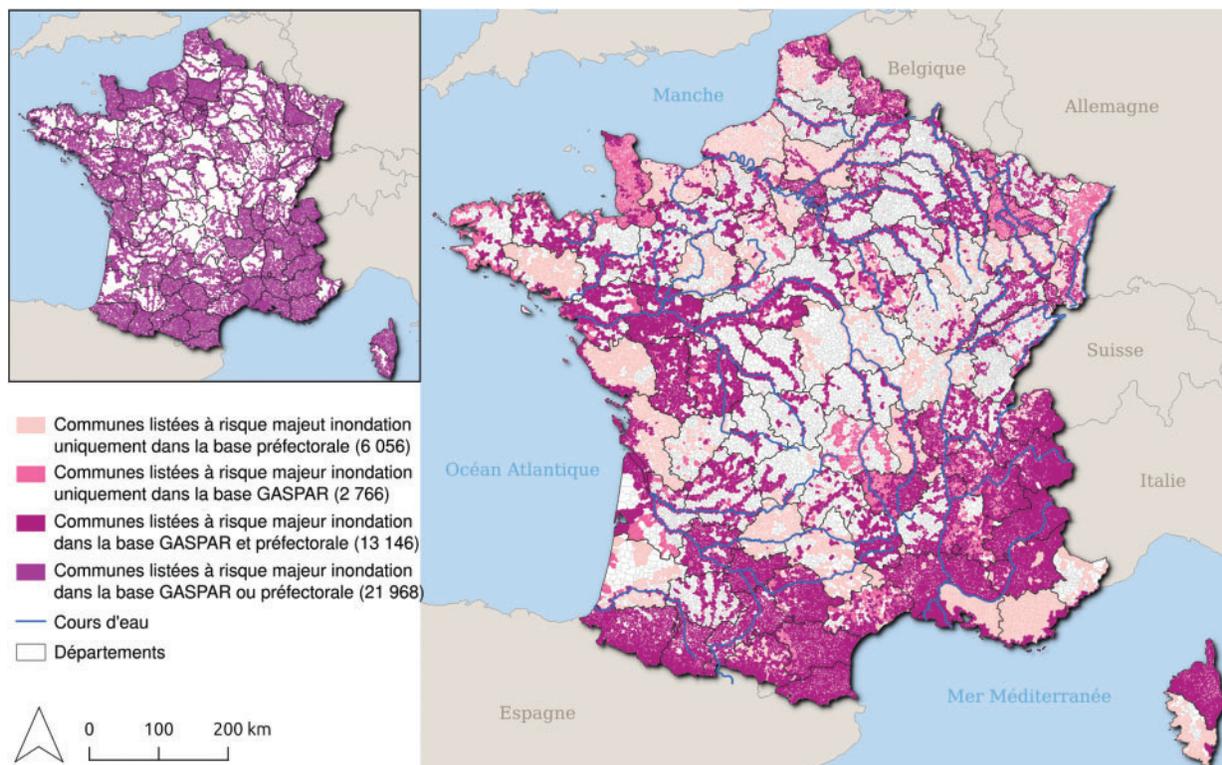


Figure 3: Cartographie combinant les communes listées dans les DDRM

La carte fait émerger de fortes disparités entre les départements. Plusieurs départements sont totalement couverts par la base GASPAR (Manche, Calvados, Gard, Hautes-Alpes, Haute-Corse, Pyrénées-Orientales) ; d'autres le sont aussi grâce à la base préfectorale (Bouches-du-Rhône, Var, Deux-Sèvres par exemple). En revanche, plusieurs départements sont peu couverts par les DDRM (les Alpes Maritimes, le Pas de Calais, la Somme, la Corse du Sud), alors qu'ils ont été marqués par des épisodes remarquables ces dernières années. Plusieurs raisons peuvent expliquer les écarts observés : 1) l'obsolescence de certains DDRM (22 DDRM récupérés sur les sites des préfectures sont antérieurs à l'année 2018) ; 2) l'absence de mises à jour de la base GASPAR ; 3) un problème de remontée d'informations vers les gestionnaires de la base GASPAR. Le risque déclaré dépend aussi de l'information et du message que les autorités préfectorales souhaitent passer. "Chaque préfecture établit des priorités, dont l'information préventive ne fait pas toujours partie" [16].

3.3 Analyse de la Distribution Spatio-Temporelle des PPRi

3.3.1 Des PPRi Couvrant en Priorité les Grands Linéaires de Cours d'Eau

La couverture des PPRi (Fig. 4) met davantage en avant les communes situées le long des fleuves et des grands linéaires de cours d'eau, qui sont plus exposés aux débordements de cours d'eau en plaine et là où se concentrent un plus grand nombre d'enjeux en lien avec les principales agglomérations. Les espaces montagnards (cévenols, alpins, pyrénéens) et la moyenne Garonne sont aussi très largement couverts. Des départements ont de nombreux PPRi approuvés, dans le Tarn-et-Garonne et le Tarn

notamment (83% des départements couverts), mais d'autres cours d'eau importants ne ressortent pas (par exemple Haute-Marne, Mayenne, Alpes-Maritimes). La plupart des PPRi qui ont été recensés ont été approuvés (94%), mais certains PPRi sont toujours à l'état de prescription (6%). Ces derniers sont systématiquement situés à proximité de PPRi approuvés. La carte localise surtout l'existence de contentieux, qui opposent deux intérêts et deux logiques antagonistes, et qui n'est pas un fait nouveau [34,35] : l'État souhaite une protection maximale alors que les communes défendent un objectif de développement local en tentant d'éviter un zonage trop contraignant [9].

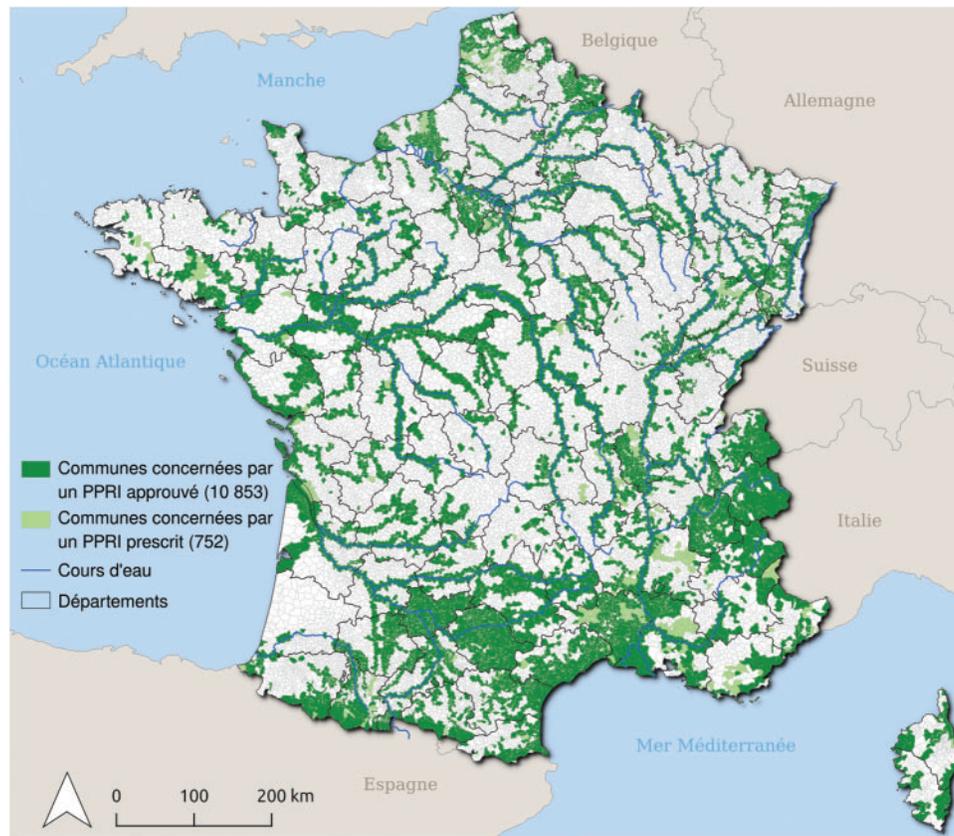


Figure 4: Cartographie des communes couvertes par un plan de prévention du risque inondation (PPRi), à l'état d'approbation ou de prescription

3.3.2 Des PPRi Hors Délais, mais un Délai de Procédure qui Tend à se Stabiliser

Le délai moyen nécessaire à l'approbation d'un PPRi a eu tendance à augmenter au fil des années [12,20]. De 1996 à 2004 (Fig. 5), ce délai n'a cessé de croître, passant de 1 an en 1996, à une moyenne de 3 ans et 5 mois en 2003. Cette augmentation est liée à l'augmentation du nombre de plans étudiés [4]. Le délai est toutefois inférieur au délai réglementaire (4 ans à cette époque). De 2005 à 2011, le délai moyen a continué à s'allonger, atteignant un paroxysme de 6 ans et 8 mois en 2011. Cette augmentation s'explique en partie par l'entrée en vigueur de la loi Bachelot (2003), qui impose au cours de la procédure la tenue d'une enquête publique [36]. Cette augmentation peut aussi s'expliquer par un plus grand nombre de dossiers à étudier : sur cette période, plus de 150 dossiers par an devaient être traités. De 2011 à 2013, le délai a ensuite eu tendance à diminuer. Les PPRi prescrits à partir de

juin 2011 ont été approuvés en moyenne en 3 ans et 3 mois, ce qui est cohérent avec le délai (trois ans, prorogeable 18 mois) imposé par le décret n° 2011-765. Les inondations de février (liées à la tempête Xynthia) et juin 2010 (Draguignan) ont sans doute joué dans cette prise de conscience de la nécessité de réduire la durée des procédures, même si le nombre de PPRi hors délai reste élevé (418 PPRi ont été approuvés hors délai depuis juin 2011). De 2014 à 2016, la durée moyenne est à nouveau repartie à la hausse. Ce constat est imputable à l’approbation d’un nombre important de PPRi ($n = 28$), prescrits dans les années 2000 à 2002 et dont le délai pour la validation a dépassé plus de 10 ans. De 2017 à 2021 inclus, on note une stabilisation du délai moyen d’approbation autour des 4 ans. Le fait que la moyenne soit aussi stable autour des 4 ans suscite de nouvelles questions : est-ce que cela voudrait dire que les dossiers déposés 4 ans auparavant sont étudiés en priorité, ou est-ce un suivi plus strict des dossiers ? Pour finir, entre 2022 et 2023, une nouvelle augmentation s’observe, sans doute suite à la baisse des dossiers prescrits depuis 2016. Le nombre de prescriptions est au plus bas (16 PPRi prescrit en 2022, 28 en 2023) alors que celui des approbations est bien supérieur (127 en 2022 ; 70 en 2023), ce qui conduit inévitablement à moins d’approbation de documents récents.

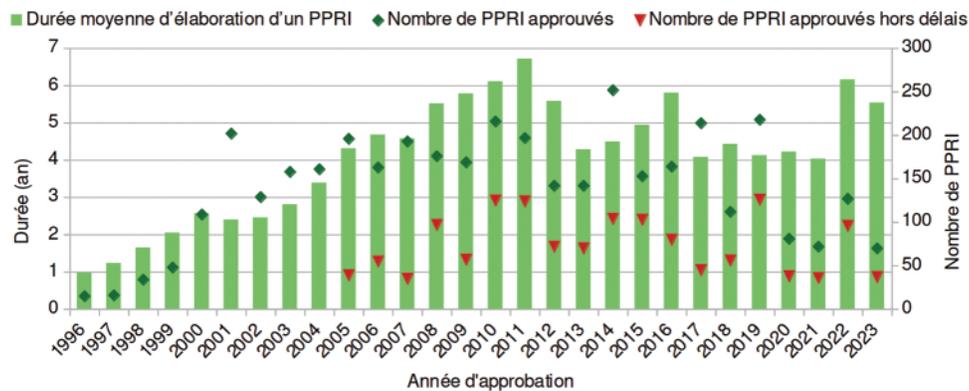


Figure 5: Temps moyen entre la prescription et l’approbation des PPRi par an

La modulation des franchises (2001) et la répétition d’inondations ne semblent pas jouer sur le respect des délais de procédure. Pour autant, le délai moyen a diminué depuis 2011, sans doute à la suite de l’application du décret de la même année. La moyenne peut néanmoins masquer des procédures très longues aux échelles locales : le PPRi du Coulon-Calavon, dans le Vaucluse, n’est toujours pas approuvé après plus de 20 ans de procédure (il a été prescrit en 2002).

3.3.3 Un Pic de Prescriptions entre les Années 2000 et 2002

L’annonce de l’augmentation de la modulation de franchise a eu des effets sur le nombre de PPRi prescrits de 2000 à 2002 (avec plus de 350 nouvelles prescriptions par an), bon nombre de communes ayant voulu échapper à une telle modulation. Pour autant, son adoption en 2001 n’a pas eu l’effet escompté initialement : “l’élaboration des PPRN sur les communes les plus exposées s’est trouvée ralentie par l’explosion du nombre de plans prescrits à réaliser par les services de l’État, submergés par cet effet d’annonce” [10]. Certaines collectivités ont par ailleurs demandé un PPRi pour éviter l’application de la modulation de franchise, alors qu’elles n’ont pas effectué les travaux nécessaires à son approbation.

3.4 Premiers Résultats Issus de la Carte de Synthèse

3.4.1 Distribution des Communes selon la Nature des Procédures Existantes

La distribution des communes selon les 8 combinaisons possibles (Fig. 6) montre que le cumul des 3 procédures est la plus représentée (n = 10 263 communes, soit 30%). Les communes listées dans un DDRM et avec au moins un arrêté CatNat inondation (n = 8 692), arrivent en second (25%), puis les communes ayant uniquement des arrêtés CatNat (n = 7 032, 20%). Le régime des CatNat couvre donc un grand nombre de communes. Pourtant, 3 018 d’entre elles sont concernées par une procédure administrative sans avoir eu le moindre arrêté CatNat depuis 40 ans (9%).

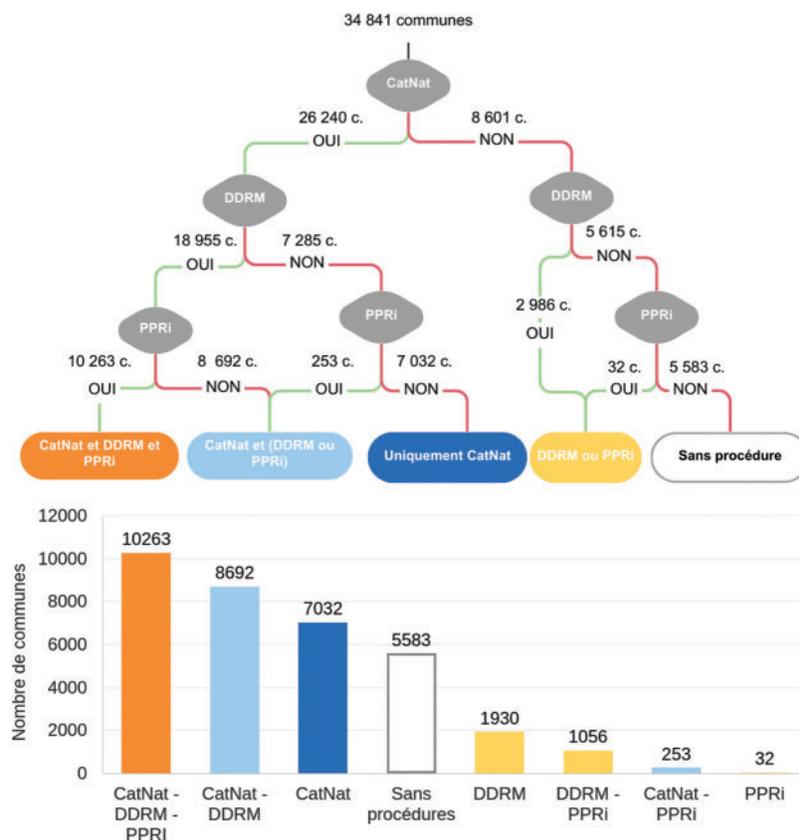


Figure 6: Distribution des communes selon les différentes combinaisons de procédures

Afin de faciliter la lecture de la carte de synthèse sur l’ensemble de la France hexagonale, 5 catégories principales ont été retenues (Fig. 6). Ce choix est motivé par la volonté de mettre en évidence les dynamiques de localisation des procédures DDRM et PPRI par rapport aux arrêtés CatNat, qui contiennent beaucoup plus de communes que celles n’ayant pas le moindre arrêté.

3.4.2 Résultats Cartographiques

La présence cumulée des trois procédures (Fig. 7) met en évidence le linéaire des principaux cours d’eau en France hexagonale. Certains territoires sont connus pour leur forte exposition aux inondations (comme le secteur aval de la Loire, les affluents de la Seine, la Somme, les cours d’eau du Nord et du Nord-Est, le Languedoc, le Tarn et Tarn-et-Garonne, le piémont des Pyrénées et des Alpes,

ainsi que la vallée du Rhône). La carte des trois procédures cumulées est presque la copie conforme de celle des PPRi. La répartition des autres regroupements, contenant peu ou pas de données sur les PPRi, est impactée par celle des DDRM, dont la couverture se rapproche des limites départementales plus que celles des bassins hydrographiques. La répartition spatiale des communes uniquement concernées par un DDRM est influencée par l'échelle administrative, comme on peut l'attester pour l'Oise, la Meurthe-et-Moselle ou la Haute-Loire. Les départements moins couverts et moins visés par les procédures paraissent alors moins exposés aux inondations. Dans le Cantal, les communes le long des affluents du bassin de la Cère Amont (la Cère, la Jordanne, l'Authre par exemple) bénéficient d'une attention particulière grâce à la mise en place du DDRM, mais le reste du département est totalement exclu, ce qui est surprenant.

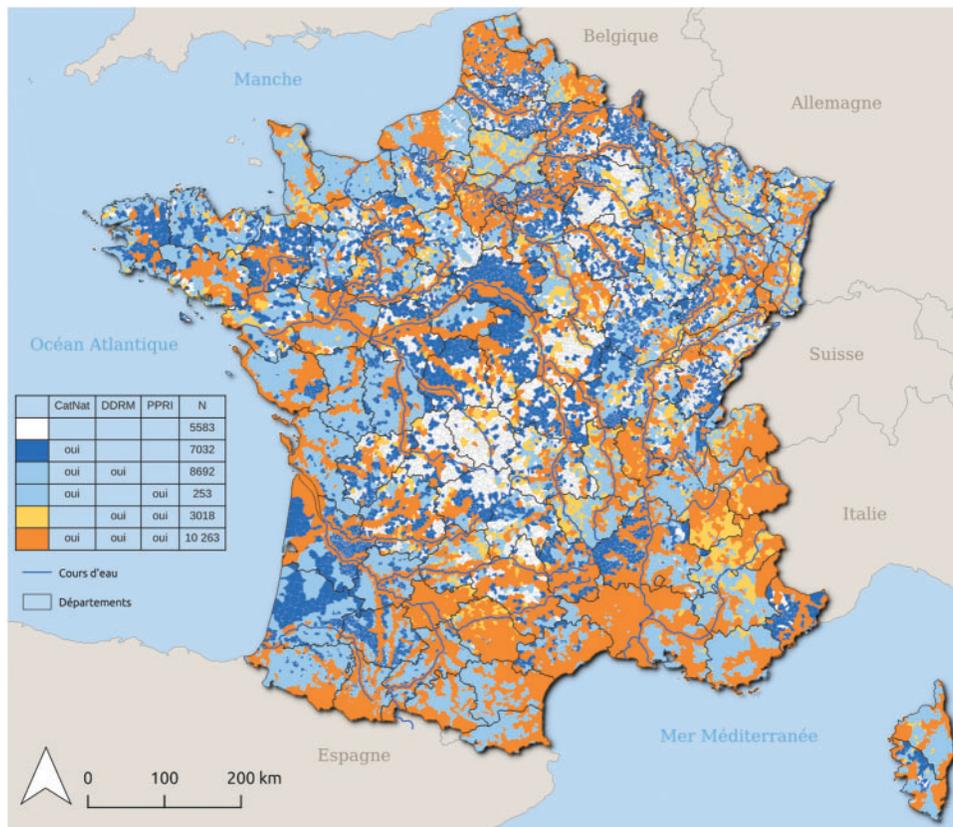


Figure 7: Spatialisation des combinaisons de procédures associées pour chaque commune

Les communes listées dans un DDRM et couvertes par un PPRi permettent de maintenir une cohérence spatiale le long de certains cours d'eau, par exemple pour le Cher qui circule entre les départements de l'Allier et du Cher. Les communes uniquement soumises à un PPRi sont peu nombreuses et se répartissent de façon dispersée sur l'ensemble du territoire. 96% des communes présentes dans cette catégorie ont moins de 2 500 habitants, ce qui révèle un "effet d'aubaine" [13]. Autrement dit, ces communes peu densément peuplées situées à proximité de communes fortement impactées ont plus de chance d'être reconnues en même temps, alors que les sinistres y sont plus faibles. En revanche, les communes dépourvues des trois procédures ne se situent pas en amont des bassins versants : on les retrouve essentiellement dans la "diagonale du vide". Preuve en est : sur les 5 585

communes dépourvues d'une procédure, 4 439 ont moins de 500 habitants, soit 80% de l'échantillon. Le faible nombre d'habitants et/ou la faible concentration d'enjeux dans ces territoires viendraient alors expliquer l'absence de ces trois procédures.

4 Éléments de Discussion

4.1 Plus le Nombre d'Arrêtés est Élevé, Plus les Communes sont Couvertes par un PPRi ou Répertoirees dans les DDRM

L'existence d'un PPRi et l'identification d'une commune dans les DDRM sont étroitement corrélées au nombre d'arrêtés Catnat. Alors que près de 50% des communes ayant eu un seul arrêté CatNat sont couvertes par un DDRM, cette proportion atteint 90% pour les communes cumulant 7 arrêtés voire plus, et même 100% pour celles ayant eu plus de 23 reconnaissances. Il existe donc un lien entre l'information, la récurrence des sinistres induits par les inondations et les plans de prévention. La mise en œuvre des PPRi est directement liée à la fréquence des arrêtés CatNat : 50% des communes ayant été reconnus au moins 4 fois disposent d'un PPRi, et 80% pour les communes en ayant 12 ou plus. Ce lien est aussi confirmé par le contraste entre les 8 945 communes ayant déjà été reconnues en état de catastrophe naturelle et couvertes par un PPRi ou DDRM, et les 3 018 communes couvertes par ces dispositifs sans avoir le moindre arrêté CatNat (Fig. 6). Ces résultats confirment aussi une prévention du risques conditionnée à la récurrence des sinistres (sans pour autant présager de leur coût), et traduisent l'idée qu'il vaut mieux "prévenir que guérir". Il existe cependant des exceptions. L'absence de la commune de Falicon (à côté de Nice) dans la liste des DDRM et l'absence d'un plan PPRi dénotent par exemple par rapport au très grand nombre d'arrêtés CatNat sur cette commune.

4.2 Dissocier les "Communes à Risque" des "Communes les Plus à Risque"

La spatialisation des combinaisons (Fig. 7) amène à poursuivre l'analyse pour différencier les "communes à risque" des "communes les plus à risque" (pour lesquelles une attention particulière devrait être apportée). Après plusieurs tests, plusieurs critères ont été retenus :

- une commune couverte par un PPRi, quel que soit l'état des deux autres procédures, car le PPRi reflète la volonté de protéger les biens et les personnes face au risque. La carte a aussi montré que les PPRi maintenaient la cohérence spatiale du réseau hydrographique.
- une commune listée dans un DDRM et ayant au moins 4 arrêtés CatNat (avoir plus de 4 arrêtés sur une période de 40 ans est en lien avec une période de retour décennale des pluies). Il permet d'éviter l'effet de concentration départementale induite par les données DDRM et correspond au seuil des 50% communes concernées par un PPRi.

L'application de ces deux règles conduit à sélectionner 13 893 communes (Fig. 8), localisées le long des fleuves et de leurs principaux affluents mais aussi le long de cours d'eau secondaires dans le secteur Nord/Nord-Est, le pourtour méditerranéen, les Pyrénées et les Alpes. De façon inédite, 99% de ces 13 393 communes se localisent dans les 114 Territoires à Risque important d'Inondation (TRI) hexagonaux, qui concentrent des enjeux humains et économiques considérés comme d'une importance capitale, et pour lesquels l'effort public est devenu une priorité depuis 2012. Les TRI ont été identifiés dans le cadre de l'application de la directive européenne 2007/60/CE du 23 octobre 2007, relative à l'évaluation et la gestion des risques d'inondations. Bien que non pris en compte dans la démarche initiale, ce résultat vient valider la pertinence des critères sélectionnés. Ce résultat n'aurait d'ailleurs pas été obtenu en utilisant une seule procédure : 65% des communes disposant d'un arrêté de prescription pour un PPRi se retrouvent au sein d'un TRI (et donc dans la sélection retenue), et 88% sont répertoriées dans un DDRM.

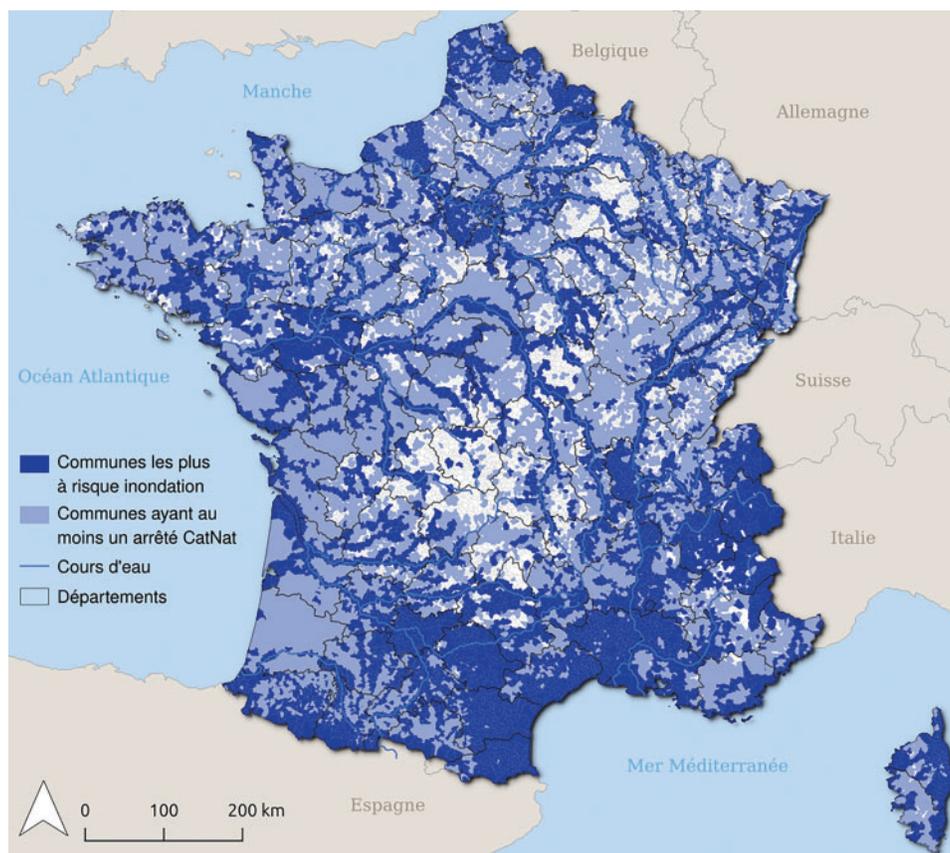


Figure 8: Carte de synthèse du risque inondation réalisée par application de deux seuils

4.3 Perspectives

Cette étude offre une nouvelle lecture du risque inondation en France hexagonale. Même si l'existence de l'une ou l'autre des procédures étudiées a tendance à en maximiser la prévalence, les chiffres obtenus ici n'ont rien à voir avec les estimations évoquées en introduction et pour lesquelles les sources ne sont jamais indiquées [4–8]. Au lieu de 15 000 voire 16 000 communes à risque, on recense ici 29 264 communes, parmi lesquelles 26 240 (75% du territoire) ont au moins eu un arrêté CatNat en 40 ans, et 13 893 qui cumulent plus de 4 arrêtés CatNat et qui sont couvertes par un PPRi. Ces 13 893 “communes les plus à risque” peuvent d'ailleurs être désignées comme étant des “Territoires à Dangerosité Inhérente”, des TDI [37].

L'inondation étant une composante à part entière dans ces territoires, il est alors nécessaire d'anticiper et de gérer leurs conséquences sur les dynamiques socio-environnementales, et non pas se limiter à percevoir l'inondation comme un risque exogène, voire aléatoire dans le temps. Plusieurs zones historiquement reconnues pour leur caractère inondable font d'ailleurs face, aujourd'hui, à une augmentation de leur vulnérabilité, en raison de l'expansion urbaine conjointe à la perte de la mémoire des événements de crue [38]. Les communes restantes sont exposées à un risque inondation plus aléatoire et sans doute plus résiduel. Mais ce n'est pas pour autant qu'il ne faut pas en tenir compte. Par définition, un risque perdure dans le temps [30] et dans l'espace. A la suite de ce travail, il faudrait donc compléter les analyses, notamment pour comprendre pourquoi des communes sinistrées

n'ont ni PPRi ni ne sont identifiées dans les DDRM. Un travail similaire devra aussi être réalisé dans les pays et territoires d'outre-mer (PTOM), car ce risque y est aussi présent.

D'ailleurs, le coût des indemnités liées aux catastrophes naturelles (dont 56,5% sont liées aux inondations sur la période 1982–2023, [30]) ne cesse d'augmenter. Pour y faire face et anticiper les conséquences du dérèglement climatique, le montant des franchises assurantielles va passer de 12% à 20% à partir du 1er janvier 2025 en France. Un amendement a aussi été voté le 4 octobre 2024 pour permettre de réévaluer les coûts annuels liés aux sinistres, et permettre aux assurances de supporter plus facilement les indemnités. Cette nouvelle augmentation pose la question de la soutenabilité du régime assurantiel actuel et de l'équité financière entre l'ensemble des assurés. En parallèle, à l'image des effets de la modulation de 2001, cela pourrait augmenter le nombre de PPRi prescrits dans les prochaines années. A contrario, des communes pourraient même ne plus être assurées pour des raisons économiques, et ne plus bénéficier du régime CatNat...

5 Conclusion

Cette étude a permis de répondre aux deux questions de recherche initiales. D'un côté, les objectifs visés par chacune des procédures ont une incidence très forte sur la distribution spatiale des communes à risque inondation. Si l'analyse spatio-temporelle des arrêtés CatNat reflètent assez fidèlement la saisonnalité des inondations, la grande majorité des événements renvoient toutefois à des sinistres liés à des inondations somme toute assez courantes. Quand une commune possède un nombre élevé d'arrêtés, elle est par ailleurs plus souvent couverte par un PPRi ou répertoriée dans les DDRM. D'un autre côté, cette étude confirme que la modulation de franchises (annoncée en 2000, appliquée en 2001 et modifiée en 2003) a engendré une nette hausse du nombre de PPR prescrits entre 2000 et 2002, alors qu'elle avait pour objectif de réduire les délais d'approbation.

Si l'étude paraissait simple au départ, la complétude des bases de données et leur mise à jour se sont révélées être des éléments importants à vérifier, notamment pour la liste des DDRM. Les écarts entre la base nationale GASPARE et les informations disponibles sur les sites des préfectures invitent à débattre de la continuité de la transmission de l'information préventive entre les acteurs publics. La combinaison des procédures (CatNat, DDRM, PPRi) permet toutefois d'identifier 29 264 communes à risque, parmi lesquelles 26 264 ont été reconnues au moins une fois en état de catastrophe naturelle, et 13 893 communes qui sont à considérer comme "les plus à risque" et qui sont à 99% intégrées dans les Territoires à Risque important d'Inondation (TRI). L'attention doit être portée en priorité sur ces territoires, car les enjeux exposés y sont plus importants, mais sans pour autant négliger les communes restantes.

Remerciements/Acknowledgement: Les deux auteurs tiennent à remercier l'ANRT (Association Nationale pour la Recherche et la Technologie) et la société AlterMap (François Lavessière), qui co-financent la thèse CIFRE menée par A. Chelle. Les auteurs remercient aussi les relecteurs pour la qualité de leurs remarques, qui ont permis d'affiner certaines analyses.

Financements/Funding Statement: Ce travail bénéficie d'un financement de la part de l'ANRT et la société AlterMap.

Contributions des auteurs/Author Contributions: Les auteurs ont contribué à toutes les étapes de rédaction du manuscrit, avec des contributions individuelles dans leurs domaines de recherche respectifs. Les principales contributions sont énumérées ci-dessous : Compilation préliminaire du texte : Auriane Chelle, Johnny Douvinet ; Introduction : Johnny Douvinet, AURIANE Chelle ;

Revue de la littérature : Auriane Chelle, Johnny Douvinet ; Méthodes et données : Auriane Chelle; Johnny Douvinet ; Résultats : Auriane Chelle ; Discussions : Auriane Chelle, Johnny Douvinet. Les deux auteurs ont relu l'ensemble de l'article et valident la version finale du manuscrit.

Disponibilité des données et du matériel/Availability of Data and Materials: Les données sont accessibles gratuitement sur le portail GéoRisques. La base des communes listées dans les DDRM (base préfectorale) sera disponible sur demande auprès de l'auteur correspondant.

Avis éthiques/Ethics Approval: Not applicable.

Conflits d'intérêt/Conflicts of Interest: Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt à signaler concernant la présente étude.

Références

1. Caisse Centrale de la Réassurance (CCR). La prévention des catastrophes naturelles par le fonds de prévention des risques naturels majeurs. France: Caisse Centrale de Réassurance, Direction des Réassurances & Fonds Publics; 2023. p. 59 (In French).
2. Erdlenbruch K, Garcia S. Choix résidentiels : quelles informations concernant les inondations sont prises en compte par les ménages ? INRAE. 2022;(28) (In French).
3. Laganier R, Veyret Y. Avec la participation de Gache M et Noaille J. Atlas des risques et des crises. Paris, France: Éditions Autrement, Collection Atlas; 2023. p. 96 (In French).
4. Ledoux B, Bonnefoy JL. Deux approches du risque d'inondation en France. Mappemonde. 1994;36(4):23–6 (In French).
5. Dubois-Maury J. Les risques naturels en France, entre réglementation spatiale et solidarité de l'indemnisation / Natural hazards in France: between spatial regulation and solidarity in compensation. Ann Géographie. 2002;111(627/628):637–51 (In French).
6. Ballais JL, Garry G, Masson M. Contribution de l'hydrogéomorphologie à l'évaluation du risque d'inondation : le cas du Midi méditerranéen français. Comptes Rendus Géoscience. 2005;337(13):1120–30 (In French).
7. Rode S. Le chêne ou le roseau : quelles stratégies de gestion du risque d'inondation en France ? Cybergeo : Eur J Geogr. 2012;603 (In French).
8. Goutx D. Rôle des individus dans la prévention des risques d'inondation et la gestion de crise. In: 23^{èmes} Journées Scientifiques de l'Environnement - Risques environnementaux : détecter, comprendre, s'adapter, 2012; Créteil, France (In French).
9. Douvinet J, Defossez S, Anselme A, Denolle AS. Les maires face aux plans de prévention du risque inondation (PPRI). L'Espace Géographique. 2011;40(1):31–46 (In French).
10. Cazaux E, Meur-Ferec C, Peinturier C. Le régime d'assurance des catastrophes naturelles à l'épreuve des risques côtiers. Aléas versus aménités, le cas particulier des territoires littoraux. Cybergeo: Eur J Geogr. 2019;898 (In French).
11. Audouy JN, Pitsch S, Renard B, Chaleon C. Statistiques hydrologiques en crue : de la Banque HYDRO à l'HydroPortail. LHB. 2024 (In French).
12. Douvinet J, Vinet F. La carte des arrêtés « CatNat » pour les inondations: analyse spatio-temporelle. Mappemonde. 2012;107 (In French). Available from: <https://mappemonde-archive.mgm.fr/num35/articles/art12301.html>. [Accessed 2024].
13. Douvinet J, Vinet F. La carte des arrêtés « CatNat » pour les inondations: limites et améliorations possibles. Mappemonde. 2012;107 (In French). Available from: <https://mappemonde-archive.mgm.fr/num35/articles/art12302.html>. [Accessed 2024].

14. Douvinet J, Pallares R, Genre-Grandpierre C, Gralepois M, Rode S, Servain-Courant S. L'information sur les risques majeurs à l'échelle communale. *Cybergeo: Eur J Geogr.* 2013;658 (In French).
15. Richemond N. Des risques gérés, entre héritages et nouveaux défis. In: Beucher S, Smits F, editors. *La France.* France: Atlas géographique et géopolitique; 2022. p. 104–5 (In French).
16. Becerra S, Peltier A. L'information préventive pour réduire la vulnérabilité aux risques d'inondation, élaboration et efficacité d'une réponse sociale. In: La Branche S, editor. *Le changement climatique Du méta-risque à la méta-gouvernance.* Paris, France: Lavoisier; 2011. p. 35–53 (In French).
17. Beck E. L'efficacité des politiques de préventions des risques : le cas de l'information préventive. In: Cafarelli F, editor. *La résilience des territoires exposés aux risques naturels - Le droit à l'épreuve des risques.* France: Mare & Martin; 2023. p. 87–102 (In French).
18. Rode S, Ribas-Palom A, Saurí D, Olcina Cantos J. Adapter les territoires au risque d'inondation en France et en Espagne : vers de nouvelles pratiques d'aménagement des zones inondables ? *Annales de géographie.* 2022;743(1):44–71 (In French). doi:10.3917/ag.743.0044.
19. Fujiki K, Finance O. Exposition et vulnérabilité sociale des villes françaises au risque inondation : une analyse spatiotemporelle à fine échelle (1999–2017). *Cybergeo: Eur J Geogr.* 2022;1020 (In French).
20. Hubert G, Vanssay B. Le risque d'inondation et la cartographie réglementaire. In: *Analyse de l'efficacité, des impacts et de l'appropriation locale de la politique de prévention.* France: Laboratoire MRTE. Cergy Pontoise; 2005 (In French).
21. Caisse Centrale de Réassurances (CCR). Efficacité des Plans de Prévention des Risques Inondation sur le coût des dommages assurés : estimation des impacts passés, présents et futurs. France: Caisse Centrale de Réassurance, Direction des Réassurances & Fonds Publics; 2023. p. 36 (In French).
22. Mercier D, Chadenas C. La tempête Xynthia et la cartographie des « zones noires » sur le littoral français : analyse critique à partir de l'exemple de La Faute-sur-Mer (Vendée). *Norois Environ, aménag, société.* 2012;222:45–60 (In French).
23. Martin B, Ansel R, Guerrouah O, With L. Territorialisation ou déterritorialisation du risque ? Analyse comparative et critique de la procédure de réalisation des PPRNP. *Riseo Risques Études Obs.* 2010;(1):29 (In French).
24. CERPI. Gestion d'une crise inondation – Suivez le guide ! (In French). Available from: <https://cepri.net/wp-content/uploads/2022/09/guide-gestion-crise-inondation.pdf>. [Accessed 2020].
25. Douvinet J. 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 Environ Aménage Société.* 2006;4(201):17–30 (In French).
26. Bahoken F, Lambert N. Le cartogramme par points. *Cybergeo: Eur J Geogr.* 2024;1059 (In French). doi:10.4000/cybergeo.40820.
27. Pettitt AN. A non-parametric approach to the change-point problem. *J R Stat Soc Ser C Appl Stat.* 1979;28(2):126–35 (In French).
28. Lamarre D. *Climat et Risques : changements d'approches.* Paris, France: Lavoisier; 2009. p. 170 (In French).
29. Lang M, Le Coz J, Renard B, Darienzo M. Design flood assessment on the upper Rhine using historical data and accounting for discharge uncertainty. In: *FLOODrisk 2020—4th European Conference on Flood Risk Management, 2021; Hungary* (In French).
30. Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires (MTECT), DatatLab, Chiffres-clés des risques naturels - Édition 2023. France: Service des Données et Études Statistiques (SDES); 2024. p. 186 (In French).
31. Vinet F, Cherel JP, Weiss K, Lewandowski M, Boissier L. La mortalité liée aux inondations en région méditerranéenne française (1980–2020). *LHB.* 2022;108(1):2097022 (In French). doi:10.1080/27678490.2022.2097022.

32. Arthur M, Escudier A, Audouy JN, Routhe L, Combedouzon B, Lacaze Y, et al. La crue majeure de fevrier 2021 sur la garonne aval : quels enseignements pour améliorer la prevision des crues et des inondations ? LHB. 2024;110(1):2366211 (In French). doi:10.1080/27678490.2024.2366211.
33. Delahaye D, Apport de l'analyse spatiale en Géomorphologie. Modélisation et approche multiscalair des risques. Rouen: Université de Rouen; 2002. p. 471 (Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches) (In French).
34. De Bernardinis C. Les litiges entre personnes publiques en matière d'urbanisme : l'exemple du contentieux existant autour des plans de prévention des risques d'inondation (PPRi). Civitas Europa. 2019;42(1):129–48 (In French). doi:10.3917/civit.042.0129.
35. Grésillon JM. L'incertitude est-elle un argument pour oublier le risque ? Construction de la connaissance sur les crues et les inondations et les moyens de s'en protéger : l'exemple de la Loire. Sci Eaux Territ. 2017;23(2):4–7 (In French). doi:10.3917/set.023.0004.
36. Michelot S, Chauveau E. Les politiques publiques face à la perception du risque inondation sur le cours moyen du Blavet (Morbihan). Cahiers Nantais. 2021;2011(1) (In French).
37. Tiberghien B. La gouvernance des territoires à dangerosité inhérente : stratégies d'adaptation et perspectives d'évolution. Géographie, économie, société. 2009;11(2):137–60 (In French). doi:10.3166/ges.11.137-160.
38. Ritschard L, Oiry A, Roux N. Pour une valorisation des savoirs d'usage face aux risques côtiers dans un contexte de changement climatique. Application au territoire du Parc Naturel Régional d'Armorique (Finistère, France). Norois. 2020;25:55–69 (In French).