Construction d'échelles de gravité d'inondation sur les petits cours d'eau non jaugés à partir de la méthode Cartino. Application aux bassins de la Nive et de la Bidouze. Convention DGPR-Ifsttar 2017 n°2201078721 du 26 Juin 2017 - Action 13

Olivier Payrastre, François Bourgin, Nabil Hocini, Laurent Lebouc

▶ **To cite this version:**

Olivier Payrastre, François Bourgin, Nabil Hocini, Laurent Lebouc. Construction d'échelles de gravité d'inondation sur les petits cours d'eau non jaugés à partir de la méthode Cartino. Application aux bassins de la Nive et de la Bidouze. Convention DGPR-Ifsttar 2017 n°2201078721 du 26 Juin 2017 - Action 13. [Rapport de recherche] IFSTTAR - Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux. 2018, 21p. hal-02110517

HAL Id: hal-02110517
https://hal.science/hal-02110517

Submitted on 25 Apr 2019

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.

IFSTTAR

INSTITUT FRANÇAIS
DES SCIENCES
ET TECHNOLOGIES
DES TRANSPORTS,
DE L'AMÉNAGEMENT
ET DES RÉSEAUX

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère
de l'Environnement,
de l'Énergie
et de la Mer

Convention DGPR-Ifsttar 2017
n°2201078721 du 26 Juin 2017 – Action 13
Construction d'échelles de gravité d'inondation sur les petits cours d'eau non jaugés à partir de la méthode Cartino

Application aux bassins de la Nive et de la Bidouze

Date : 31 août 2018

Auteur(s) : Olivier PAYRASTRE, François BOURGIN, Nabil HOCINI, Laurent LEBOUC.

Nomenclature d'activité : RP3-J17 082
Référence sur Numéro de contrat* :
Confidentialité :

le cas échéant

Rév 01/03/16

Institut français des sciences et technologies des transports de l'aménagement et des réseaux (Ifsttar)
Site de Nantes
Département Géotechnique Environnement, Risques naturels et Sciences de la terre
Pt de Distribution 83
Allé des Ponts et Chaussées, CS 5004
44344 Bouguenais cedex

téléphone : 02.40.84.57.04
adresse électronique : olivier.payrastre@ifsttar.fr

Version

Date	Version	Modification	Auteur ou responsable
29/6/2018	1	Version initiale (provisoire)	O. Payrastre
10/08/2018	2	Ajout d'informations sur la précision du MNT et d'une conclusion, amélioration des figures en annexe 2.	O.Payrastre
13/08/2018	3	Relecture	F.Bourgin
29/08/2018	4	Modifications	O. Payrastre
30/08/2018	5	Approbation	E.Gaume

Destinataires :

DGPR Mme REGRAGUI
Ifsttar Mme GUEDON
SCHAPI Mr JANET

RESUME
Cette étude avait pour objectif d'estimer, par une méthode simple et automatisée, l'évolution des impacts des inondations en fonction de la période de retour des débits observés, sur les petits cours d'eau des bassins de la Nive et de la Bidouze dans les Pyrénées Atlantiques (cours d'eau correspondant au réseau de la BNBV). Le travail a consisté à produire des catalogues de cartes d'inondation pour 8 périodes de retour, à partir de la méthode Cartino, en suivant la procédure proposée dans la thèse de Guillaume Le Bihan (2016). L'évolution des enjeux touchés par tronçon de cours d'eau a ensuite été estimée en identifiant les bâtiments présents dans le catalogue d'emprises.

MOTS CLEFS
Crue éclair, bassins non jaugés, prévision, inondation, impacts

SOMMAIRE

1 Introduction 4

2 Méthodologie 4

2.1 Données d'entrée 4
2.1.1 Réseaux hydrographiques 4
2.1.2 MNTs 5
2.1.3 Débits 6
2.1.4 Enjeux exposés 6
2.2 Application de la méthode Cartino pour la production de catalogues de cartes d'inondation mono-fréquence 6
2.2.1 Principe de la méthode Cartino et spécificités de la version R utilisée ici 6
2.2.2 Traitements complémentaires pour obtenir le catalogue d'emprises 7
2.3 Croisement avec des données d'enjeux 8

3 Résultats obtenus 8

3.1 Bassin de la Nive 8
3.1.1 Emprises 8
3.1.2 Enjeux estimés 10
3.2 Bassin de la Bidouze 12
3.2.1 Emprises 12
3.2.2 Enjeux estimés 12

4 Conclusions 13

5 Bibliographie 14

6 Annexe 1 : présentation des catalogues d'emprises 15

6.1 Bassin de la Nive 15
6.2 Bassin de la Bidouze 16

7 Annexe 2 : présentation des impacts estimés 18

7.1 Bassin de la Nive 18
7.2 Bassin de la Bidouze 20

FICHE DE SATISFACTION

1 Introduction

La relation entre l'intensité des crues et l'évolution des impacts associés est une information essentielle pour une organisation optimale de la gestion de crise inondation. Cette information est notamment cruciale pour les services de l'état assurant la mission de référent départemental inondations. Cette information reste malheureusement difficile d'accès à l'heure actuelle sur les petits cours d'eau non jaugés soumis aux crues soudaines, notamment ceux surveillés par le service Vigicrues Flash du SCHAPI.

Cette étude a été lancée de façon à évaluer si une méthode simple et automatisée, basée sur le traitement des Modèles Numériques de Terrain (MNT) disponibles, est susceptible d'apporter une première réponse à ce besoin. L'étude a porté sur les bassins de la Nive et de la Bidouze dans les Pyrénées Atlantiques (respectivement sur 234 km et 141 km de petits cours d'eau). L'objectif fixé était d'essayer de caractériser l'évolution des impacts des inondations, en fonction de la période de retour des débits observée sur chaque tronçon de cours d'eau.

La méthode appliquée a consisté à produire des catalogues de cartes d'inondation pour 8 périodes de retour, à partir de la méthode Cartino, en suivant la procédure proposée dans la thèse de Guillaume Le Bihan (2016). Le catalogue d'emprises obtenu a ensuite été utilisé pour estimer les enjeux touchés par tronçon de cours d'eau, à partir des données de bâtiments de la BD topo de l'IGN.

Ces premiers résultats illustrent à la fois l'intérêt de l'approche pour une détection des principaux secteurs à enjeux, mais également ses limites liées principalement à la qualité variable des MNT utilisés en entrée, et à la difficulté à prendre en compte des secteurs au fonctionnement hydrologique/hydraulique très spécifique.

Le rapport est organisé de la façon suivante : une première partie détaille les données utilisées et la méthodologie appliquée, la seconde partie présente les résultats obtenus et les principales difficultés rencontrées pour les deux cours d'eau traités. L'ensemble des résultats obtenus sont présentés en annexe.

2 Méthodologie

2.1 Données d'entrée

2.1.1 Réseaux hydrographiques

Les réseaux hydrographiques couverts sont ceux représentés dans la Base Nationale de Bassins Versants pour les deux bassins versants traités (cf. Figure 1), avec toutefois certaines limites liées à la disponibilité des MNT.

L'estimation des enjeux présents dans le catalogue d'emprises a été réalisée à l'échelle de chaque tronçon de la BNBV.

2.1.2 MNTs

Les MNTs utilisés sont ceux disponibles dans le RGE Alti de l'IGN, à la résolution de 5m et 1m.

Les données à 5 m permettent de couvrir la quasi-totalité du linéaire de cours d'eau sur la Nive. En revanche, elles ne sont pas disponibles sur la partie amont de la Bidouze, qui a dû être écartée du calcul : comme le montre la Figure 1.b, dans ce secteur les dalles du RGE Alti sont partiellement remplies voire vides. Finalement, le linéaire de cours d'eau couvert par le catalogue d'emprises est de 234 km dans le cas de la Nive, et de 141 km dans le cas de la Bidouze.

Les données à 1 m pour leur part n'ont pu être téléchargées que sur une partie du bassin de la Nive, en raison d'un dysfonctionnement du compte IGN de l'Ifsttar. Ce problème a pu être résolu en juillet 2018, mais il n'a pas été jugé utile de relancer des calculs complémentaires au regard des premiers résultats obtenus sur la Nive, qui se sont avérés très proches entre les deux résolutions de 5m et 1m (cf paragraphe 3.1.1). Avec ce MNT à 1m, quelques tronçons amont ont par ailleurs été écartés pour gagner en temps de calcul, et le linéaire de cours d'eau couvert est finalement de 147 km sur la Nive (0 km sur la Bidouze).

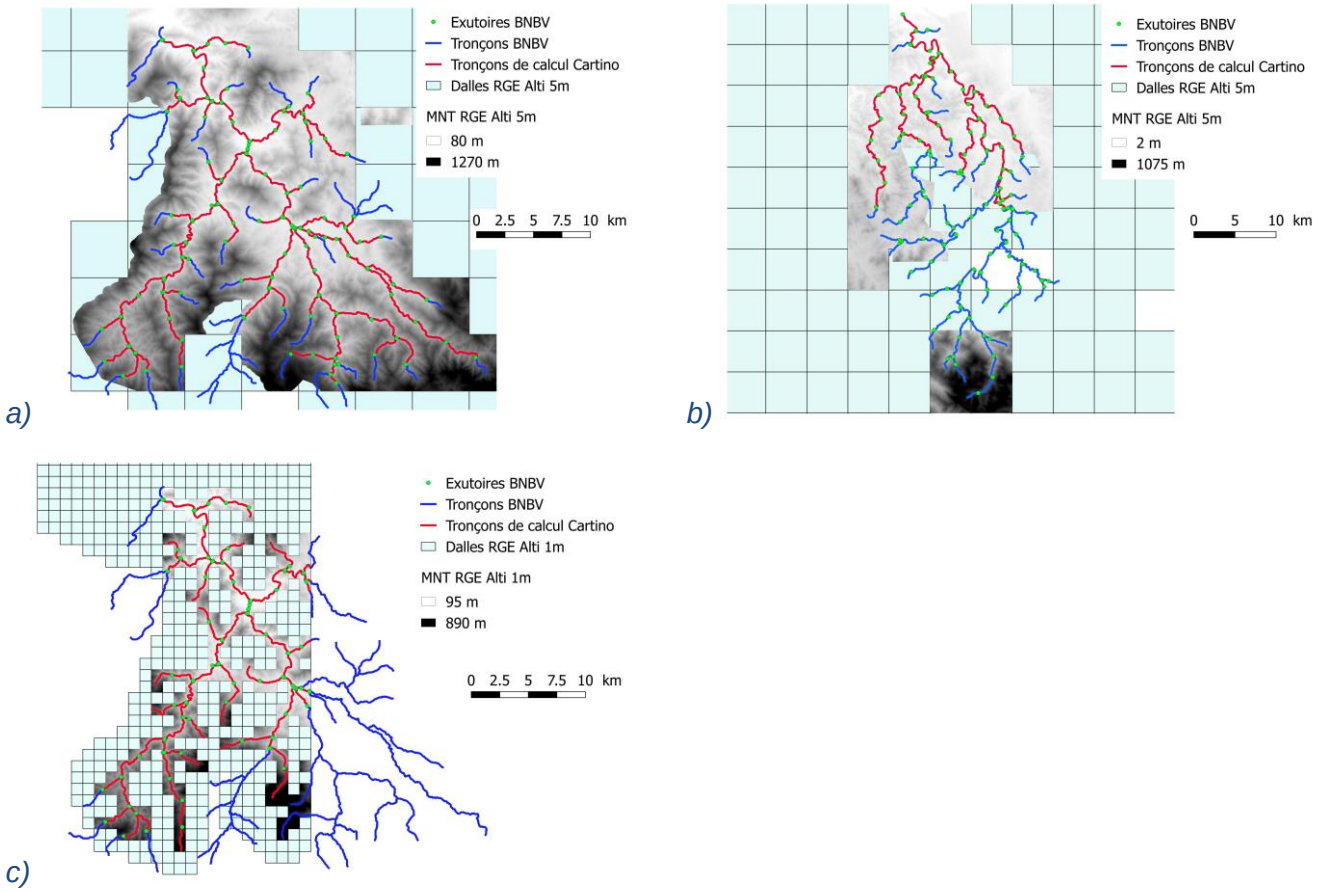


Figure 1. Cartes des MNT disponibles dans le RGE Alti et des réseaux hydrographiques couverts par le calcul, a) Nive, MNT de résolution 5m ; b) Bidouze, MNT de résolution 5m ; c) Nive, MNT de résolution 1m.

La Figure 2 représente les données source dont sont issus les MNTs du RGE Alti sur les deux bassins. Trois sources principales de données sont présentes:

- Données LiDAR Topo d'origine IGN, dont l'exactitude altimétrique est de 20 cm en EMQ (écart moyen quadratique).
- Données de Corrélation d'origine IGN, dont l'exactitude altimétrique annoncée est de 70 cm en EMQ.
- Données Radar, dont l'exactitude altimétrique annoncée est de 7 m en EMQ.

La situation des deux bassins s'avère finalement assez différente du point de vue de la qualité des données MNT: la Nive est majoritairement couverte avec des données Radar, tandis que la Bidouze est représentée par des données de corrélation. Dans les deux cas, seul l'extrême aval des bassins est couvert en données LiDAR.

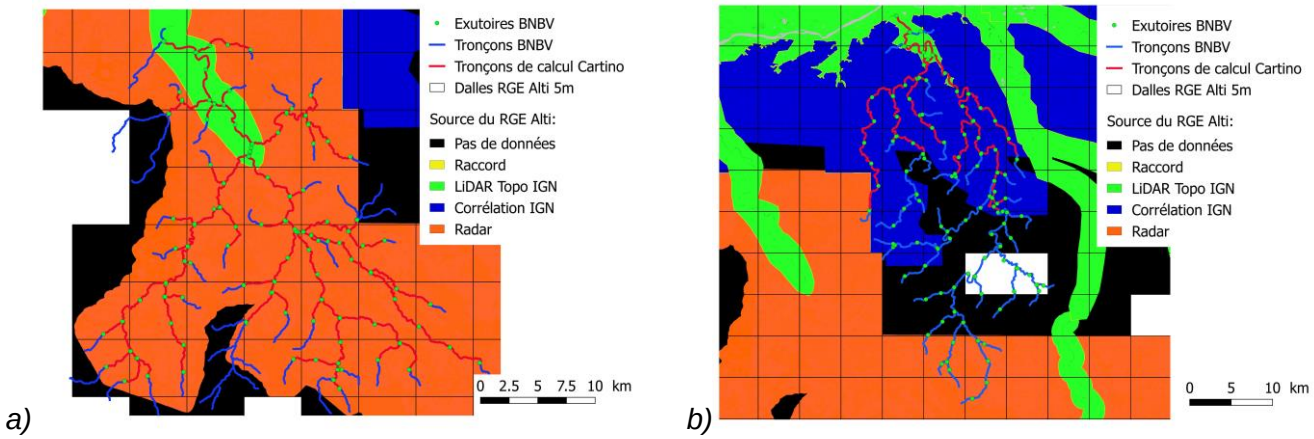


Figure 2. Cartes représentant les données source dont sont issus les MNT du RGE Alti: a) Nive, b) Bidouze.

2.1.3 Débits

Les débits injectés dans les simulations Cartino sont issus de la Base Nationale SHYREG-débit au pixel. Ces données ont été fournies par Irstea Aix en Provence.

2.1.4 Enjeux exposés

Les enjeux exposés ont été estimés ici par un décompte des bâtiments de la couche BATI_INDIFFERENCIE de la BD_Topo de l'IGN.

La couche CAMPINGS de la BD_Topo n'a pas été utilisée car les campings y sont représentés sous forme de points et représentent mal l'emprise réelle des terrains de camping. Par ailleurs le nombre de campings identifiés dans la BD_Topo est limité (9 sur la Nive et 3 sur la Bidouze).

2.2 Application de la méthode Cartino pour la production de catalogues de cartes d'inondation mono-fréquence

2.2.1 Principe de la méthode Cartino et spécificités de la version R utilisée

La méthode Cartino (Pons et al., 2014) a été développée par le Cerema au moment de la première application de la Directive Européenne Inondations. Cette méthode permet de

construire et d'appliquer de façon quasi automatique une modélisation hydraulique 1D en régime permanent, l'information topographique utilisée en entrée étant limitée à un MNT à haute résolution. La méthode positionne de façon automatique des profils en travers, extrait la forme des profils à partir du MNT, puis génère les fichiers d'entrée et lance le modèle hydraulique (HEC-RAS utilisé ici). Les profils sont élargis et repositionnés de façon itérative jusqu'à ce qu'ils s'avèrent suffisamment larges pour le débit modélisé. Un post-traitement permet ensuite d'interpoler la ligne d'eau calculée par le modèle hydraulique sur le MNT, de façon à obtenir l'emprise inondée et les hauteurs d'eau associées. Les principales simplifications et limites de la méthode sont : (i) l'absence de prise en compte de la bathymétrie, (ii) l'absence de prise en compte des sections spécifiques et des pertes de charges associées, et (iii) le coefficient de rugosité K unique pour tous les tronçons et identique en lit mineur et lit majeur (fixé ici à 20).

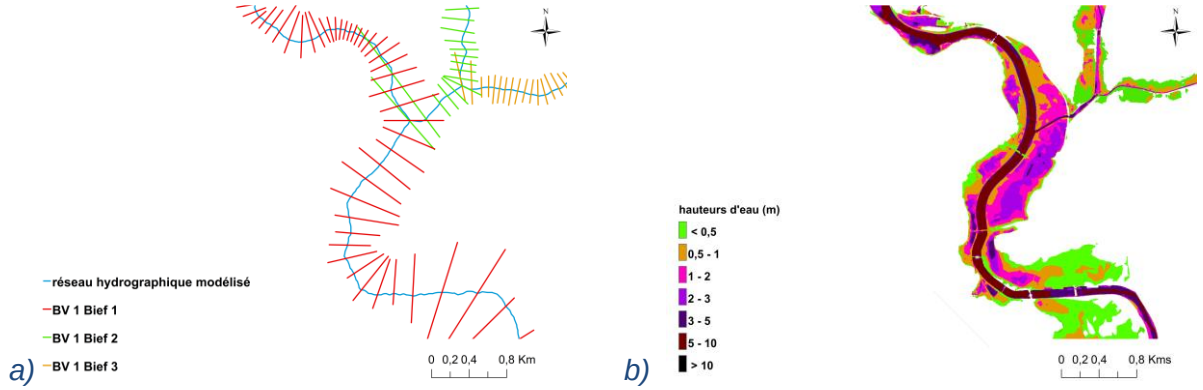


Figure 3. Principe de fonctionnement de la méthode Cartino, d'après Le Bihan (2016) : a) positionnement des profils en travers par bief sur le réseau hydrographique, b) résultat du calcul après post-traitement (hauteurs d'eau)

La méthode Cartino a déjà été utilisée dans le cadre de la thèse de Guillaume Le Bihan (2016, 2017) pour constituer des catalogues d'emprises mono-fréquence (périodes de retour de 2 à 1000 ans), sur deux terrains d'étude situés dans les secteurs d'Alès (Gard) et de Draguignan (Var). Ces premiers résultats se sont avérés encourageants en termes de précision des emprises obtenues.

La même approche a été reprise ici. Toutefois, une nouvelle version de Cartino, entièrement recodée sous R, a été utilisée (la version initiale fonctionnant sous Matlab). Outre le langage différent, cette nouvelle version introduit quelques améliorations dans la procédure d'élargissement des profils, destinées notamment à limiter les temps de calcul. Les résultats obtenus sur la Nive et la Bidouze avec cette nouvelle version ont été comparés avec ceux obtenus avec la version initiale Matlab. Cette comparaison a permis de confirmer que les différences de résultat entre les deux versions s'avèrent très limitées.

Les ordres de grandeur des temps de calcul avec la version R ont été les suivants pour le calcul d'un catalogue d'emprises complet (post-traitement inclus) pour 8 périodes de retour (2, 5, 10, 20, 50, 100, 500, et 1000 ans) :

- environ 20h pour la Nive avec le MNT à 5m (234 km de cours d'eau)
- environ 32h pour la Nive avec le MNT à 1m (147 km de cours d'eau)
- environ 12h pour la Bidouze avec le MNT à 5m (141 km de cours d'eau)

2.2.2 Traitements complémentaires pour obtenir le catalogue d'emprises

Le seul traitement complémentaire appliqué aux sorties de Cartino a consisté à fusionner les emprises de périodes de retour successives. En effet, le positionnement différent des profils entre deux calculs peut amener ponctuellement à réduire légèrement l'emprise inondée estimée entre la période de retour T_i et la période de retour T_{i+1} ($T_{i+1} > T_i$). Cet effet est éliminé par la fusion systématique de l'emprise T_{i+1} avec l'emprise T_i .

Contrairement à ce qui avait été réalisé par G. Le Bihan, les zones en eau isolées et n'intersectant pas le réseau hydrographique vecteur (réseau BNBV) n'ont pas été éliminées ici, car elles s'avéraient souvent localisées sur le cheminement réel du lit pour les calculs de faible période de retour (voir secteur amont sur la Figure 5.a).

2.3 Croisement avec des données d'enjeux

Le croisement a consisté d'une part à découper le catalogue d'emprises par tronçons de la BNBV, puis à sélectionner pour chaque tronçon les bâtiments situés dans les emprises du catalogue. On obtient ainsi une estimation du nombre de bâtiments impactés en fonction de la période de retour, pour chacun des tronçons de la BNBV.

3 Résultats obtenus

3.1 Bassin de la Nive

3.1.1 Emprises

Les emprises obtenues sont présentées en annexe 1. Elles illustrent l'élargissement de la zone en eau avec la période de retour, avec bien évidemment des limites inhérentes à la simplicité de la méthode retenue.

Une analyse visuelle détaillée des emprises révèle un niveau de qualité très hétérogène. Les principaux défauts de la méthode apparaissent notamment pour les faibles périodes de retour:

- discontinuités ponctuelles dans la zone en eau modélisée (Figure 4.a)
- largeur de la zone en eau paraissant trop importante dans certains secteurs dès la période de retour 2 ans.

Ces problèmes s'avèrent en grande partie liés à la moins bonne qualité du MNT dans les secteurs où celui-ci a été produit à partir de données Radar. Dans ces secteurs, le lit mineur n'apparaît généralement pas dans le MNT (Figure 4.b et d), ce qui génère des erreurs importantes sur les résultats, notamment lorsque le fond de vallée (lit majeur) est très large. C'est le cas notamment dans la traversée de St Jean Pied de Port (Figure 4.c et d), ou par exemple dans les secteurs de Louhossoa (Figure 4.a et b) ou d'Alduldes. Dans les trois cas, ceci conduit manifestement à surestimer les impacts pour les faibles périodes de retour (cf. paragraphe 3.1.2).

A l'inverse, plusieurs secteurs sont nettement mieux appréhendés, probablement en raison d'une meilleure qualité du MNT. Quelques illustrations en sont données sur la Figure 5, dans les secteurs de Bidarray et Osses (MNT de source LiDAR), et Saint Etienne de Baigorry (MNT

de source RADAR, mais faisant apparaitre assez nettement le lit mineur). Le secteur de Louhossoa (Figure 4.a et b) se situe pour sa part à la transition entre les données RADAR et LiDAR et illustre bien le saut en qualité associé : emprises très larges et discontinues pour la période de retour 2 ans au nord-est (données RADAR), et qui semblent nettement plus cohérentes au sud-ouest (données LiDAR).

Les calculs réalisés avec le MNT à 1m donnent globalement des résultats proches de ceux obtenus à 5m, et n'apportent pas véritable plus-value dans les secteurs problématiques (le étant MNT de qualité équivalente pour les deux résolutions, cf. Figure 4.c et Figure 4.e).

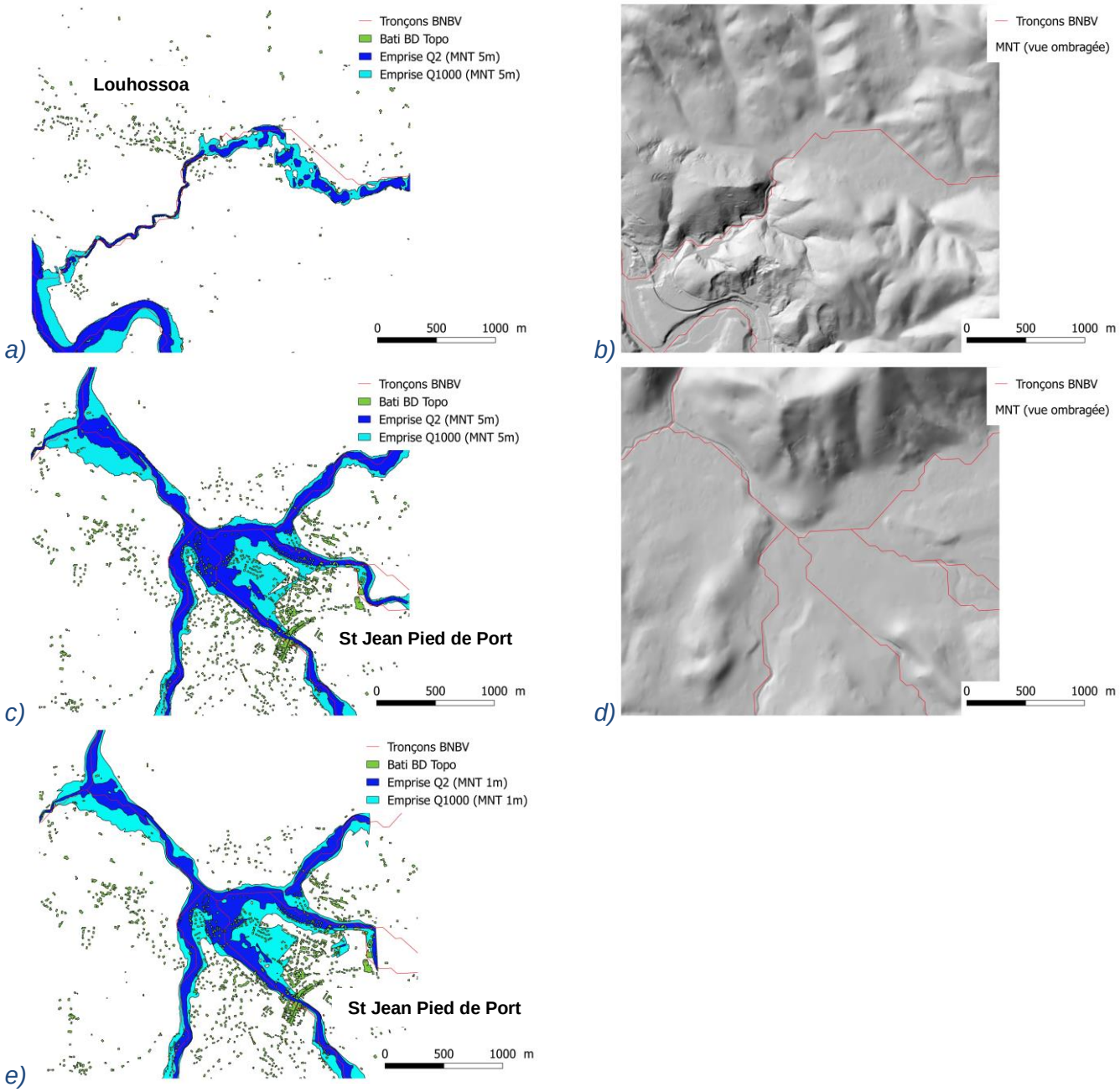


Figure 4. Exemples de zones inondées très larges liées à la faible qualité du MNT. Secteur de Louhossoa : a) emprises 2 ans et 1000 ans modélisées avec le MNT à 5m, b) vue en ombrage du MNT, de qualité plus faible à l'amont. Secteur de St Jean Pied de Port : c) emprises 2 ans et 1000 ans modélisées avec le MNT à 5m, d) vue en ombrage du MNT laissant apparaitre l'absence de trace du lit mineur, e) emprises 2 ans et 1000 ans modélisées avec le MNT à 1m.

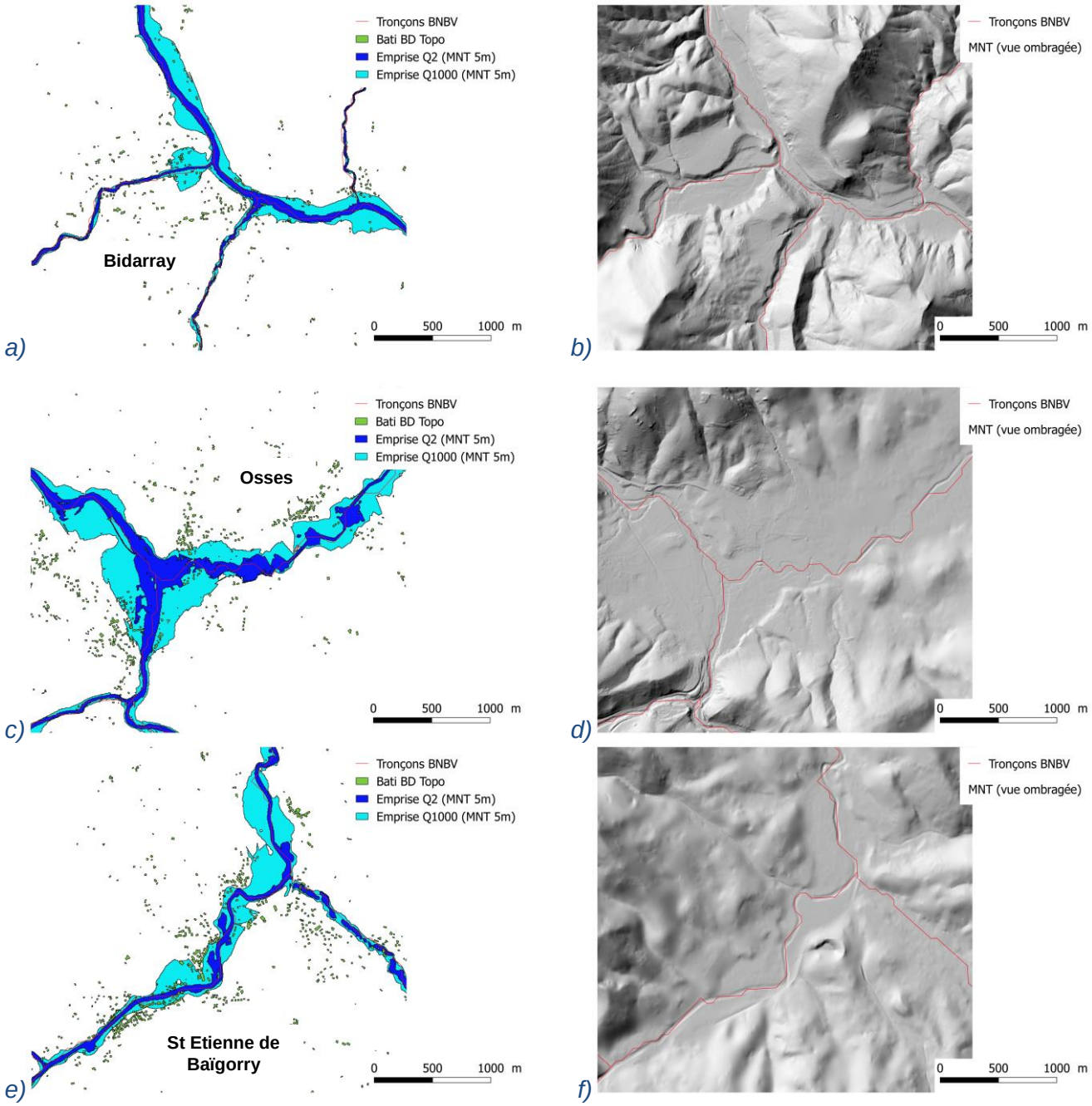


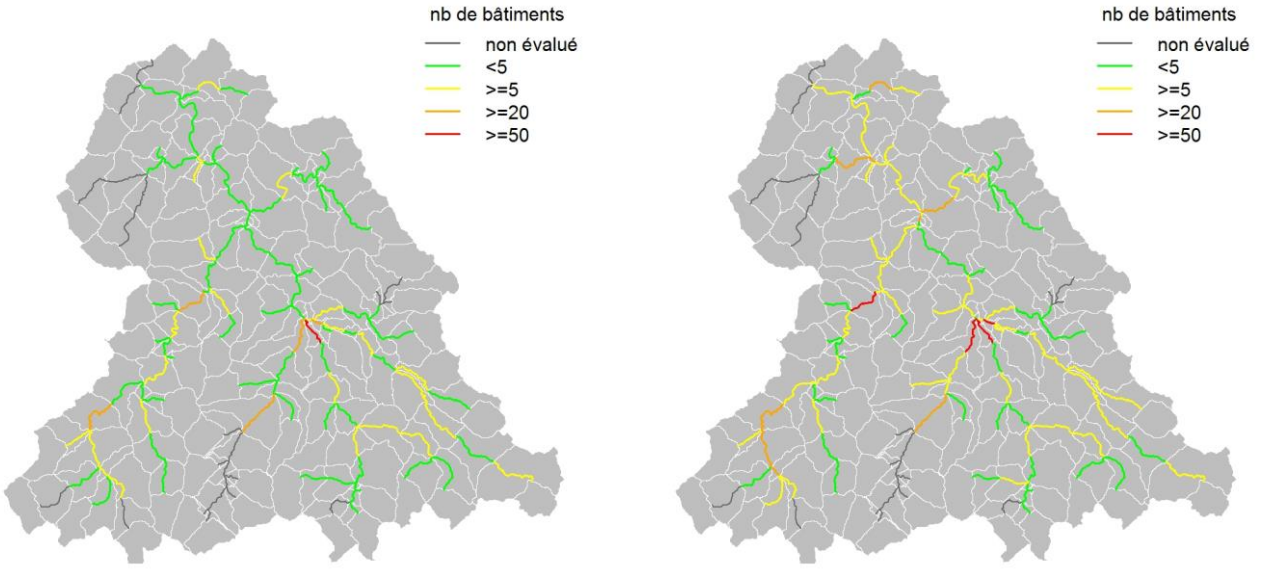
Figure 5. Exemples de secteurs où la zone inondée semble mieux appréhendée en raison d'une meilleure qualité du MNT : a) secteur de Bidarray, emprises modélisées, b) secteur de Bidarray, vue du MNT, c) secteur d'Osses, emprises modélisées, d) secteur d'Osses, vue du MNT, e) secteur de Saint Etienne de Baigorry, emprises modélisées, f) secteur de Saint Etienne de Baigorry, MNT.

3.1.2 Enjeux estimés

Les enjeux estimés (nombre de bâtiments situés dans la zone en eau) pour chaque période de retour sont présentés en annexe 2 pour chaque période de retour.

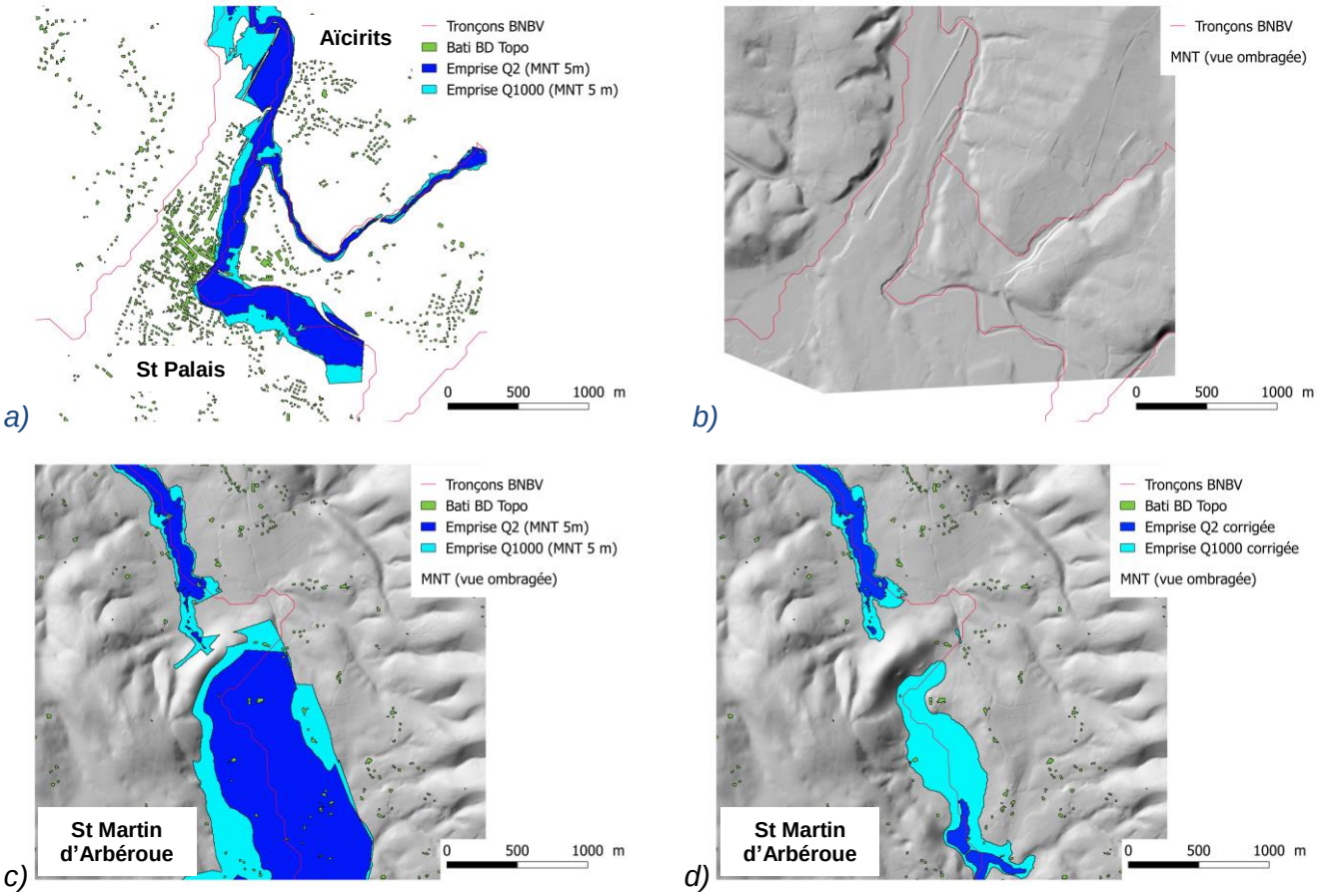
Ces résultats font ressortir les principaux secteurs à enjeux suivants (cf. Figure 6): St Jean Pied de Port, St Etienne de Baigorry, et dans une moindre mesure Osses, Bidarray, Alduldes, Louhossoa, et Arneguy.

Compte tenu de ce qui a été présenté sur les emprises, il est vraisemblable que pour les faibles périodes de retour, les enjeux réels sont largement surestimés à St Jean Pied de Port, Alduldes, et Louhossoa notamment.



a) b)

Figure 6. Estimation des enjeux sur la Nive, obtenus à partir du MNT à 5m : a) période de retour 2 ans ; b) période de retour 1000 ans



a) b) c) d)

Figure 7. Exemples d'emprises simulées sur la Bidouze : a) secteur de St Palais - Aïcirits, emprises modélisées ; b) secteur de St Palais - Aïcirits, vue du MNT ; c) secteur de St Martin d'Arbéroue (passage en souterrain de l'Arbéroue) ; d) secteur de St Martin d'Arbéroue après correction des calculs Cartino.

3.2 Bassin de la Bidouze

3.2.1 Emprises

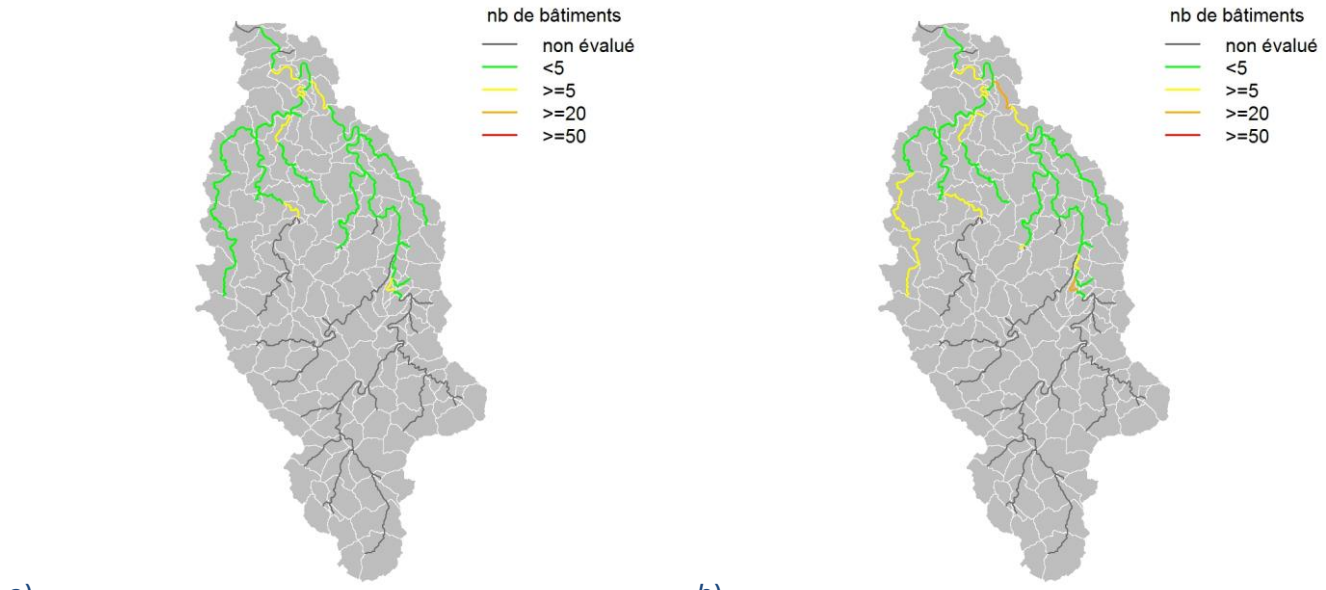
Les emprises obtenues dans le cas de la Bidouze sont présentées en annexe 1. D'une façon générale, comme cela a déjà été constaté pour la Nive, la zone inondée semble parfois très large dès le débit de période de retour 2 ans. Toutefois, il est moins évident ici que cette zone inondée soit largement surestimée (voir l'exemple de la traversé de St Palais - Aïcirits sur la Figure 7.a). En effet, le MNT parait globalement de qualité correcte, et laisse généralement apparaitre le lit mineur (cf. Figure 7.b), sauf sur l'amont de l'Arbéroue, qui est le seul secteur sur lequel le MNT est issu de données RADAR).

Ce secteur amont de l'Arbéroue pose pour sa part un autre problème: le cours d'eau présente un passage souterrain dans le secteur des Grottes d'Isturitz (Figure 7.c). Les simulations Cartino positionnant des profils au niveau de la colline recouvrant ce cheminement souterrain, un large effet de remous est généré à l'amont avec une forte surestimation des emprises inondées. Pour corriger ce problème, Cartino a été forcé à ne pas positionner de profil dans ce secteur (voir Figure 7.d).

3.2.2 Enjeux estimés

Les enjeux estimés pour chaque période de retour sont présentés en annexe 2. Ils s'avèrent globalement beaucoup plus limités que sur la Nive (cf. Figure 8). Seuls deux secteurs se distinguent, uniquement pour les crues de période de retour élevée : celui de St Palais-Aïcirits (cf. Figure 7.a), et le village de Came.

Les enjeux sont vraisemblablement surestimés sur l'Arbéroue amont en raison de la qualité limitée du MNT.



a) *b)*

Figure 8. Estimation des enjeux présents sur la Bidouze, à partir du MNT à 5m : a) période de retour 2 ans ; b) période de retour 1000 ans

4 Conclusions

La méthode appliquée ici consiste à produire un catalogue d'emprises d'inondation à partir de la méthode Cartino, pour des périodes de retour de débit allant de 2 à 1000 ans, puis à identifier les bâtiments présents dans ces emprises. L'objectif est de donner un premier aperçu des enjeux exposés sur des bassins versants peu documentés. Cette méthode présente l'avantage d'être facilement applicable à partir de données d'entrée limitées au MNT du RGE Alti, à la base nationale SHYREG, et à la couche bâtiments de la BD Topo.

L'application effectuée ici sur la Nive et la Bidouze met en évidence une forte hétérogénéité dans la qualité des résultats obtenus, liée principalement aux importantes différences de qualité du MNT du RGE Alti selon les données sources utilisées (Radar, corrélation, ou LiDAR). L'effet de la résolution du MNT (5m ou 1m) est apparu très secondaire.

Dans les secteurs où le MNT est issu de données RADAR, le lit mineur est très mal, voire pas du tout représenté dans le MNT, et il en est donc de même dans le modèle hydraulique. Ceci conduit probablement à surestimer les emprises inondées, notamment pour les périodes de retour faibles pour lesquelles la majorité des écoulements transitent par le lit mineur. Dans ce cas, seules les emprises de forte période de retour peuvent éventuellement présenter une utilité pour compléter/confirmer les informations fournies par exemple par l'EAIP.

Dans les autres secteurs (MNT issu de données LiDAR ou de corrélation), l'élargissement du champ d'inondation et l'évolution des enjeux exposés semblent nettement mieux appréhendés par la méthode. Ces résultats mériteraient d'être évalués à partir des observations disponibles pour des crues passées, notamment celle du 4 juillet 2014.

Ces résultats montrent finalement qu'il est essentiel de pouvoir identifier à partir du MNT le profil en travers du lit mineur pour pouvoir estimer des emprises cohérentes entre les crues de périodes de retour courantes et rares. D'après les résultats obtenus ici, il semble que les MNT d'origine LiDAR et correlation puissent répondre à ce besoin. Il est souhaitable que la disponibilité de ce type de MNT se généralise.

Au regard de ces premiers résultats, et malgré les imprécisions liées à la qualité des MNT disponibles, le bassin de la Bidouze semble présenter un niveau d'enjeux exposés sensiblement moins important que celui de la Nive. Il faut néanmoins relativiser ce résultat qui ne tient pas compte de la vulnérabilité saisonnière (campings,..), ni de celle des réseaux de transport, notamment les routes. Les campings pourraient être pris en compte à condition de disposer de données sur l'emprise exacte des parcelles concernées. Par ailleurs, l'Ifsttar vient de proposer une nouvelle approche pour caractériser les risques d'inondation sur le réseau routier, en utilisant de façon combinée la BD_Topo et les catalogues d'emprises inondées calculés avec Cartino. La méthode a pour l'instant été appliquée dans le Gard dans le cadre du stage de Jules Jacquemet (ESGT, 2018). Elle peut éventuellement être réappliquée sur les secteurs étudiés ici de façon à compléter l'estimation des enjeux.

5 Bibliographie

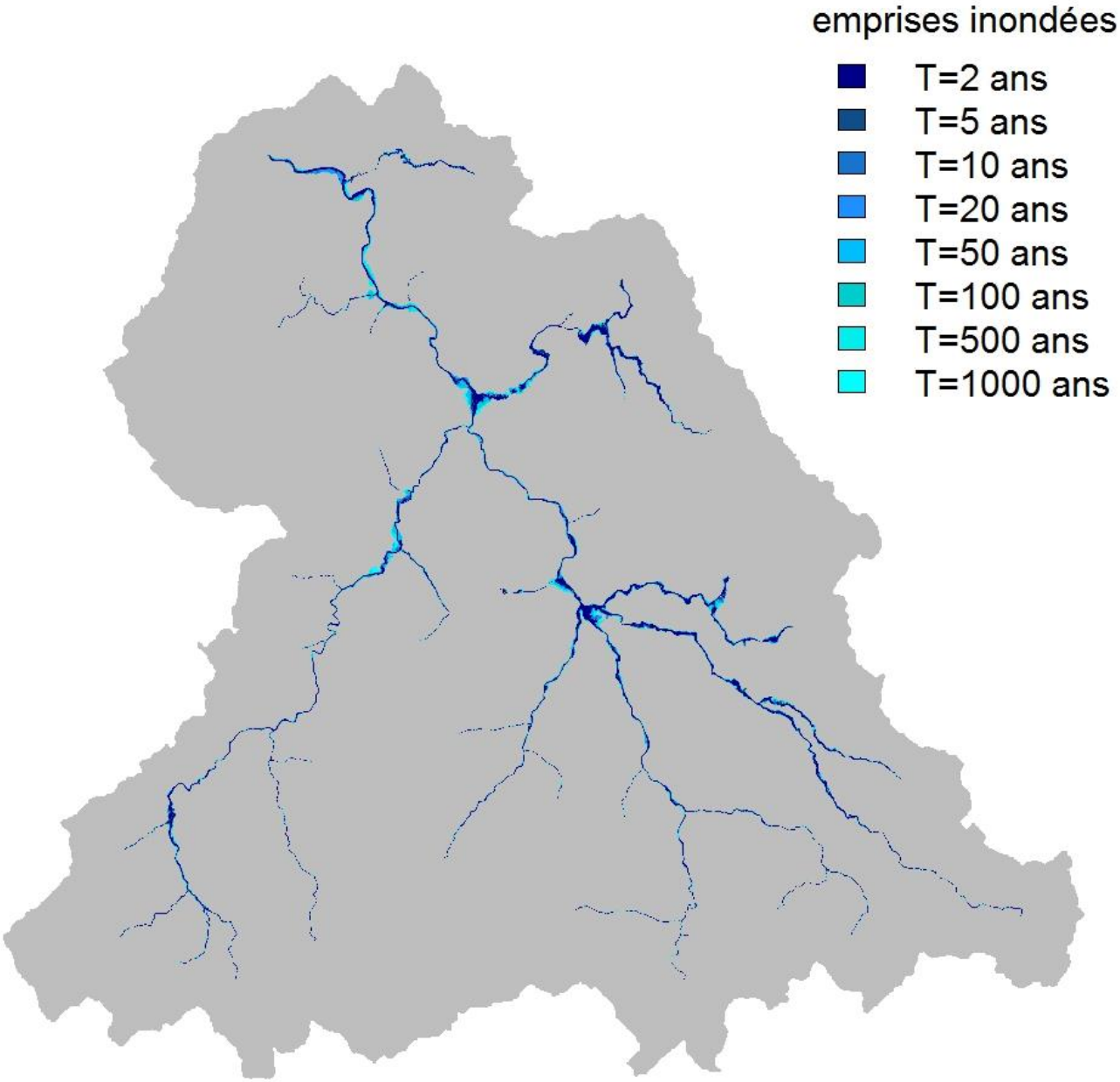
Le Bihan G., Payrastre O., Gaume E., Moncoulon D., Pons F., 2017. The challenge of forecasting impacts of flash floods: test of a simplified hydraulic approach and validation based on insurance claim data. Hydrol. Earth Syst. Sci.., 21, 5911-5928, https://doi.org/10.5194/hess-21-5911-2017

Le Bihan Guillaume, 2016. Modèles hydrologiques régionaux pour la prévision distribuée des crues rapides: vers une estimation des impacts et des dommages potentiels, thèse de l'Université Bretagne Loire / Ecole Centrale de Nantes, 248 p, https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01461682

Pons F., Laroche C., Fourmigue P. & Alquier M., 2014. Flood hazard maps for extreme event scenario: the study of Nartuby river. La Houille Blanche, 2, 34-41.

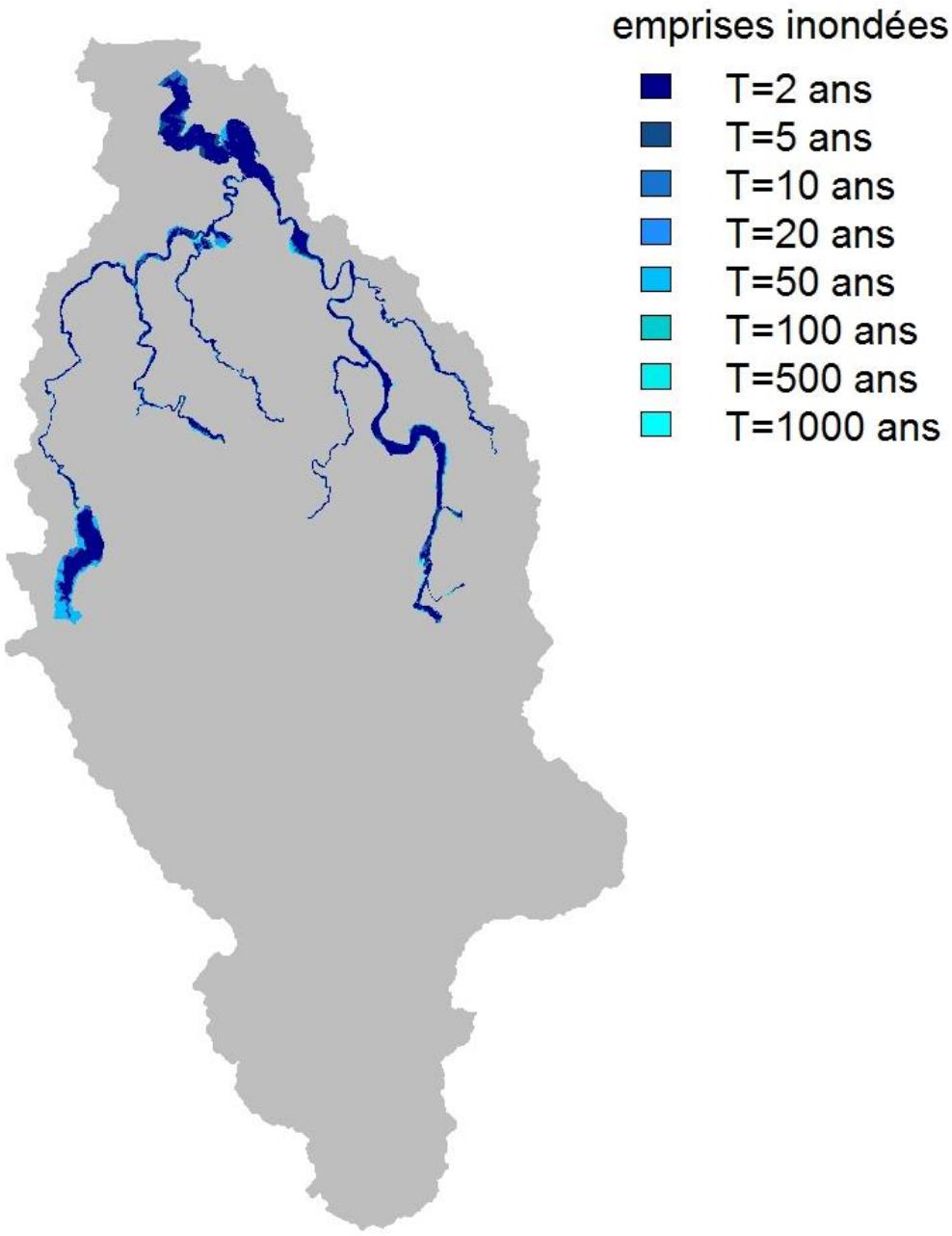
6 Annexe 1 : présentation des catalogues d'emprises

6.1 Bassin de la Nive

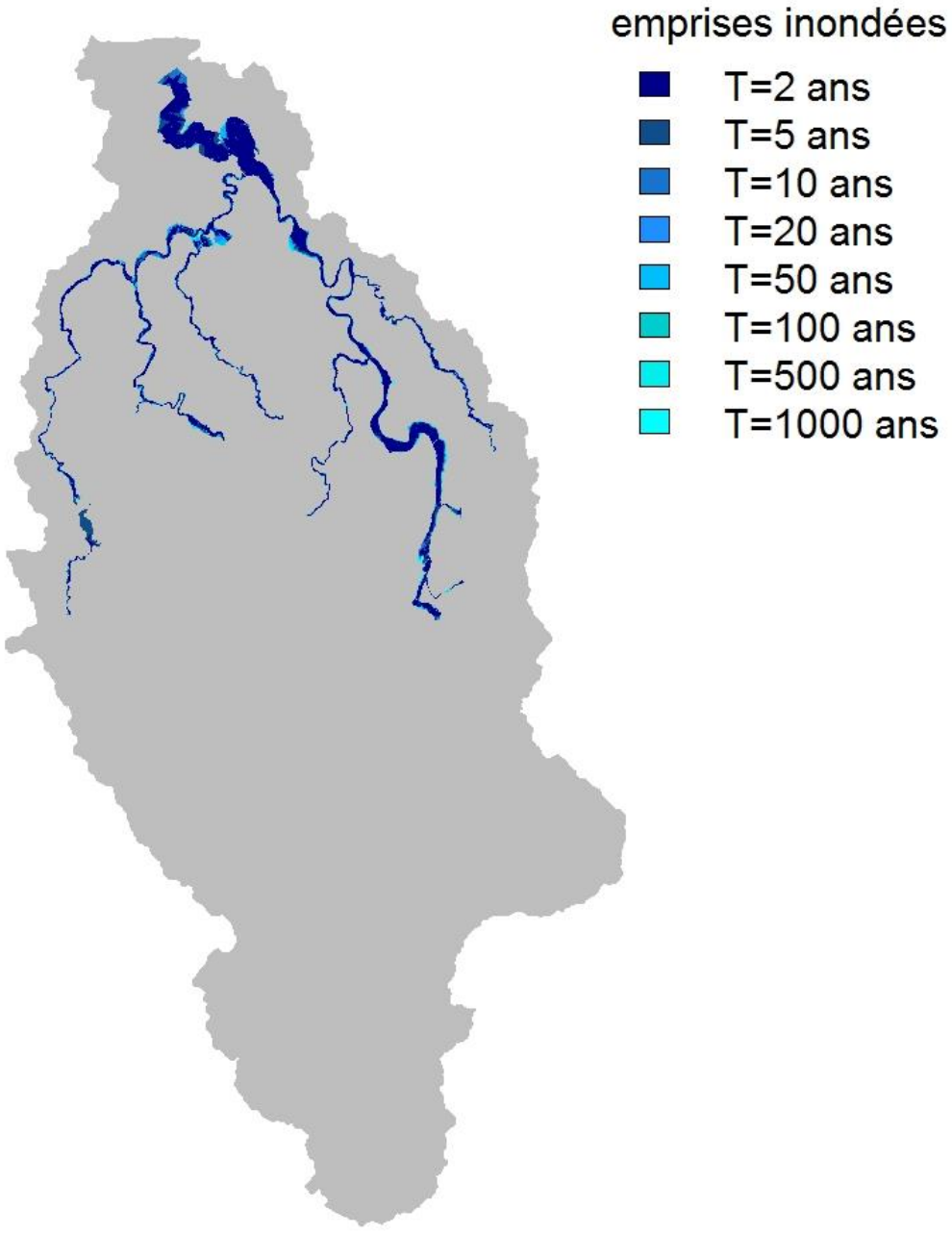


6.2 Bassin de la Bidouze

Avant correction dans le secteur amont de l'Arbéroue



Après correction dans le secteur amont de l'Arbéroue

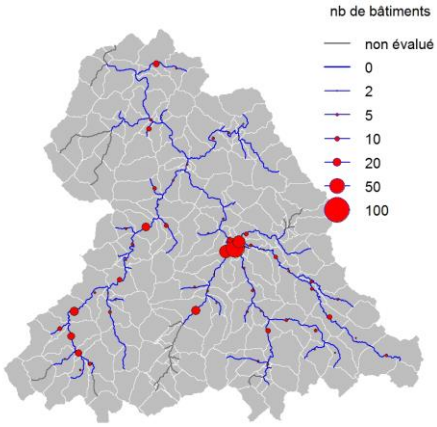


7 Annexe 2 : présentation des impacts estimés

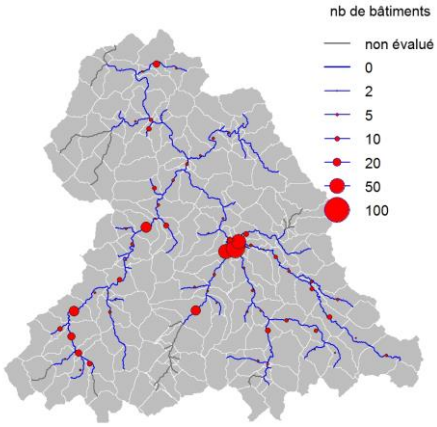
7.1 Bassin de la Nive

Représentation en cerles de taille variable

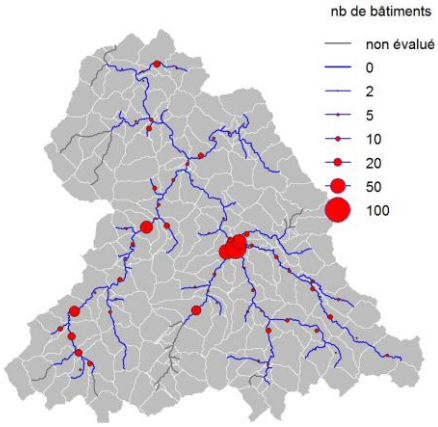
T=2 ans



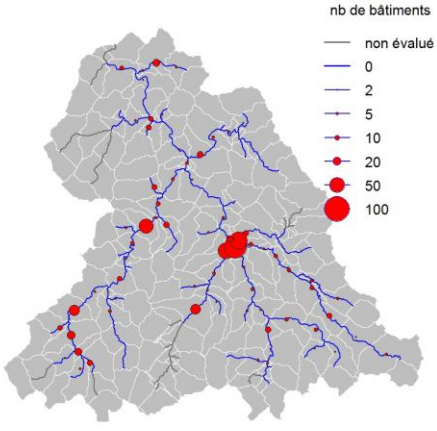
T=5 ans



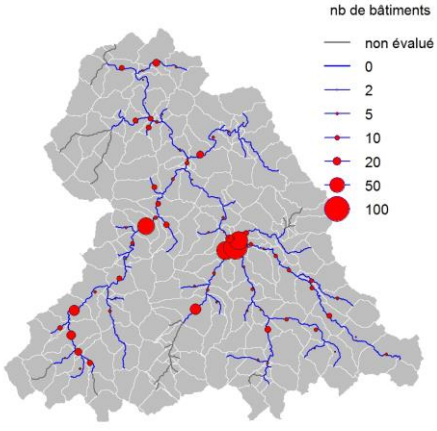
T=10 ans



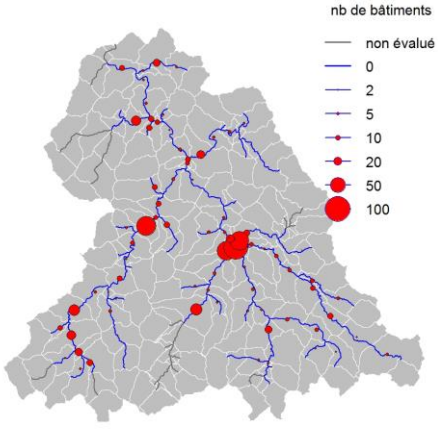
T=20 ans



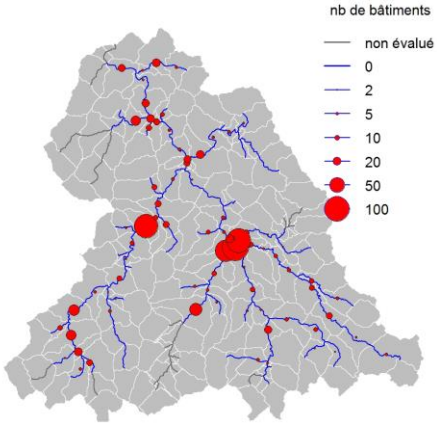
T=50 ans



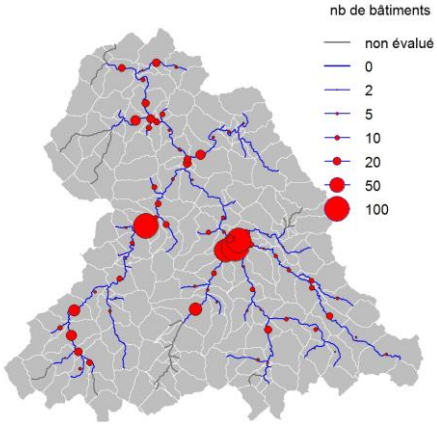
T=100 ans



T=500 ans

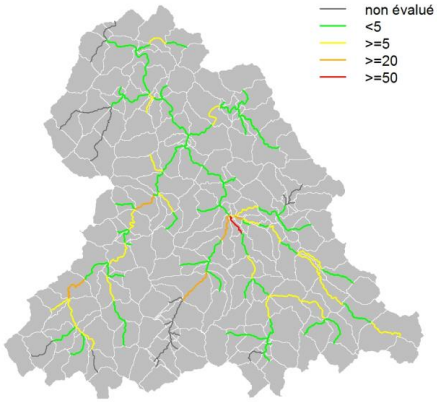


T=1000 ans

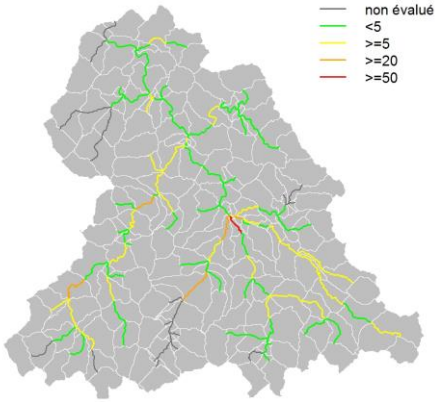


Représentation en couleurs

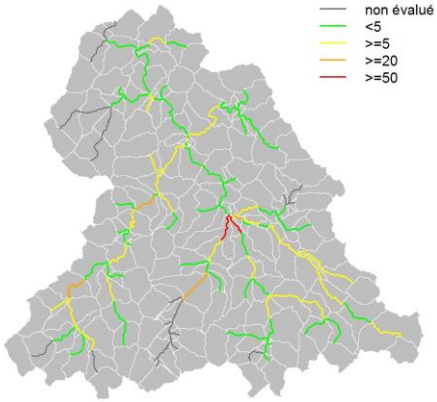
T=2 ans



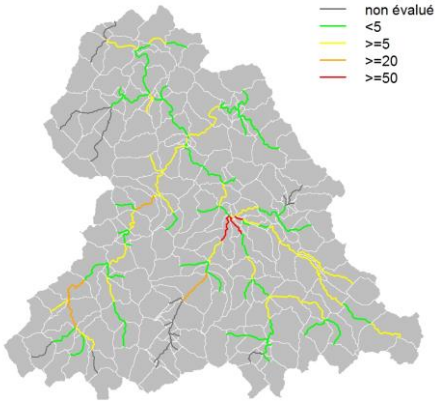
T=5 ans



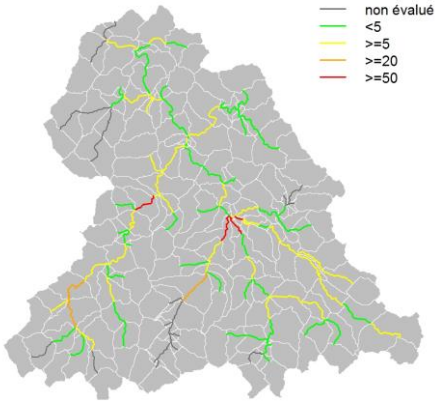
T=10 ans



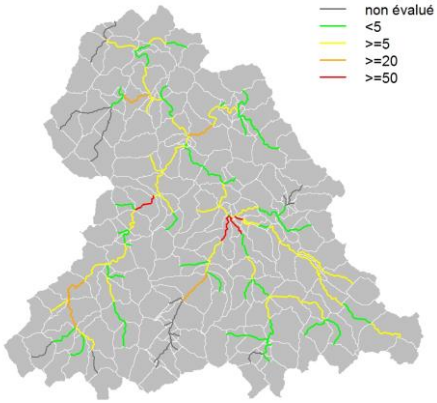
T=20 ans



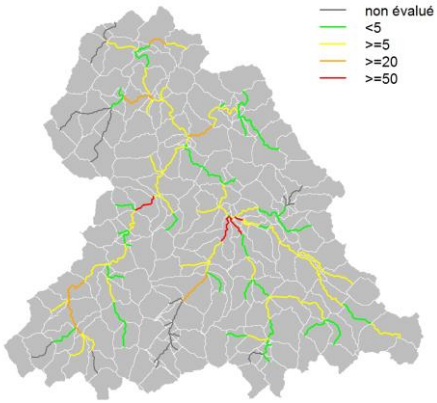
T=50 ans



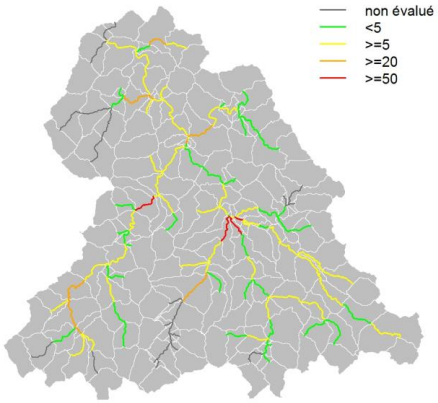
T=100 ans



T=500 ans

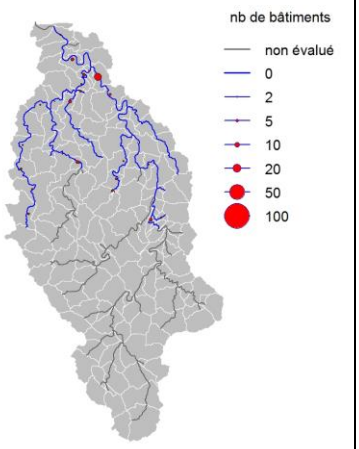
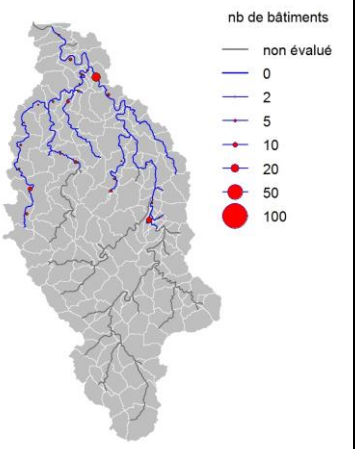
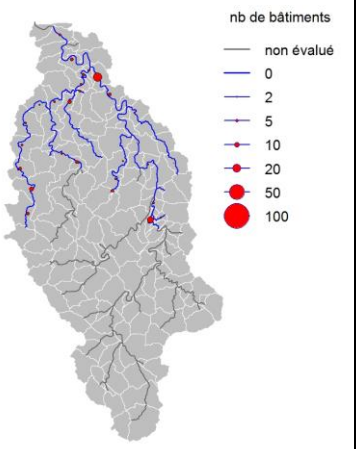
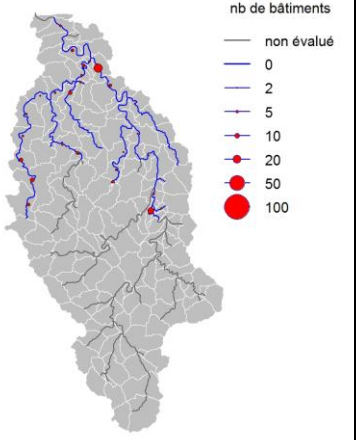
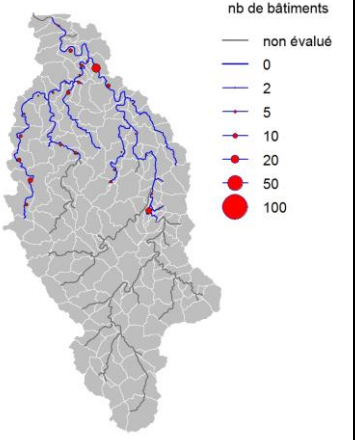
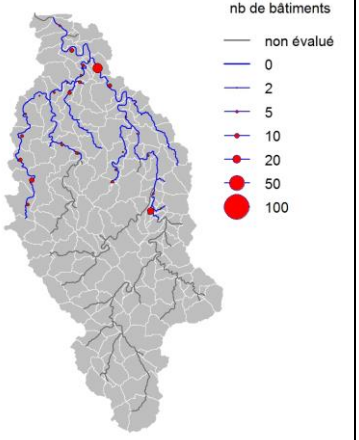
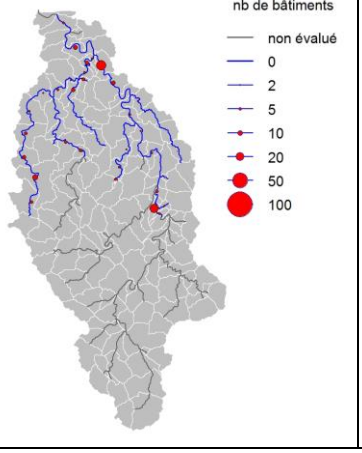
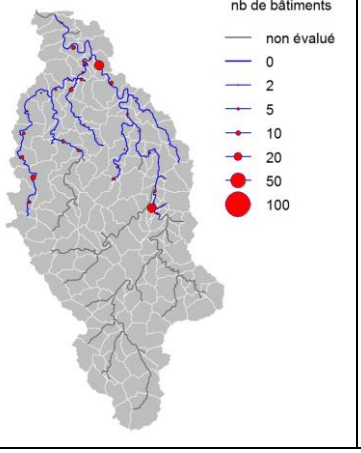


T=1000 ans



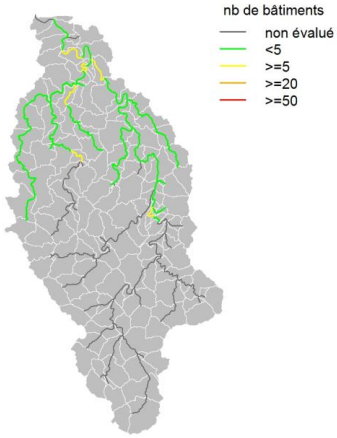
7.2 Bassin de la Bidouze

Représentation en cerles de taille variable

T=2 ans 	T=5 ans 	T=10 ans 
T=20 ans 	T=50 ans 	T=100 ans 
T=500 ans 	T=1000 ans 	

Représentation en couleurs

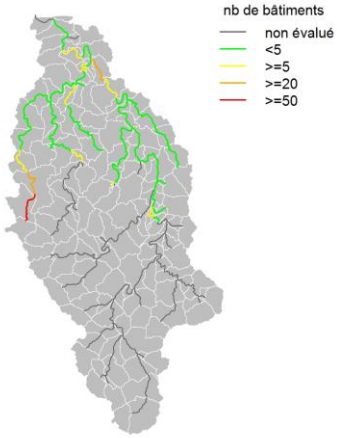
T=2 ans



T=5 ans

T=10 ans

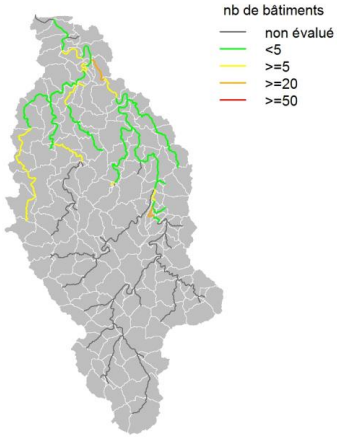
T=20 ans



T=50 ans

T=100 ans

T=500 ans



T=1000 ans