



HAL
open science

Evaluation de la sensibilité des réseaux routiers aux inondations : application de la méthode RoadIno dans le département du Gard

Olivier Payrastre, Laurent Lebouc

► To cite this version:

Olivier Payrastre, Laurent Lebouc. Evaluation de la sensibilité des réseaux routiers aux inondations : application de la méthode RoadIno dans le département du Gard. [Rapport de recherche] IFSTTAR - Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux. 2020, 18 p. hal-02942166

HAL Id: hal-02942166

<https://hal.science/hal-02942166>

Submitted on 17 Sep 2020

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.

Convention DGPR-Ifsttar 2019

n°2201189104 du 4 Juin 2019

Action 8 : appui au SCHAPI

Evaluation de la sensibilité des réseaux routiers aux inondations : application de la méthode RoadIno dans le département du Gard

Date :15/04/2020

Auteur(s) :O.Payrastre, L.Lebouc

Nomenclature d'activité : RP3-J18068

Référence sur Numéro de contrat* :

Confidentialité :

** le cas échéant*

Université Gustave Eiffel • Campus de Marne-la-Vallée
5, Boulevard Descartes • Champs-sur-Marne • 77454 Marne-La-Vallée CEDEX 2
univ-gustave-eiffel.fr

téléphone : 02.40.84.57.04

adresse électronique : olivier.payrastre@univ-eiffel.fr

Version

Date	Version	Modification	responsable
15/04/2020	1	Version initiale	O.Payrastre et L.Lebouc
23/04/2020	2	Version relue et corrigée + figures actualisées	V.Ruban
23/04/2020	2	Validation	V.Ruban

Destinataires :

DGPR

Mr Rodolphe Van Vlaenderen, Mme Margaret Herbaux

DGPR/SCHAPI

Mr Bruno Janet

Université Gustave Eiffel

Mme Guedon

SOMMAIRE

1	Introduction.....	4
1.1	Zone d'étude et résultats initiaux obtenus dans le cadre du projet PreDiFlood.....	4
1.2	Approche RoadIno développée dans le cadre du stage de Jules Jacquemet (2018).....	5
1.3	Objectif du travail réalisé	6
2	Application de l'approche RoadIno à l'échelle du département du Gard.....	6
2.1	Réseaux hydrographique et routier pris en compte.....	6
2.2	Calcul d'un catalogue de champs d'inondation avec la méthode caRtino	7
2.3	Détermination de la période de retour supposée d'inondation pour chaque intersection ...	8
2.4	Classification des intersections en niveaux de sensibilité	10
3	Evaluation.....	11
3.1	Données d'inondation des réseaux routiers prises en compte	11
3.2	Performances de la classification RoadIno dans le secteur de l'inventaire PICH	12
3.2.1	Comparaison avec les inondations observées	12
3.2.1	Principales limites identifiées	12
3.3	Comparaison avec la classification établie dans le cadre du projet PrediFlood	14
3.3.1	Association des deux classifications.....	14
3.3.2	Comparaison à la lumière des inondations observées.....	16
4	Conclusion	17
5	Bibliographie.....	17

FICHE DE SATISFACTION

RESUME

Ce rapport présente une première application à grande échelle de la méthode RoadIno d'estimation de la sensibilité des réseaux routiers aux inondations. Cette méthode a été développée en 2018 dans le cadre du stage de Jules Jacquemet (ESGT). Elle permet d'estimer la période de retour d'inondation du réseau routier au niveau de chaque franchissement d'un cours d'eau. Elle a été appliquée ici à l'échelle de l'ensemble du département du Gard, et confrontée aux résultats obtenus sur ce même territoire lors du projet de recherche PrediFlood (2009-2012) et de la thèse de J.P.Naulin (2012). Les performances obtenues avec RoadIno sont sensiblement supérieures, et l'approche sera par ailleurs beaucoup plus facilement transposable à d'autres territoires.

MOTS CLEFS

route, inondation, coupure, période de retour, sensibilité

1 Introduction

Ce rapport présente les résultats de l'application d'une nouvelle méthode d'estimation de la sensibilité des réseaux routiers aux inondations (RoadIno), initialement définie en 2018 dans le cadre du stage de Jules Jacquemet (ESGT). Cette méthode permet d'estimer la période de retour d'inondation du réseau routier au niveau de chaque franchissement d'un cours d'eau. Elle a été appliquée ici à l'échelle de l'ensemble du département du Gard, et confrontée aux résultats obtenus sur ce même territoire lors du projet de recherche PrediFlood (2009-2012).

1.1 Zone d'étude et résultats initiaux obtenus dans le cadre du projet PrediFlood

Le département du Gard a été choisi comme terrain d'étude en raison de la bonne connaissance existante sur la sensibilité du réseau routier aux inondations qui a été capitalisée sur ce territoire lors du projet de recherche ANR PrediFlood (2009 – 2012). Cette connaissance nous a servi ici de base pour l'évaluation de la méthode RoadIno.

Cette connaissance repose en premier lieu sur la disponibilité d'observations des coupures du réseau routier lors des épisodes de crues, qui se présentent sous deux formes (cf. Figure 1) :

- un inventaire des points sensibles aux inondations réalisé en 2004 par la DDE du Gard : l'inventaire PICH pour Plan d'Intervention des Crises Hydrologiques. Cet inventaire recense plus de 150 points régulièrement inondés, dans la partie nord-ouest du département couverte par l'inventaire.
- les recensements détaillés des coupures observées lors des crues observées de 2005 à 2009. Ces recensements sont issus des mains courantes de gestion de crise de la DDE et du conseil départemental du Gard, et ont été numérisés dans le cadre du projet PrediFlood. Ils ont l'avantage de couvrir la totalité du département du Gard.

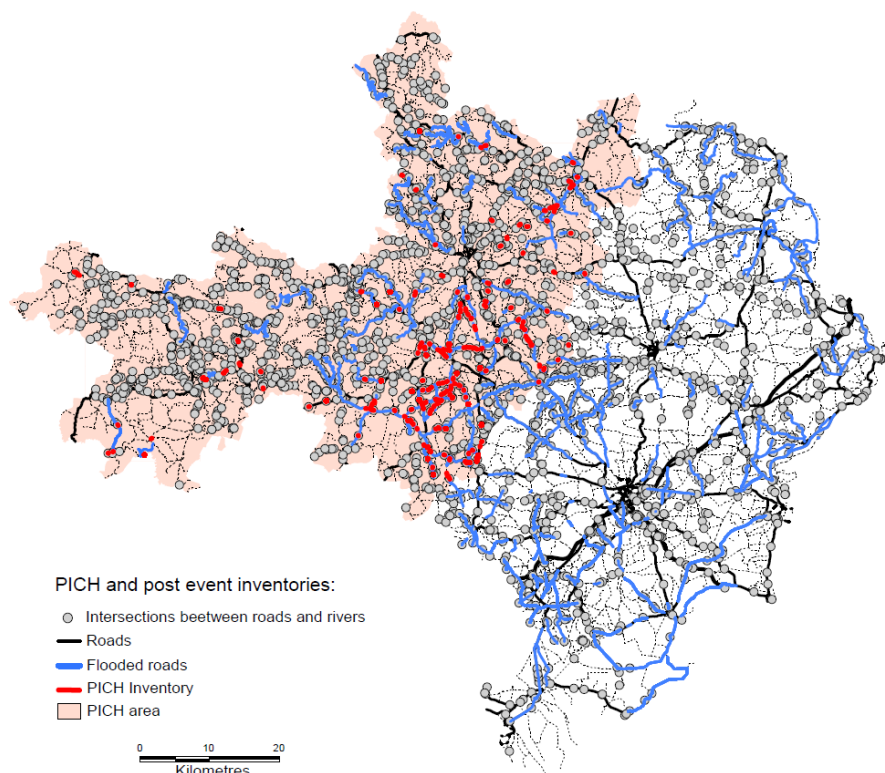


Figure 1. Données d'observations des coupures par inondation du réseau routier du Gard, regroupées dans le cadre du projet PrediFlood.

Par ailleurs le projet PrediFlood a permis de proposer une première classification de la sensibilité du réseau routier du Gard aux inondations, en s'appuyant sur des critères morphologiques simples des intersections entre routes et cours d'eau (principalement la pente, l'altitude, et la surface drainée). Ces classifications ont été réalisées dans le cadre de la thèse de J.P.Naulin (2012, 2013), elles sont présentées sur la Figure 2 .

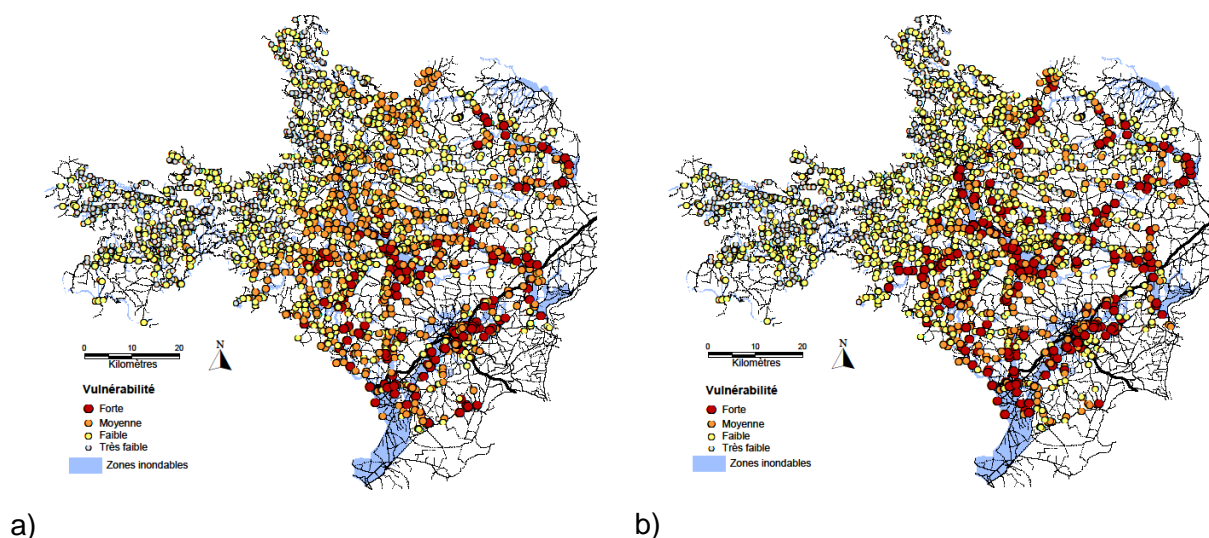


Figure 2. Classifications de la sensibilité du réseau routier du Gard obtenues dans le cadre du projet PreDiFlood (source. Thèse de J.P. Naulin) : a) version 1 appliquée de façon homogène sur tout le département, b) version 2 distinguant la zone de relief (nord-ouest) et la zone de plaine (sud-est) et tenant compte des atlas des zones inondables sur les cours d'eau principaux.

1.2 Approche RoadIno développée dans le cadre du stage de Jules Jacquemet (2018)

Depuis le projet PrediFlood, le contexte des données disponibles pour qualifier la sensibilité des réseaux routiers aux inondations a fortement évolué :

- Une description détaillée du réseau routier est disponible au sein de la BD Topo de l'IGN.
- Les modèles numériques de terrain sont passés à une résolution de 1 à 5 m avec l'arrivée du RGE Alti, avec une couverture croissante des cours d'eau avec des données Lidar de grande précision.
- La base nationale SHYREG permet de disposer de quantiles de débits sur une grande partie du réseau hydrographique, et pour une gamme de périodes de retour de T=2 ans à T=1000 ans.
- Enfin, des approches automatisées permettant le calcul de champs d'inondation à partir des MNT précités ont été développées. On peut citer notamment l'approche caRtino permettant d'automatiser des calculs hydrauliques 1D. Cette méthode a été initialement développée au CEREMA puis traduite sous R avec le concours de l'Université Gustave Eiffel (ex-IFSTTAR). C'est elle qui a été utilisée dans la suite de ce rapport.

La méthode RoadIno (Jacquemet, 2018) a été proposée de façon à qualifier la sensibilité des réseaux routiers aux inondations en s'appuyant sur ce nouveau cadre de données d'entrée. La méthode permet d'estimer une période de retour de début d'inondation de la route au niveau de chaque intersection avec un cours d'eau. Cette période de retour détermine directement le niveau de sensibilité associé (cf. Tableau 1).

<i>Période de retour de début d'inondation</i>	<i>Niveau de sensibilité RoadIno</i>
≤ 2 ans	<i>Forte</i>
> 2 ans et ≤ 50 ans	<i>Moyenne</i>
> 50 ans et ≤ 1000 ans	<i>Faible</i>
> 1000 ans	<i>Très faible</i>

Tableau 1. Principe de classification en classes de sensibilité proposé dans la méthode RoadIno, en fonction de la période de retour supposée d'inondation (source stage de Jules Jacquemet, 2018)

La méthode comporte 3 étapes principales :

- Un catalogue de champs d'inondation est calculé sur l'ensemble du réseau hydrographique, à partir d'un MNT à haute résolution (5 m ici), pour 9 scénarios de débit correspondant à des périodes de retour de T= 2 ans à T= 1000 ans. Chaque scénario d'inondation se présente sous la forme d'un raster de hauteurs d'eau, établi sur le même maillage que celui MNT.
- Pour chaque point d'intersection cours d'eau/réseau routier, les altitudes route/MNT/ligne d'eau sont comparées en suivant le profil en long de la route, ce qui permet d'estimer le risque d'inondation de la chaussée pour chaque période de retour du débit (cf. paragraphe 2.3 pour une description détaillée de cette étape).
- Pour chaque intersection, le niveau de sensibilité est défini en fonction de la période de retour estimée de début d'inondation (cf. Tableau 1).

1.3 Objectif du travail réalisé

Le principe de la méthode RoadIno a été défini par Jacquemet (2018) à partir de tests préliminaires réalisés sur un territoire d'extension limité, centré sur la zone d'Alès, et comportant 92 intersections entre réseau hydrographique et réseau routier.

L'objectif de cette étude était de reprendre la méthode et de la réappliquer à un territoire beaucoup plus large (département du Gard), de façon à pouvoir mieux évaluer ses performances, par comparaison aux résultats initialement obtenus dans le projet PrediFlood.

2 Application de l'approche RoadIno à l'échelle du département du Gard

2.1 Réseaux hydrographique et routier pris en compte

La méthode RoadIno a été réappliquée ici en considérant les quatre bassins versants occupant la majeure partie du département du Gard, à savoir la Cèze, les Gardons, le Vidourle, et le Vistre.

Le réseau hydrographique pris en compte est celui de la BNBV du SCHAPI. Toutefois, un nombre important de points de coupures étant occasionné par des cours d'eau ayant des surfaces drainées très faibles (Naulin, 2012), ce réseau a été étendu pour les besoins de l'étude jusqu'à une surface drainée

élémentaire de 1 km² (contre 5 km² pour le réseau BNBV). Le linéaire total de ce réseau hydrographique pris en compte s'élève à 3563 km.

Le réseau routier considéré est issu de la BDTopo de l'IGN. Ce réseau routier s'avère très détaillé et comporte une grande partie de chemins et petites voies communales. Pour cette raison, seules les routes d'importance 1 à 4 ont été prises en compte ici (niveau 5 exclu).

L'intersection entre les deux réseaux permet d'identifier 1785 points d'intersection route/cours d'eau, dont le niveau de sensibilité a été qualifié à l'aide de l'approche RoadIno (cf. Figure 3).

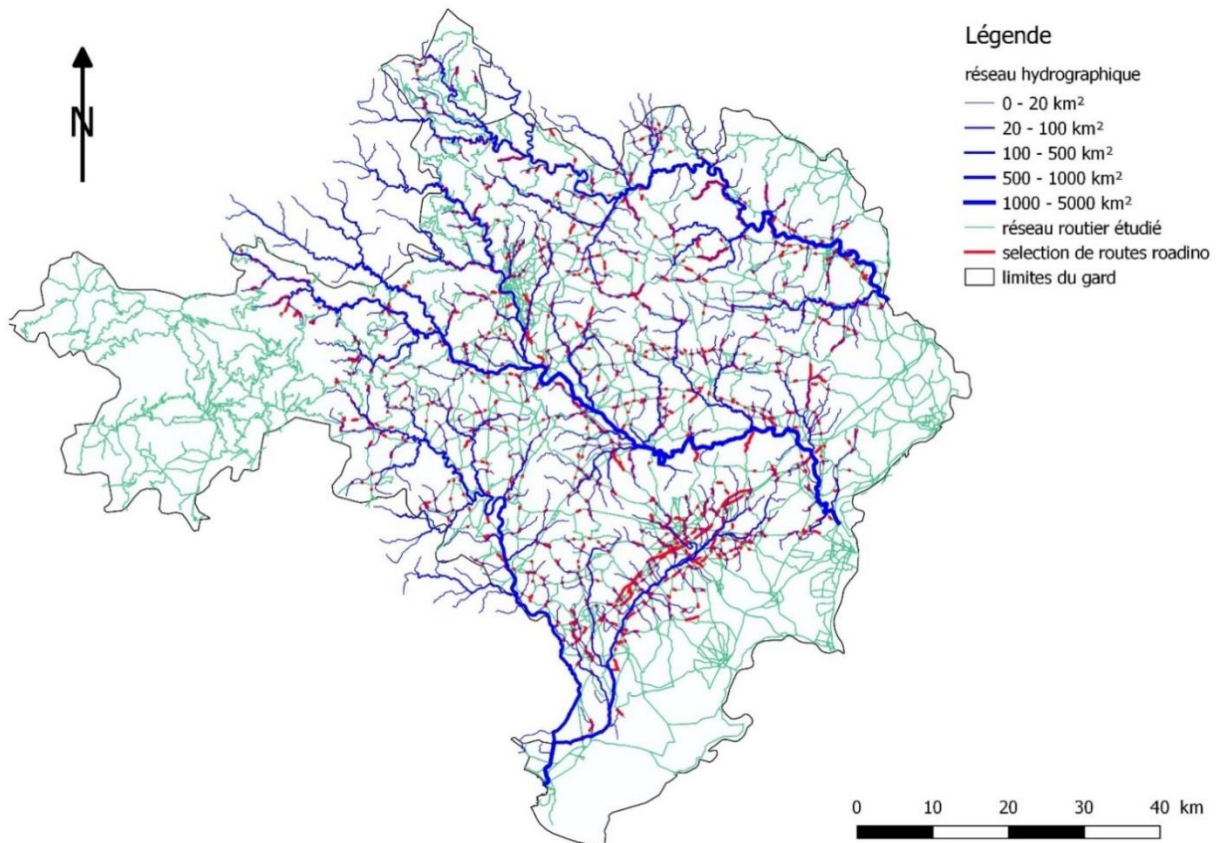


Figure 3. Présentation du territoire d'étude : limites du département du Gard, réseaux routier et hydrographique pris en compte, et 1785 points d'intersection dont la sensibilité aux inondations a été évaluée.

2.2 Calcul d'un catalogue de champs d'inondation avec la méthode caRtino

Le catalogue de champs d'inondation a été produit ici à partir de la version R de la méthode caRtino, développée par l'université Gustave Eiffel et le CEREMA.

Les données topographiques utilisées sont celles du RGE Alti à 5m dans sa dernière version disponible à l'automne 2019. Ces données ont néanmoins été remplacées sur une partie du territoire par les données des derniers relevés Lidar de l'IGN, livrées courant 2019 mais pas encore intégrées au RGE Alti. Ces données étant fournies à une résolution de 1m, elles ont été ré-échantillonnées ici à 5m.

Les données de débit injectées pour la modélisation des champs d'inondation sont issues de la base nationale SHYREG pour les cours d'eau drainant plus de 5 km². Pour les surfaces drainées inférieures à 5 km², ces données ont été extrapolées à partir d'une relation de type $Q=a.S^b$.

Le linéaire du réseau hydrographique modélisé est de 3563 km pour 2913 tronçons. 9 scénarios d'inondation différents ont été modélisés, correspondant à des périodes de retour de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, et 1000 ans. Les temps de calculs pour l'ensemble du catalogue a été d'environ 12 jours et 17 heures (calcul sur un PC équipé d'un processeur Intel Core i7-7700 de 3.6GHz et 32 Go de mémoire RAM). Un exemple de champ d'inondation modélisé est représenté sur la Figure 4.

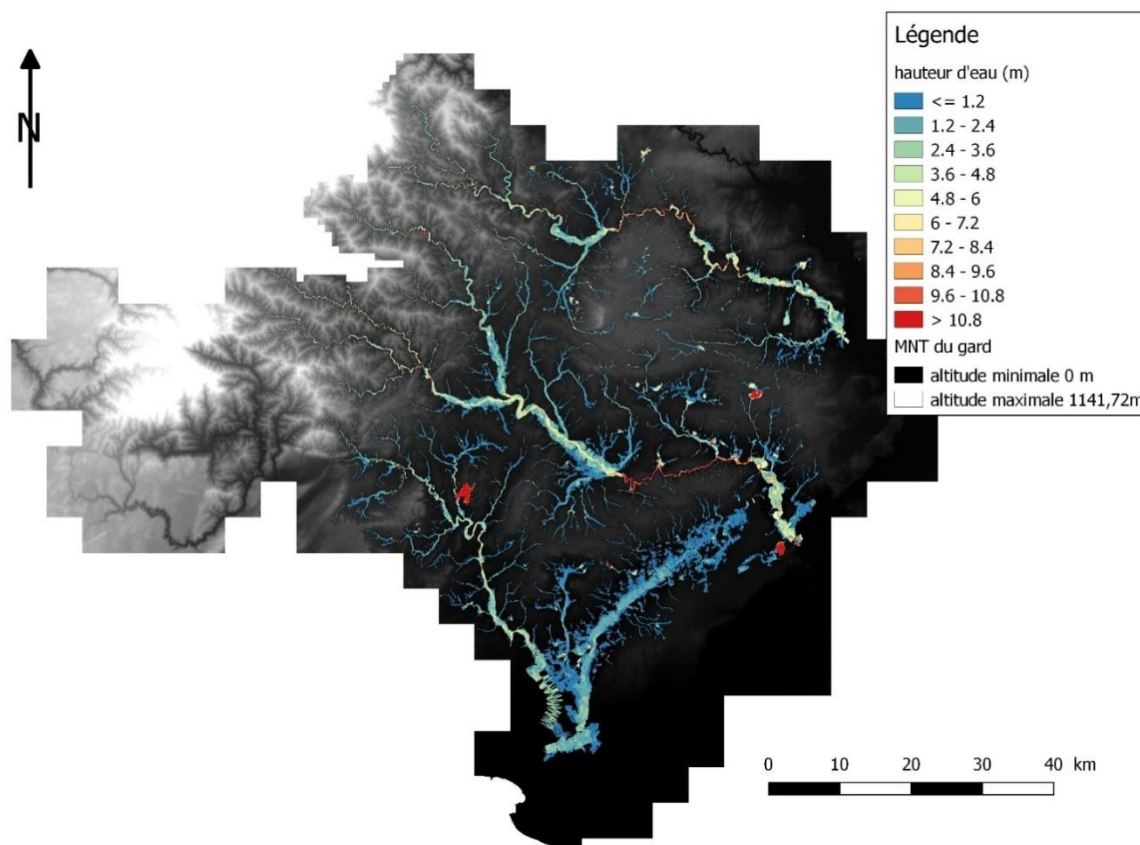


Figure 4. Présentation des zones inondées simulées avec la méthode caRtino pour une période de retour 1000 ans

2.3 Détermination de la période de retour supposée d'inondation pour chaque intersection

Il s'agit ici du cœur de la méthode RoadIno, qui permet d'évaluer le risque d'inondation de la route pour chaque scénario d'inondation préalablement calculé.

Cette évaluation comporte les étapes suivantes pour chaque intersection (cf. Figure 5):

- Le tronçon de route qui croise le réseau hydrographique est dans un premier temps allongé en lui ajoutant les tronçons adjacents de la BD Topo, pour que les extrémités du tronçon de route considéré dépassent le champ d'inondation calculé pour une période de retour 1000 ans.
- Un profil en long du tronçon routier obtenu est ensuite tracé en combinant les altitudes du MNT le long de la route, et les altitudes de la chaussée qui sont extraites de la BD Topo.
- Pour chaque scénario d'inondation, l'altitude de la ligne d'eau est positionnée sur le profil en long. La route est considérée comme inondée si l'altitude de la ligne d'eau dépasse en un point celle

donnée par la BD Topo. Toutefois, pour les périodes de retour supérieures à 50 ans, une mise en charge de l'ouvrage de franchissement du cours d'eau paraît vraisemblable, ce qui peut conduire à une sous-estimation du niveau de la ligne d'eau. Dans ce cas, l'inondation est donc considérée comme probable si la différence d'altitude entre la chaussée et la ligne d'eau est de moins de 1m.

- Dans certains cas la ligne d'eau n'apparaît pas sur le profil en long de la route (cas d'un remblai ou de ponts non nettoyés dans le MNT, ou d'un décalage en plan entre le réseau hydrographique vecteur servant à identifier les intersections, et le lit réel du cours d'eau). Dans cette situation un profil en travers est tracé au niveau de l'intersection route/cours d'eau, pour tenter de retrouver l'altitude de la ligne d'eau et estimer la différence d'altitude avec la chaussée. De la même façon que pour les profils en long, lorsque la période de retour considérée est supérieure à 50 ans, l'inondation est considérée comme probable si la différence de niveau entre la chaussée et la ligne d'eau est inférieure à 1m.

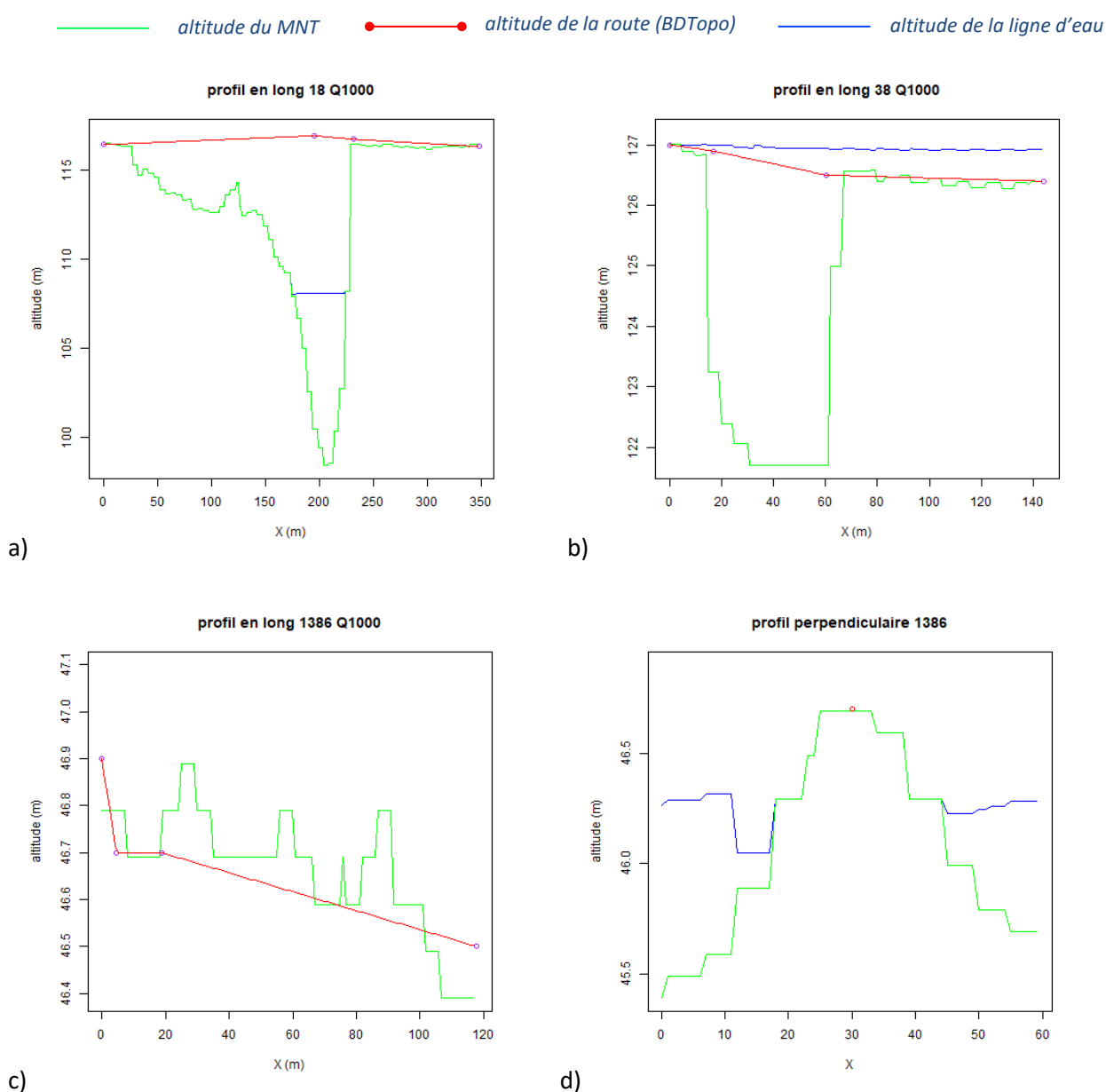


Figure 5. Exemples de profils en long / en travers extraits au niveau des intersections route/cours d'eau, permettant d'estimer le risque de submersion de la chaussée au niveau de chaque intersection route/cours d'eau : a) profil en long avec route non inondée, b) profil en long avec route inondée, c) profil en long sans ligne d'eau apparente, d) profil en travers au niveau de l'intersection précédente, permettant de retrouver la ligne d'eau.

2.4 Classification des intersections en niveaux de sensibilité

Le principe de classification présenté dans le Tableau 1 est finalement appliqué pour répartir les 1785 intersections étudiées au sein de 4 classes de sensibilité à l'inondation. Les résultats de cette classification sont présentés dans le Tableau 2 et sur la Figure 6.

Tableau 2. Répartition des 1785 intersections étudiées, selon la période de retour d'inondation évaluée et la classe de sensibilité associée

<i>Période de retour d'inondation estimée</i>	<i>Niveau de sensibilité RoadIno</i>	<i>Nombre d'intersections</i>
≤ 2 ans	forte	543
≤ 5 ans	forte	113
≤ 10 ans	moyenne	86
≤ 20 ans	moyenne	69
≤ 50 ans	moyenne	328
≤ 100 ans	faible	67
≤ 500 ans	faible	104
≤ 1000 ans	faible	39
> 1000 ans	très faible	436

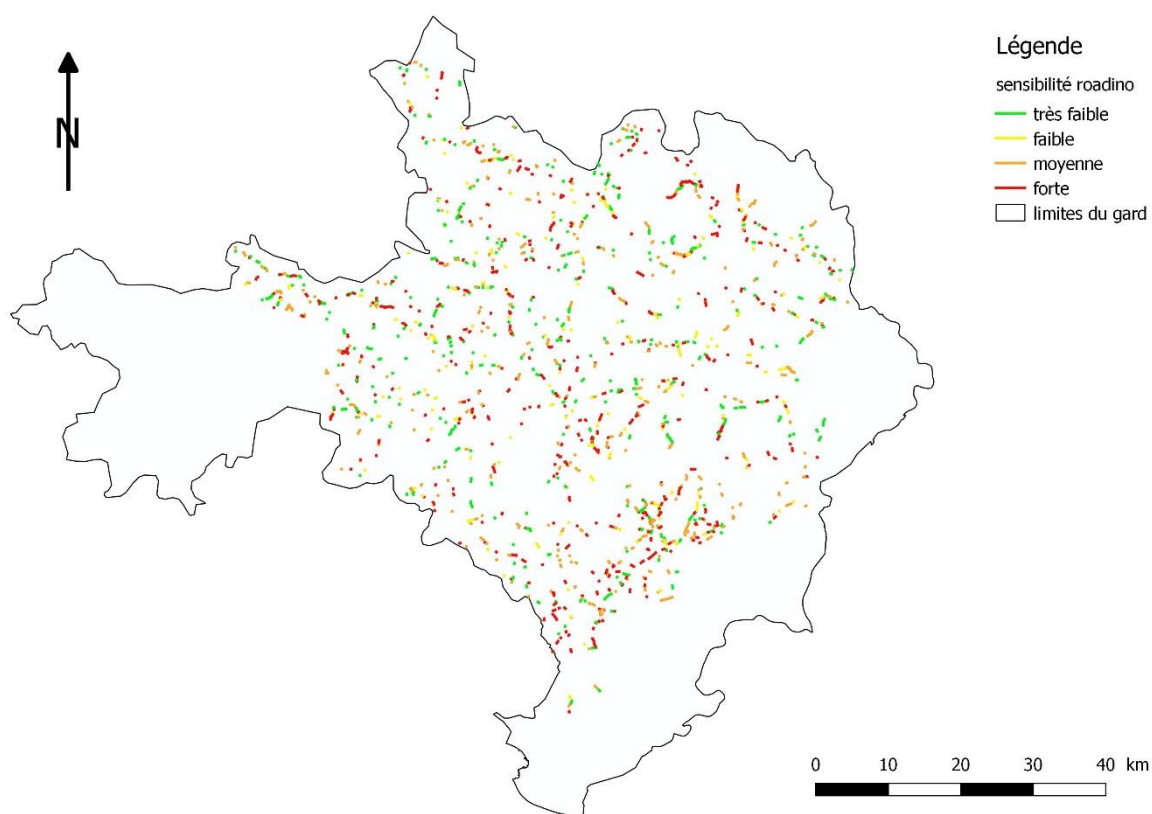


Figure 6 Carte des niveaux de sensibilité définis par la méthode RoadIno pour les 1785 intersections étudiées

3 Evaluation

Ce paragraphe évalue les performances de la classification RoadIno, en la comparant aux données d'observation disponibles. Ces performances sont dans un deuxième temps comparées à celles obtenues avec la classification issue du projet PreDiFlood.

L'évaluation porte notamment sur la capacité des deux classifications à distinguer les tronçons routiers déjà inondés dans la période récente, de ceux jamais inondés. On s'attend logiquement à ce que les inondations observées dans la période récente se situent en majorité dans les classes de sensibilité les plus élevées. A l'inverse, les tronçons routiers jamais inondés au cours des dernières décennies devraient majoritairement être positionnés dans les classes peu sensibles à l'inondation.

3.1 Données d'inondation des réseaux routiers prises en compte

Comme indiqué précédemment, les données d'observation disponibles sur les inondations du réseau routier du Gard se présentent sous 2 formes (cf. Figure 1): l'inventaire PICH identifiant les tronçons déjà inondés dans le passé, et couvrant la partie nord-ouest du département ; et les recensements détaillés des coupures observées, pour chacune des crues significatives observées de 2005 à 2009.

Les deux sources de données ont été ici combinées de façon à disposer d'un recensement aussi exhaustif que possible des tronçons routiers inondés lors des dernières décennies. Pour les événements de 2005 à 2009, seuls les tronçons routiers de moins de 500 m de long ont néanmoins été sélectionnés, car au-delà il devient difficile de localiser avec précision le cours d'eau ayant causé l'inondation. Ceci conduit malheureusement à éliminer une partie importante de ces observations récentes.

Ces observations d'inondation de tronçons routiers ont été reliées avec les 1785 intersections considérées avec la méthode RoadIno, à partir d'un buffer de 50 m de large. Les résultats de l'association sont présentés dans le Tableau 3.

Ce tableau illustre nettement le caractère incomplet du recensement de routes inondées dans la partie sud-est du département non couverte par l'inventaire PICH, ou très peu de tronçons déjà inondés sont identifiés. Pour cette raison, l'évaluation à partir des observations disponibles a été limitée dans la suite du rapport à la partie au secteur couvert par l'inventaire PICH. Dans ce secteur en effet, le recensement des tronçons routiers déjà inondés apparaît nettement plus exhaustif.

Tableau 3. Répartition des 1785 tronçons routiers étudiés avec la méthode RoadIno, selon le secteur géographique et l'existence d'une inondation observée.

Secteur	Nb de tronçons déjà inondés	Nb de tronçons jamais inondés
Secteur inventaire PICH	106	653
Hors secteur PICH	14	1012

3.2 Performances de la classification RoadIno dans le secteur de l'inventaire PICH

3.2.1 Comparaison avec les inondations observées

Le Tableau 4 et la Figure 7 présentent la capacité de la classification RoadIno à « séparer » les tronçons routiers déjà inondés ou jamais inondés au cours des dernières décennies (observations).

Une grande majorité des tronçons déjà inondés (87 %) se positionne dans les classes de sensibilité forte et moyenne. A l'inverse, les tronçons jamais inondés se positionnent en majorité (54 %) dans les classes de sensibilité faible et très faible.

Même si le tri effectué n'est pas parfait, ces résultats s'avèrent satisfaisants et illustrent le caractère informatif de la classification RoadIno.

Tableau 4. Répartition des 760 tronçons routiers étudiés avec la méthode RoadIno dans le secteur de l'inventaire PICH, selon l'existence d'une inondation observée.

Classe de sensibilité RoadIno	Nb de tronçons Total	Nb de tronçons déjà inondés	Nb de tronçons jamais inondés	Répartition des tronçons déjà inondés en %	Répartition des tronçons jamais inondés en %
forte	178	43	135	41	21
moyenne	214	49	165	46	25
faible	122	8	114	8	17
très faible	245	6	239	6	37

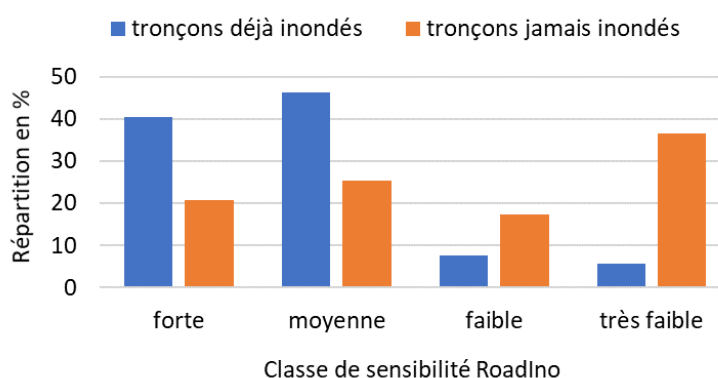


Figure 7. Distribution des 106 tronçons déjà inondés et des 653 tronçons jamais inondés au sein des classes de sensibilité établies par la méthode RoadIno

3.2.1 Principales limites identifiées

Le fait qu'une part significative de tronçons jamais inondés se positionnent dans les classes de sensibilité forte et moyenne peut être attribué pour partie aux limites du recensement des routes inondées (dont l'exhaustivité n'est pas garantie), ainsi qu'au caractère aléatoire de l'occurrence des inondations : la période de retour d'inondation estimée pouvant aller jusqu'à 50 ans dans la classe de sensibilité moyenne, il est normal qu'une partie des tronçons présents dans cette classe n'aient pas été inondés au cours des dernières décennies.

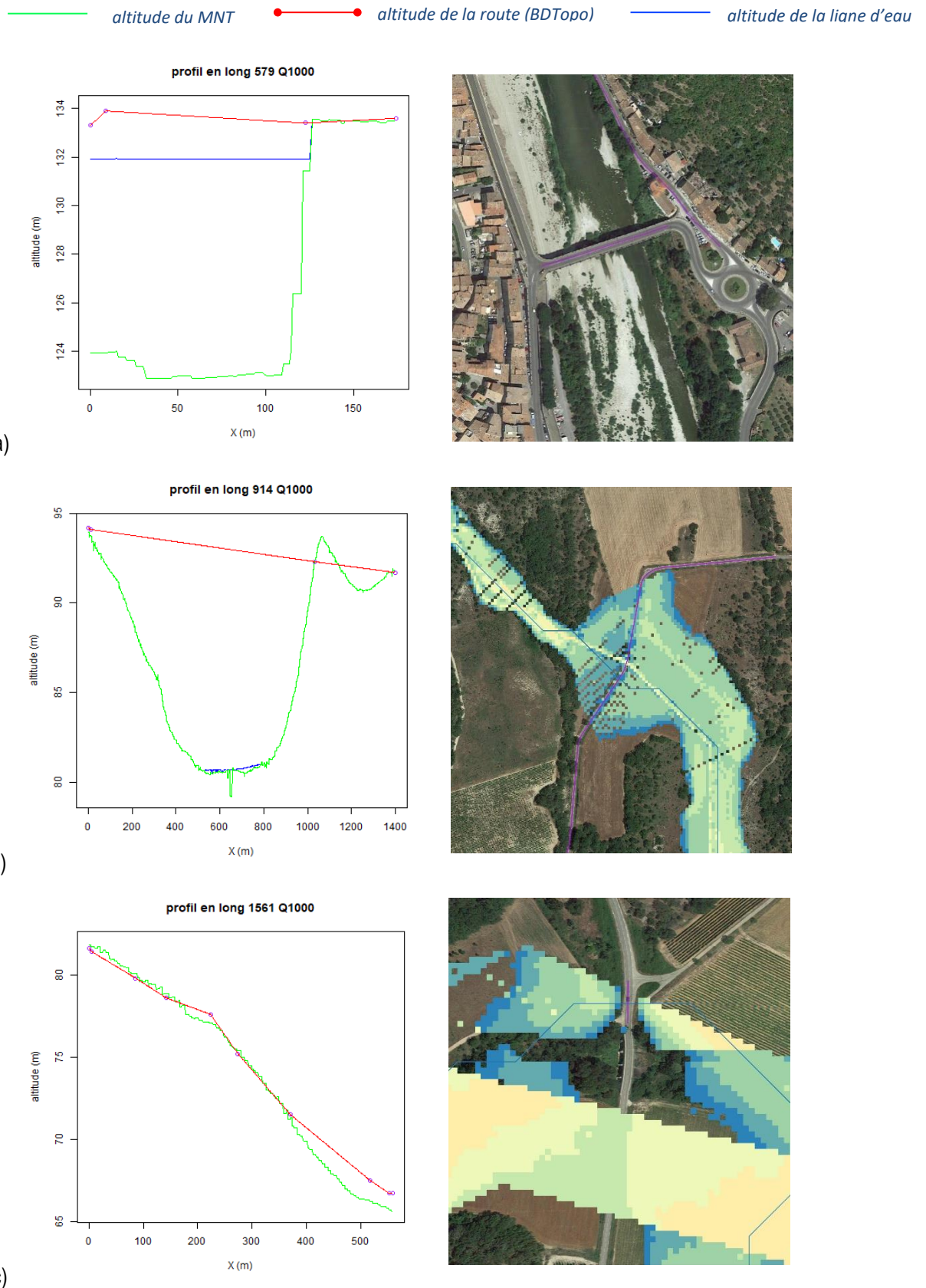


Figure 8. Illustration des cas problématiques conduisant à classer certains tronçons déjà inondés en classe de sensibilité très faible : a) cas d'un tronçon dont l'élargissement a été stoppé au niveau de bifurcations, et qui n'intègre pas le lit majeur, b) cas d'un tronçon pour lequel le profil en long est mal décrit par la BD Topo, et c) cas d'un tronçon pour lequel la simulation hydraulique est perturbée par la qualité du MNT (pas d'écoulement dans le lit mineur).

En revanche, le cas des tronçons déjà inondés et positionnés dans la classe de sensibilité très faible par RoadIno s'avère plus problématique. Ces cas s'avèrent limités en nombre (6). Ils ont plusieurs origines :

- dans deux cas, le tronçon routier examiné par RoadIno n'a pas été suffisamment allongé pour tenir compte de la totalité du lit majeur. En effet, l'élargissement est stoppé dès qu'une bifurcation est rencontrée. Ce cas est illustré sur la Figure 8.a qui correspond à la traversée du Gardon d'Anduze dans le village d'Anduze. Dans ce cas, l'itinéraire est coupé au niveau du lit majeur, qui n'a pas été pris en compte sur le profil en long établi.
- dans deux autres cas, l'altitude de la chaussée extraite de la BD Topo est mal identifiée (cas de tronçons routiers longs et dont les altitudes ne sont connues qu'aux extrémités, cf. Figure 8.b). Dans ces cas, il pourrait être plus pertinent de se baser directement sur les altitudes fournies par le MNT.
- enfin dans deux derniers cas, la qualité de la simulation hydraulique peut être mise en cause, probablement en lien avec des défauts ponctuels du MNT (cf. Figure 8.c). Dans ces cas, l'écoulement simulé est décalé par rapport au lit mineur, et n'est pas identifié sur le profil en long établi par RoadIno. Ce cas pourrait être résolu en allongeant un peu plus le tronçon routier sur lequel RoadIno examine le profil en long.

3.3 Comparaison avec la classification établie dans le cadre du projet PrediFlood

3.3.1 Association des deux classifications

Les classifications établies par J.P. Naulin dans le cadre du projet ANR PrediFlood portent sur 1975 points d'intersection entre le réseau routier et le réseau hydrographique du département du Gard (cf. Figure 2). Ces points d'intersection ont cependant été identifiés à partir de données différentes de celles utilisées pour l'application de la méthode RoadIno: réseau routier départemental fourni par le Conseil Départemental du Gard, et BD Carthage pour le réseau hydrographique. Ceci induit des différences significatives sur le nombre et la position des intersections étudiées.

Néanmoins, une partie importante des intersections sont présentes dans les deux jeux de données et ne sont généralement décalées que de quelques dizaines de mètres. De façon à associer les deux jeux de données, une correspondance a donc été établie à partir d'un buffer de 50 m de large. Ceci a permis d'identifier facilement les intersections pour lesquelles les deux classifications sont disponibles (cf. Figure 9), qui sont au nombre de 866 sur l'ensemble du département, et 454 sur le secteur de l'inventaire PICH.

Le nombre important d'intersections pour lesquelles une correspondance directe ne peut être établie entre les deux classifications s'explique par plusieurs raisons :

- D'une part la partie ouest (bassin de l'hérault) et l'extrême sud du département n'ont pas été pris en compte pour l'application de la méthode RoadIno
- D'autre part le niveau de détail du réseau routier et réseaux hydrographiques pris en compte s'avèrent parfois très différents, selon les secteurs considérés.

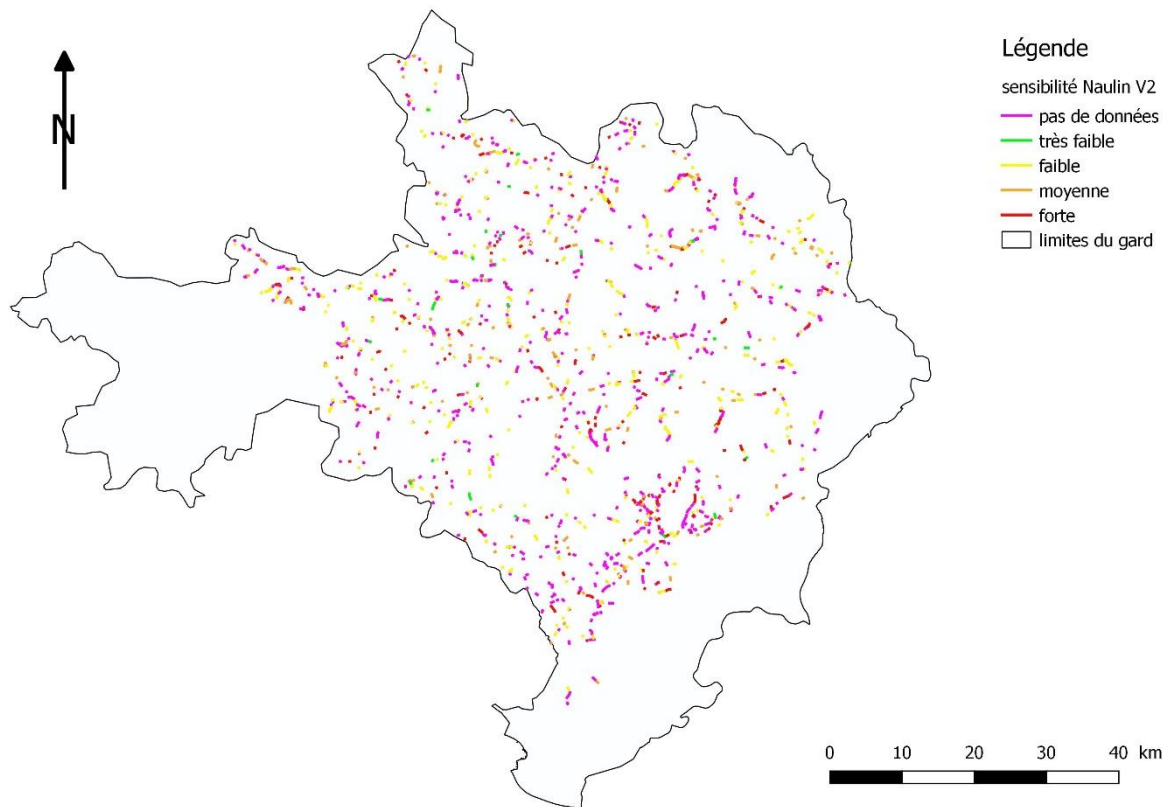


Figure 9. Carte des niveaux de sensibilité définis par la méthode Naulin V2, pour les 1785 intersections étudiées avec la méthode RoadIno.

Le Tableau 5 permet de comparer la classification obtenue par les deux approches pour les 866 points communs. Ce tableau illustre les très fortes différences existantes entre les deux classifications : environ 25% des points comportent un écart de deux classes ou plus, et 75 % des points ont un écart d’une classe au moins. Ces fortes différences s’expliquent à la fois par le fait que les critères de classification utilisés s’avèrent très différents, et également par le choix des seuils de répartition entre classes, qui déterminent les effectifs présents dans chaque classe. La classe de sensibilité très faible notamment est sous-représentée dans la classification Prediflood, alors que la classe faible est également relativement peu représentée dans la classification RoadIno.

Tableau 5. Comparaison de la classification en sensibilité du réseau routier avec celle obtenue dans le cadre du projet PrediFlood (version V2 considérée comme la plus aboutie)

Classification RoadIno	Classification PrediFlood (V2 – nombre d’intersections)				
	<i>Forte</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Faible</i>	<i>Très faible</i>	<i>Pas de données</i>
Forte	73	86	93	6	398
Moyenne	81	66	93	5	238
Faible	29	22	70	6	83
Très faible	39	41	144	12	200

3.3.2 Comparaison à la lumière des inondations observées

La Figure 10 présente une comparaison des deux classifications RoadIno et PrediFlood du point de vue de la répartition des tronçons déjà inondés / jamais inondés, sur le territoire de l'inventaire PICH.

Cette comparaison permet de dégager plusieurs tendances :

- La méthode RoadIno permet de placer beaucoup plus de tronçons non inondés dans la classe de sensibilité très faible, qui est très peu représentée avec la classification Prediflood.
- Ceci ne nuit pas à l'identification des tronçons déjà inondés, qui sont sensiblement mieux représentés dans les classes de sensibilité forte et moyenne avec la méthode RoadIno.
- La méthode RoadIno place légèrement plus de tronçons jamais inondés dans les classes de sensibilité forte et moyenne. Comme cela a déjà été indiqué, cela peut s'expliquer en partie par les limites du recensement des routes déjà inondées.

Au final, la classification RoadIno apparaît au moins équivalente, voire sensiblement plus performante que celle établie lors du projet PrediFlood. Ce résultat est très satisfaisant dans la mesure où la méthode RoadIno est beaucoup plus facilement transposable à d'autres territoires. En effet, elle ne nécessite pas d'ajustement local des seuils entre classes de sensibilité, contrairement à l'approche développée dans PrediFlood.

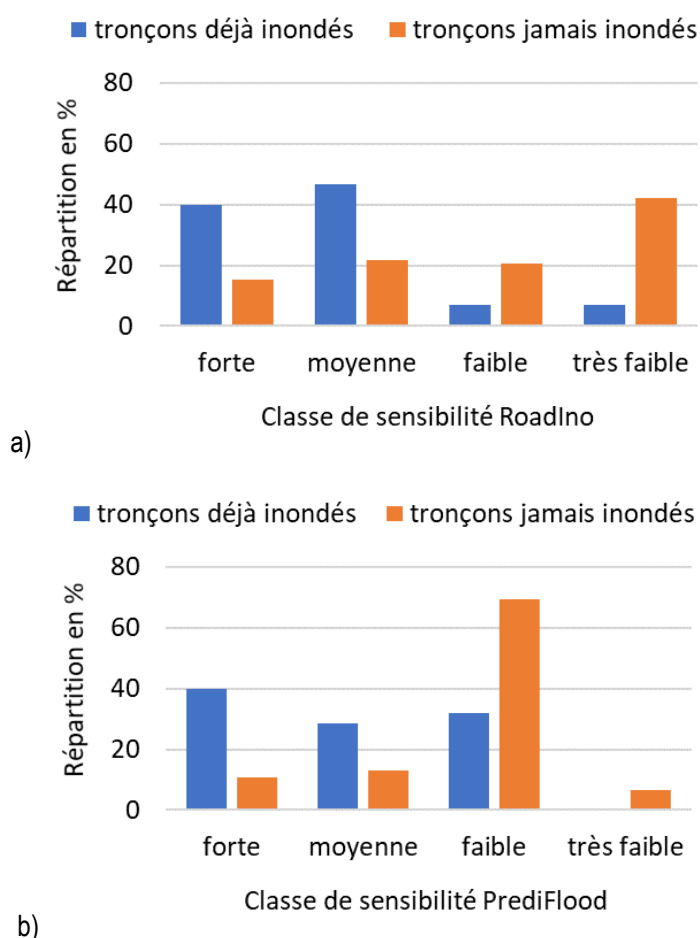


Figure 10. Comparaison de la répartition des tronçons déjà inondés/jamais inondés, au sein des classes de sensibilité définies par Roadino et PrediFlood (V2). Comparaison établie à partir des 455 tronçons communs classés par les deux méthodes sur le territoire de l'inventaire PICH.

4 Conclusion

Les résultats présentés dans ce rapport constituent une première évaluation à grande échelle de la méthode RoadIno permettant une estimation de la sensibilité des réseaux routiers aux inondations. Cette méthode a été initialement définie en 2018 dans le cadre du stage de Jules Jacquemet (ESGT). Elle permet d'estimer la période de retour d'inondation du réseau routier au niveau de chaque franchissement d'un cours d'eau. Elle a été appliquée ici à l'échelle de l'ensemble du département du Gard, et confrontée aux résultats obtenus sur ce même territoire lors du projet de recherche PrediFlood (2009-2012).

L'application de la méthode a porté sur 1785 intersections identifiées entre le réseau hydrographique (1km² de surface élémentaire) et le réseau routier de la BDTopo (routes d'importance 1 à 4). La méthode considère qu'environ un tiers des intersections ont une forte sensibilité à l'inondation (période de retour d'inondation inférieure à 5 ans, alors qu'environ un quart d'entre elles sont considérées comme très peu sensibles (période de retour d'inondation supérieure à 1000 ans).

Cette classification a pu être évaluée sur le secteur de l'inventaire PICH (moitié nord-ouest du département) sur lequel des observations relativement exhaustives des tronçons routiers inondés au cours des dernières décennies sont disponibles. L'évaluation montre que les classes de sensibilité forte et moyenne regroupent une très grande partie des tronçons routiers déjà inondés. De ce point de vue, le tri effectué par l'approche RoadIno semble d'une efficacité au moins équivalente, voire sensiblement supérieure, à ce que proposait la méthode mise en œuvre lors du projet PrediFlood.

Ces résultats paraissent très satisfaisants dans la mesure où la méthode RoadIno sera par ailleurs beaucoup plus facilement transposable à d'autres territoires. Un autre avantage de la méthode est qu'elle devrait permettre d'examiner facilement l'inondabilité des tronçons routiers traversant les lits majeurs sans franchir les cours d'eau (côtoiements), ce qui n'était pas possible avec l'approche PrediFlood.

Quelques limites de l'approche dans son état actuel ont également été identifiées : longueur des tronçons routiers considérés parfois encore insuffisante (ne couvrant pas tout le lit majeur) ; altitude de la chaussée parfois mal reconstituée à partir de la BDTopo ; limites des simulations hydrauliques, en lien avec la qualité parfois limitée du MNT. Sur tous ces points, la méthode semble encore pouvoir être améliorée.

5 Bibliographie

Jacquemet Jules, (2018). Evaluation de la sensibilité du réseau routier du Gard aux inondations, Rapport de stage, ECOLE SUPERIEURE DES GEOMETRES ET TOPOGRAPHES, 67 p., septembre 2018.

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. EarthSyst. Sci.*, 21, 5911-5928, <https://doi.org/10.5194/hess-21-5911-2017>

Naulin J.P. (2012), Modélisation hydrologique distribuée pour la prévision des coupures de routes par inondation, application au département du Gard. Thèse de doctorat, 268 p.

Naulin, J.P., Payrastre, O., Gaume, E. (2013) Spatially distributed flood forecasting in flash flood prone areas: Application to road network supervision in Southern France. *Journal of Hydrology* 486, 88-99, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.01.044>.