

Entre gestion des eaux pluviales et inondation : adaptation et coordination pour une meilleure gestion du ruissellement

■ V. GALLET¹

Mots-clés : adaptation urbaine, coordination, eaux pluviales, inondation, multifonctionnalité, risque, ruissellement
Keywords: coordination, flood, multifunctional, risk, runoff water, storm water, urban adaptation

Introduction

Une majorité de communes en France ont déjà connu au moins une fois une inondation par ruissellement, éventuellement accompagnée d'une coulée de boue ou d'une crue soudaine. Hier encore, des villes importantes étaient touchées : l'agglomération nancéienne en mai 2012, avec des dégâts estimés à plus de 50 M€, et la ville de Caen en juillet 2013, pour laquelle de nombreux bâtiments publics ont été inondés.

Avec l'évolution perpétuelle de nos territoires, que ce soit en matière d'aménagement ou de climat, la question ne peut rester aussi méconnue. Le sujet reste cependant difficile à traiter du fait de la complexité des phénomènes en jeu et du retard pris dans son étude, notamment comparé à l'avancée actuelle concernant les débordements de cours d'eau ou les submersions marines.

Le Centre européen de prévention du risque d'inondation (Cepri) a fait le choix de s'intéresser à la problématique de la gestion des inondations par ruissellement pluvial, en balayant le sujet, de la question des pluies courantes à celle des inondations extrêmes. Ce travail s'est notamment fondé sur l'étude de cas concrets reflétant des contextes territoriaux variés et s'est traduit par la publication d'un guide libre d'accès à destination des collectivités locales pour les sensibiliser sur le sujet et leur présenter les outils qu'elles peuvent actionner pour améliorer la gestion de ce risque.

Après un rappel des fondements de la problématique et du contexte qui l'entoure, on s'attachera à détailler les points essentiels de la stratégie dégagée pour la gestion de ce risque particulier. Pour le détail des outils opérationnels, le lecteur est invité à se référer au guide du Cepri présenté dans la bibliographie [CEPRI, 2014].

1. Les inondations par ruissellement pluvial

1.1. Du ruissellement à l'inondation

1.1.1. Le phénomène de ruissellement

Le ruissellement pluvial est un phénomène naturel d'écoulement surfacique des eaux de pluie qui n'ont pu ni s'infiltrer ni s'évaporer. On distingue des zones de production de ce ruissellement, des axes d'écoulement et des zones d'accumulation (points bas). Le phénomène dure jusqu'à ce que l'eau pluviale rencontre un élément du système hydrographique (cours d'eau, lac, marais, mer...) ou d'un système d'assainissement. Les eaux ruisselées peuvent se présenter sous la forme d'une nappe diffuse puis, avec l'accentuation de la topographie, se concentrer progressivement dans des sillons, ravines ou thalwegs.

L'origine du phénomène vient de l'incapacité d'un territoire à gérer les eaux pluviales qui arrivent au sol. Cela peut se traduire de deux manières : soit la pluie atteint un territoire dont le système de gestion des eaux pluviales (sol ou réseau d'assainissement) est déjà saturé et ne peut prendre en charge cet apport supplémentaire ; soit le débit de pluie tombant sur le territoire est trop important par rapport au débit de prise en charge possible des eaux pluviales par le sol

¹ Cepri – Centre européen de prévention du risque d'inondation – 10, rue Théophile-Chollet – BP 2019 – 45010 Orléans cedex 1.

ou le réseau. Les sols imperméables représentent un cas particulier de ce deuxième type de situation, puisqu'ils vont générer du ruissellement dès les pluies courantes, car leur capacité d'infiltration est presque nulle, donc rapidement dépassée. Ce problème est bien connu pour les revêtements urbains (asphalte, dalle béton, enrobé...), mais il peut également concerner des sols naturels limoneux, sujets au phénomène de battance.

La génération et la manifestation du ruissellement des eaux pluviales relèvent donc de très nombreux paramètres, dont certains peuvent évoluer au cours du temps. On retrouve ainsi des paramètres liés à la nature du territoire (topographie, nature des sols et sous-sols), à son occupation (nature des surfaces, microtopographie...) et, bien sûr, à l'événement pluvieux (durée, intensité, antécédents). Ce qu'il faut retenir, c'est que tout le territoire est concerné, urbain ou rural, plat ou vallonné, proche ou non d'un cours d'eau.

1.1.2. L'inondation par ruissellement

Le phénomène de ruissellement pluvial ne commence à être problématique que lorsqu'il rencontre des enjeux qui y sont vulnérables et qu'il devient dangereux de par son intensité.

Du fait des événements pluvieux qui les génèrent et de la nécessaire conjonction d'une palette de paramètres, l'inondation par ruissellement pluvial est souvent assez localisée, parfois à l'échelle d'une agglomération.

Ces inondations sont également soudaines et rapides, ce qui les rend particulièrement dangereuses et dommageables. La soudaineté peut venir de la brutalité de l'événement pluvial, des phénomènes de dépassement de seuil dans la génération du ruissellement, mais aussi de la simultanéité dans la concentration des flots. La dimension et la topographie du bassin versant jouent un rôle important dans la vitesse et la concentration des écoulements, donc de leur puissance. Étant donné que ces écoulements violents se déroulent en dehors des cours d'eau, ils sont d'autant plus dangereux, puisque difficilement imaginés par la population exposée. La puissance des flots peut générer des arrachements de sols, occasionnant alors des coulées de boue. Ils charrient

également des éléments solides, susceptibles de créer des embâcles au moindre obstacle.

Enfin, les eaux accumulées dans les points bas ont *a priori* une vitesse d'écoulement assez réduite, mais peuvent tout de même poser problème, par l'enneigement des installations qui y sont présentes. L'accumulation des eaux ruisselées peut également se produire en amont d'éléments du territoire faisant obstacle à leur écoulement (talus, bâtiment, embâcle...). Cela est d'autant plus problématique que ces espaces ne sont pas toujours identifiés comme étant inondables, donc peu préparés. De plus, ces barrages imprévus peuvent se révéler redoutables en cas de rupture soudaine. Ce fut le cas par exemple le 10 mai 2000 à Saint-Paër en Seine-Maritime, où un épisode pluvieux a généré un important ruissellement mêlé de boue dans un thalweg entravé par une route et une voie ferrée. Le phénomène fut d'une telle ampleur que la route et le remblai de la voie ferrée cédèrent, générant une vague de plus d'un mètre, très rapide, qui se propagea jusqu'à l'exutoire en contrebas, l'impasse du Glu, où étaient implantées 13 maisons. Les dégâts matériels furent considérables : voirie détruite, bâti endommagé, voie ferrée partiellement emportée.

1.1.3. Diversité et ampleur des impacts de ces inondations

Les inondations par ruissellement pluvial sont souvent associées à des coulées de boue ou à des crues soudaines qu'elles provoquent ou viennent aggraver. Il est donc parfois difficile de faire la part des choses entre ce qui est causé par le ruissellement ou par ces autres phénomènes. Il semblerait cependant que les inondations par ruissellement occupent une place non négligeable dans les indemnités relatives aux événements d'inondation. Certains assureurs estiment cette part à environ 40 % des indemnités attribuées dans le cadre du régime CatNat pour les inondations.

En effet, le type d'inondation qui nous intéresse ici peut avoir des impacts très importants, à commencer par la santé humaine, car la soudaineté et la puissance des flots représentent un réel danger pour les individus. Au niveau matériel, les écoulements peuvent dégrader les sols, aussi bien urbains (dégradations de

voirie) qu'agricoles (érosion des surfaces cultivées). Ils peuvent également emporter des éléments solides (véhicules, mobilier, cuves...) et devenir ainsi encore plus dangereux. L'érosion des sols résultant de tels événements est très dommageable pour l'agriculture : dégradation, voire arrachement des semences, perte de terre arable, ravinement des terrains et, dans les zones d'accumulation, sédimentation.

À cela s'ajoutent des impacts environnementaux, liés notamment au lessivage des sols par les eaux pluviales, qui diffusent alors les pollutions récoltées dans le milieu naturel. Cela vaut aussi bien en milieu urbain (métaux lourds, hydrocarbures, matières en suspension...) qu'en milieu rural (produits phytosanitaires, matières en suspension...). Cette pollution du milieu naturel génère parfois des problématiques pour le captage d'eau potable ou pour les activités nautiques (baignade interdite...).

Tout cela n'est bien sûr pas sans conséquence économique : dégâts matériels à réparer, embâcles à défaire, dépollutions éventuelles du milieu naturel, pertes économiques pour les agriculteurs et les activités nautiques...

Le cas de l'événement qui a touché l'agglomération nancéienne dans la nuit du 21 au 22 mai est assez parlant pour bien saisir les impacts d'une inondation par ruissellement. Cette nuit-là, des pluies exceptionnelles (période de retour supérieure à 500 ans) se sont abattues sur un territoire déjà gorgé d'eau. Ce sont alors 5 millions de mètres cubes qui ont ruisselé dans les rues. De nombreuses caves ont reçu plus d'un mètre d'eau et les hauteurs d'eau ont atteint 2 m par endroits. 60 communes ont été reconnues en état de catastrophe naturelle, et les dégâts ont été estimés supérieurs à 50 M€. Près de 3 000 habitations ont été sinistrées, ainsi que 400 entreprises et commerces. De nombreuses fuites d'hydrocarbures ont été constatées, générant des pollutions dans le milieu naturel.

1.2. Retour en arrière pour comprendre la situation actuelle

1.2.1. Petite histoire de la gestion des eaux pluviales

Il faut bien garder à l'esprit que le phénomène de ruissellement préexiste à tout aménagement de territoire. Par conséquent, en aménageant un espace (agricole ou urbain) on vient s'exposer de fait à ce

phénomène et on modifie les paramètres du territoire, ce qui historiquement a eu tendance à amplifier ses manifestations.

Pendant longtemps on a ainsi cherché à évacuer rapidement ces eaux générées sur les territoires, d'abord avec les eaux usées, sans faire de distinction, puis de manière séparative, ce qui évite d'engorger les stations de traitement et limite l'impact sanitaire d'éventuels débordements. Cependant, avec le développement des territoires, les volumes d'eau ruisselée sont en perpétuelle augmentation, face à des équipements à capacité limitée et constante. Les débordements de réseaux, les coulées d'eau boueuse et les ruissellements si intenses qu'ils ne peuvent entrer dans les avaloirs se multiplient et génèrent des inondations. De plus, la mise en canalisation des eaux pluviales occasionne des pics de débit très importants au milieu récepteur, qui peut entraîner des inondations en aval. Les eaux rejetées étant également très polluées.

Face à la généralisation de ces dysfonctionnements, apparaît dans les années 1970 l'idée de limiter les débits rejetés au milieu naturel afin d'écarter les débits circulant dans des canalisations dépassées en situation de pic et maîtriser également les débits rejetés au milieu naturel. On assiste alors à une généralisation des bassins de stockage, surfaciques ou enterrés. En plus de rester insuffisants (car limités, comme les canalisations) avec la poursuite du développement des territoires, ils souffrent d'un manque d'entretien, tombent parfois dans l'oubli (surtout lorsqu'ils sont enterrés) et sont pour beaucoup des plaies dans le paysage. Ainsi les systèmes d'évacuation des eaux pluviales sont rapidement à nouveau saturés, les ouvrages coûtent très cher, et, sur le plan foncier, les bassins prennent de la place pour un usage unique et ponctuel dans un milieu contraint. Avec l'évolution du cadre réglementaire pour la protection de la ressource en eau dans les années 1990, la pollution des eaux ruisselées devient un réel problème, ainsi que les eaux de surverse des déversoirs d'orage (mélange eaux usées et eaux pluviales). Comment limiter la pollution des eaux ruisselées et comment limiter les débits excédentaires dans les réseaux ? La gestion à la source des eaux pluviales vient répondre à ces deux enjeux : elle limite le

trajet des eaux, donc leur charge en polluants et elle limite les apports aux réseaux. En jouant ainsi sur l'origine de l'aléa ruissellement, on diminue la fréquence de ses manifestations. Se développent depuis des techniques dites alternatives au « tout tuyau », qui gèrent les eaux pluviales au plus près de leur point de chute et favorisent généralement l'infiltration (laissant peu de place au ruissellement), sinon la rétention avec débit de fuite limité.

1.2.2. Des facteurs de ralentissement persistants

Bien que l'évolution observée soit positive, on ne peut que constater les difficultés avec lesquelles elle s'est faite. Longtemps, les aménageurs de nos territoires sont restés ancrés sur une doctrine d'évacuation des eaux en souterrain, et cela persiste encore parfois, notamment auprès des élus, sur lesquels repose cependant le choix de l'innovation. De plus, il est difficile d'accepter l'atteinte des limites d'un système appliqué depuis des décennies, faisant l'objet de systèmes de calcul et de dimensionnement précis, pour aller vers des techniques émergentes, sur lesquelles on dispose de peu de retours d'expérience. Le sujet des inondations par ruissellement a également mis du temps à être traité, notamment du fait d'un amalgame général entre les inondations liées à des défaillances techniques des réseaux d'assainissement (manque d'entretien, mauvais dimensionnement...) et celles véritablement liées à des phénomènes pluvieux et hydrauliques exceptionnels. La limite est effectivement difficile à tracer et génère par ailleurs des difficultés dans l'attribution de financements, qui ne sont pas les mêmes selon qu'il s'agit de traiter une problématique réseau ou un risque naturel. D'ailleurs, les ressources mobilisables pour la gestion des risques naturels (Fonds Barnier, notamment) excluent catégoriquement les questions de gestion technique des eaux pluviales.

De fait, le ruissellement en tant que risque d'inondation a quelque peu été laissé de côté, en plus de sa grande complexité qui le rend difficile à appréhender. Beaucoup de retard a donc été pris sur ce risque, du moins comparé aux connaissances qu'on peut avoir aujourd'hui sur les inondations par débordement de cours d'eau. Cela implique qu'il y a finalement encore peu d'éléments de cadrage de la part de l'État sur le sujet, car sans cartographie ou modélisation de l'aléa,

pas de zonage du risque, donc pas d'appui réglementaire pour améliorer l'aménagement du territoire face au risque d'inondation par ruissellement.

Ainsi, si le tournant commence à être pris pour ce qui est d'une meilleure gestion des eaux pluviales (et donc une réduction de l'aléa de ruissellement), beaucoup arrêtent la réflexion à l'événement de dimensionnement des projets, alors qu'il y a au-delà tout un autre pan de la stratégie de gestion des inondations par ruissellement. Quant à la problématique de la prise de compétence « eaux pluviales », elle était déjà existante depuis un moment, en partie à cause de son caractère facultatif, mais elle persiste jusqu'à ce jour avec les évolutions réglementaires en cours, dont certaines posent question : maintien du caractère facultatif ? Groupement avec d'autres compétences obligatoires (assainissement, déchets) ? À quelle échelle la compétence sera-t-elle attribuée par défaut ?...

2. Pour une stratégie de gestion continue, du quotidien à la gestion de crise

2.1. Améliorer la connaissance et partager

L'amélioration de la gestion des inondations par ruissellement passe tout d'abord par un développement des connaissances et le partage des bonnes pratiques dans ce domaine, aussi bien sur les eaux pluviales que sur la gestion des inondations.

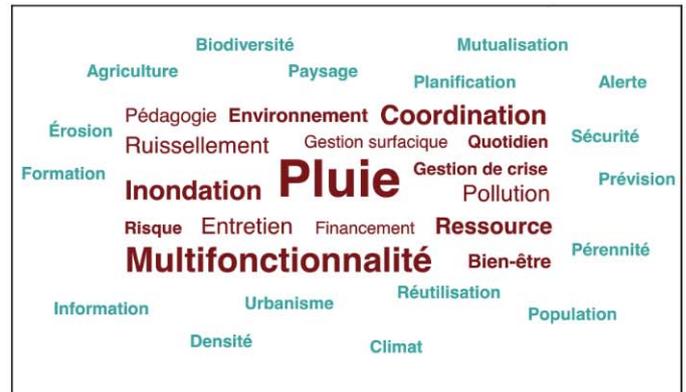
Il est ainsi important d'étudier l'aléa auquel est exposé un territoire, tout en s'intéressant en parallèle aux capacités des systèmes de gestion des eaux pluviales mis en place. Quelles sont les limites de ce système ? Quels seuils peut-on définir pour anticiper les dysfonctionnements, voire pour les qualifier, les quantifier et les localiser ? Avec la compilation des événements touchant un territoire et leur étude combinée de l'événement naturel (pluie, état des sols) et de la réaction du territoire, il devient possible d'établir des typologies de situations à risque. Mais ces études n'en sont encore qu'à leur début, ce qui explique l'absence volontaire en France de la prise en compte du risque d'inondation par ruissellement dans le premier cycle d'application de la directive inondation. Il est à ce titre primordial d'être à jour sur ce sujet lors de la révision des documents dans 6 ans, afin d'intégrer ce type d'inondation.

En ce qui concerne les techniques dites alternatives, celles-ci sont développées depuis maintenant plusieurs années et il faut pouvoir échanger sur les retours d'expérience qui peuvent être faits localement. On commence également à avoir assez de recul pour pouvoir faire un bilan de leur coût et de leur efficacité (communauté d'agglomération du Douaisis, Bordeaux Métropole...). Des recherches sont d'ailleurs également en cours pour répondre à des inquiétudes persistantes, telles que la capacité de ces techniques à dépolluer les eaux qu'elles gèrent.

Enfin, le partage des connaissances sur la gestion des inondations par ruissellement doit aller jusqu'aux usagers des territoires aménagés. D'une part, parce qu'ils sont tous acteurs face à ce risque, que ce soit en tant que générateur d'eaux ruisselées supplémentaires ou enjeu vulnérable face à l'aléa, et cela aussi bien en milieu urbain que rural. D'autre part, la stratégie de gestion des écoulements doit être comprise de tous, afin de garantir une gestion pérenne des équipements, mais aussi de meilleurs comportements en cas d'inondation : ne pas entraver la circulation de l'eau, ne pas s'inquiéter outre mesure de la mise en eau d'équipements prévus pour et ne pas chercher à empêcher cette mise en eau...

2.2. Une multitude de points d'entrée

La question de la gestion des inondations par ruissellement peut être abordée sous différents angles. Le premier envisagé peut être la gestion de l'eau, aussi bien à l'échelle d'une parcelle qu'à celle d'un bassin versant. La motivation peut elle aussi varier : gestion qualitative (réduction de la pollution) ou quantitative (économie de la ressource, recharge des nappes), appui à la biodiversité... On peut aussi s'intéresser à la gestion des eaux de ruissellement du point de vue de l'aménagement du territoire : pérennité des sols face à l'érosion, aménités en milieu urbain, génie climatique, sécurité des habitants... Enfin, les inondations par ruissellement peuvent être étudiées dans le cadre de la préparation à la gestion de crise sur un territoire : définition des seuils d'alerte, plan de mobilisation des équipes compétentes pour la sécurisation des zones dangereuses, sensibilisation de la population exposée...



Source : V. Gallet

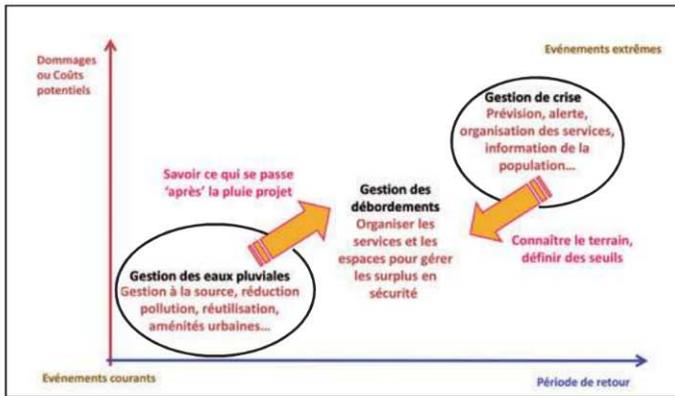
Figure 1. La gestion du risque d'inondation par ruissellement concerne de nombreux domaines qu'il convient de mettre en dialogue

On voit donc ici transparaître une multitude de problématiques, de thématiques, d'échelles d'action et d'acteurs potentiellement concernés. L'avantage est que cela fait autant d'actions qui pourront jouer en faveur d'une meilleure gestion des inondations par ruissellement. En revanche, cela demande un grand travail de coordination entre les domaines, de façon à ce qu'une mesure prise par l'un ne nuise pas à l'autre ; mais aussi entre les différentes échelles de territoire, pour avoir une gestion cohérente sur un même bassin versant. Cela se traduit par un besoin de coordination entre les différents acteurs d'un territoire, et des documents et mesures qu'ils émettent. Il faut pour cela réussir à quitter le cadre classique des services « en silo » pour aller vers plus de transversalité, mais cela nécessite avant tout des décisions politiques fortes.

2.3. Évolution des services

2.3.1. Transversalité et coordination

On l'aura compris, si aujourd'hui la tendance reste encore souvent à des services d'aménagement, de gestion des eaux pluviales et de gestion de crise sectorisés, la mise en relation de ces domaines semble essentielle. Les acteurs du pluvial, dont la tâche est, entre autres, de gérer au quotidien le phénomène de ruissellement courant, doivent connaître les limites du système qu'ils gèrent et être en lien avec les acteurs de la gestion de crise pour qu'ils soient avertis et renseignés sur ce risque de dysfonctionnement. Il est d'ailleurs dans l'intérêt de ces derniers de profiter de la connaissance de terrain dont disposent



Source : Cèpri

Figure 2. Les services de gestion quotidienne des eaux de pluie et ceux en charge des dispositifs de gestion de crise ont intérêt à se compléter pour améliorer les procédures de montée en puissance progressive de la gestion des événements pluvieux intenses

les acteurs du pluvial. Cette coopération doit permettre une meilleure continuité entre événement courant et crise d'inondation.

L'aménagement du territoire est également concerné par ces deux domaines. Afin que la gestion des eaux pluviales ne soit pas perçue comme une contrainte rajoutée de force sur un projet déjà pensé (projet d'aménagement urbain, mais aussi projet agricole), elle doit être envisagée dès les prémices du projet, afin d'être au contraire une source d'aménités : support de biodiversité, élément paysager, bien-être, lutte contre les îlots de chaleur, économies d'eau... L'aménagement du territoire est un élément clé pour ne pas aggraver (ou réduire) le risque d'inondation par ruissellement. Côté gestion de crise, l'aménagement a un rôle à jouer, car il permet d'adapter des espaces exposés au danger en cas d'inondation, mais aussi de préserver des éléments stratégiques pour la gestion de crise. L'aménagement du territoire peut également prévoir des espaces refuges en cas d'inondation soudaine due au ruissellement (point haut, étage d'un bâtiment public...).

Ainsi, acteurs de l'aménagement, du pluvial et de la gestion de crise doivent apprendre à travailler ensemble pour assurer une meilleure cohérence du fonctionnement des territoires, dans l'espace (amont-aval) et dans le temps (quotidien-crise). Il est essentiel de percevoir cette coordination comme un moyen d'amélioration et de développement des réalisations de chacun, et surtout pas comme une contrainte. Pour cela on peut imaginer qu'une

sensibilisation respective dans ces domaines ait un effet positif.

La coordination peut également s'étendre à d'autres services publics tels que la gestion des espaces verts ou des voiries. Elle est d'autant plus nécessaire que les techniques alternatives qui accompagnent ce renouveau de la gestion du pluvial apportent avec elles de nouvelles problématiques de gestion. En effet, beaucoup d'entre elles sont végétalisées (noues, jardin de pluie...) ou associées à la route (voie à structure réservoir...) et se pose alors la question du service qui est responsable de leur entretien. C'est le cas typique de la noue, que l'on peut considérer comme un espace vert (géré par la commune) ou comme un élément du système d'assainissement (géré par la commune ou l'intercommunalité), qui potentiellement gère des eaux de voirie (gérées normalement par la voirie, communale, départementale...). Il est alors extrêmement important de clarifier avant leur mise en service le statut de ces éléments et les responsabilités qui les accompagnent, quitte à établir des conventions entre les services de différentes collectivités locales, afin d'apporter de la cohérence et d'optimiser l'exploitation des compétences de chacun.

2.3.2. Notion de niveau de service

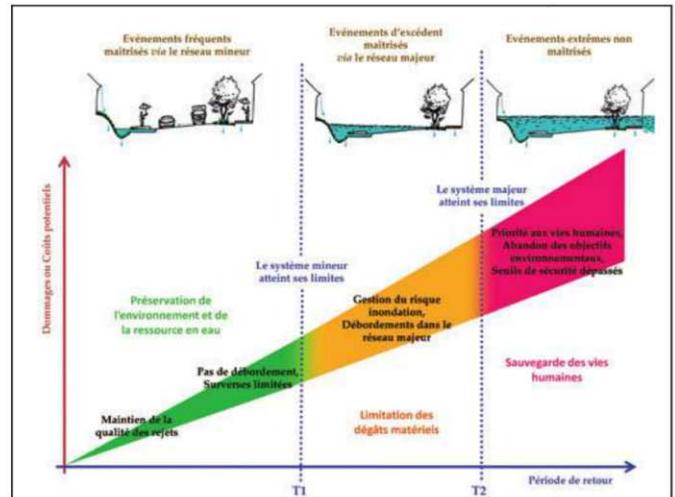
Afin d'explicitier la continuité à établir entre la gestion des événements du quotidien et celle des inondations, on peut introduire des niveaux de service, ou niveaux de réponse, suivant différents degrés de situation. En effet, si certaines choses restent inchangées quelle que soit la nature d'un événement (importance de l'entretien du système, disponibilité du personnel...), certaines priorités peuvent être révisées en fonction de la gravité de la situation. Alors, la coordination entre les services de gestion de l'eau et de gestion des risques est à nouveau importante pour prendre le relais de la gestion de ces priorités.

Pour des événements courants, on peut se concentrer sur la gestion durable des eaux pluviales : infiltration, dépollution, réutilisation... La gestion des pluies courantes ne doit pas occasionner de dysfonctionnement des systèmes (à condition que ceux-ci soient bien entretenus) et peut profiter à l'amélioration du

cadre de vie (effets positifs de la présence de points d'eau ou d'espaces verts en ville). À ce niveau, les particuliers peuvent aussi être impliqués à l'échelle de leur logement, que ce soit pour la contribution à l'infiltration ou la réutilisation de l'eau de pluie.

La connaissance des seuils de débordement du système permet d'anticiper sur le niveau suivant, pour des événements approchant ou dépassant l'événement « projet » ayant dimensionné le système. En effet, la gestion des inondations par ruissellement peut être améliorée en assumant et maîtrisant les premiers débordements et excédents de pluie non pris en charge par le système de gestion des eaux pluviales. Il s'agit de localiser et si possible de quantifier ces excédents de façon à adapter le chemin qu'ils vont emprunter (axes d'écoulement et zones d'accumulation) ou, dans certains cas, à orienter leur trajectoire. Les éléments participant à la gestion de ces excédents constituent un système souvent dénommé « système majeur », en complément du « système mineur », qui désigne le système de gestion courante des eaux pluviales. Le but d'une telle démarche est que ces premiers excédents ne soient pas directement générateurs d'une crise, même si certaines parties du territoire sont inondées, et puissent être gérés raisonnablement, en limitant les dommages matériels. Un exemple typique est celui de la ville d'Antibes, qui, le long des axes d'écoulement repérés, a travaillé à l'équipement des ouvertures des bâtiments par des systèmes de protection amovible (batardeaux...). En assumant les limites de capacité de son système de gestion des eaux pluviales et en adaptant le bâti le long des axes d'écoulement, la ville d'Antibes a réussi à réduire les dégâts matériels résultant d'événements de ruissellement intense générant pourtant l'inondation de l'espace public.

Bien sûr, au même titre que le système mineur atteint ses limites, il arrive toujours un événement pour lequel le système majeur est à son tour dépassé. On peut alors véritablement dire qu'on est en situation d'inondation par ruissellement. Dans ce cas-là, les préoccupations environnementales et matérielles laissent la place à la sauvegarde des vies humaines qui peuvent être mises en danger, notamment du fait de la rapidité de l'inondation et de la violence des flots. Les services en charge de la sécurité civile sont alors



Source : Cepri. Inspiré de CIRIA [2014]

Figure 3. Évolution des priorités stratégiques face aux impacts d'un événement pluvieux en fonction de sa période de retour

compétents et sollicités pour venir en aide aux personnes qui pourraient avoir été surprises par les eaux. Nous ne proposerons pas ici de seuil précis pour le passage d'un niveau de réponse à l'autre, et ce, pour deux raisons. Tout d'abord, parce qu'il s'agit là d'une décision politique, qui dépend du degré de risque acceptable par chacun et aussi du contexte local, qui peut imposer de lui-même ces périodes de retour limites. De plus, il faut bien avoir conscience que ces seuils sont accompagnés de plages d'incertitude et que, en fonction des antécédents pluvieux récents ou de l'état d'entretien des systèmes, un événement *a priori* courant sollicitera tout de même le réseau majeur (le cas inverse est cependant plus difficilement concevable).

2.4. La ville, support d'innovation pour la gestion des inondations par ruissellement

2.4.1. La voie de l'adaptation urbaine

L'expérience a montré que jusqu'ici le développement d'un territoire l'exposait au phénomène de ruissellement et qu'en plus la tendance allait souvent à l'aggravation du risque associé du fait de l'augmentation des volumes générés et de la dégradation de leur qualité. Bien que le risque zéro n'existe pas non plus pour les inondations par ruissellement, il existe tout de même des voies pour l'amélioration de sa gestion. Pour cela, il en revient à la ville de s'adapter au territoire sur lequel elle se développe, que ce soit

pour le maintien de la gestion des eaux pluviales au plus près du cycle naturel de l'eau, ou pour limiter les dommages humains et matériels en cas d'événement extrême. Adaptation du neuf, mais aussi adaptation de l'existant, souvent développé sans tenir compte de ces grands principes, afin de ne plus subir des conséquences d'une gestion des eaux pluviales parfois devenue difficile, et de maîtriser, dans la mesure du possible, les événements peu courants.

Une multitude d'outils portant sur différents domaines et diverses échelles d'action sont à disposition des collectivités pour aborder et cadrer le sujet sur nos territoires : plan local d'urbanisme (PLU), zonage pluvial, schéma de cohérence territoriale (SCoT), schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE)... Plus récemment sont apparus les plans de gestion du risque d'inondation (PGRI) à l'échelle des districts hydrographiques, qui seront bientôt suivis par les stratégies locales de gestion du risque d'inondation (SLGRI), à l'échelle des bassins versants ou des bassins de vie.

Le plan de prévention du risque d'inondation (PPRI) fait parti des documents émis par l'État (en la personne du préfet) qui peuvent non seulement définir le risque sur un territoire, mais également proposer, voire imposer des mesures d'adaptation urbaine pour le réduire, s'en prévenir et s'en protéger, réduisant ainsi la vulnérabilité du territoire. Il est d'ailleurs intéressant de noter que, sur certains territoires, les acteurs en charge de l'élaboration de PPRI spécialement dédiés au ruissellement (directions départementales des territoires, experts techniques...) cherchent à définir une grille de qualification de l'aléa spécifique au ruissellement. L'idée est d'avoir des seuils adaptés au ruissellement, se distinguant du débordement de cours d'eau, mais aussi de faire ressortir dans le zonage réglementaire les différences entre zones de production, d'écoulement ou d'accumulation, que ce soit en matière de caractéristiques de l'aléa ou de mesures à préconiser.

2.4.2. Multifonctionnalité

La notion de multifonctionnalité semble être une piste prometteuse pour une meilleure adaptation urbaine face au risque d'inondation par ruissellement pluvial. La multifonctionnalité consiste à attribuer plusieurs usages à un même espace, une même installation. L'idée ici serait donc d'adapter la ville

au risque de ruissellement en donnant à certains aménagements, en plus de leur usage courant (place de marché, parking, parc, terrain de sport...), un rôle dans la gestion des eaux pluviales excédentaires. Ainsi, au quotidien, l'espace est utilisé d'une certaine façon, et occasionnellement il est mis en eau pour participer à la réduction des impacts négatifs des surplus d'eaux pluviales. Ce principe a plusieurs avantages, bien que certains puissent être considérés comme étant à double tranchant.

Tout d'abord, dans un contexte de densification urbaine et de raréfaction du foncier disponible, les espaces multifonctionnels proposent une économie d'espace, évitant notamment d'avoir de vastes bassins inaccessibles qui ne servent que pour des pluies rares. Cependant, en cas d'événement rare sollicitant l'espace pour la gestion des eaux pluviales, il faut bien avoir en tête que celui-ci sera momentanément indisponible pour son usage courant (place, parking, parc...), le temps de la vidange et d'un éventuel nettoyage. Il est également nécessaire de s'assurer que les caractéristiques de l'aménagement pour son usage courant sont compatibles avec la présence occasionnelle d'eau, qu'elle soit stockée ou en écoulement (rapide).

Le fait d'avoir un usage courant venant accompagner un usage plus occasionnel est également la garantie du bon entretien de cet espace, alors qu'une installation dédiée uniquement à la gestion d'événements rares tombe souvent dans l'oubli. L'organisation de l'entretien d'un espace multifonctionnel est cependant à planifier avec soin avant sa mise en service, car il est courant que plusieurs compétences soient concernées par l'installation, ces compétences dépendant parfois de différentes collectivités locales.



Figure 4. En plus de leur usage courant, des espaces peuvent être dévolus aux surplus d'eaux pluviales

Source : Cepri, Gérer les inondations par ruissellement pluvial, octobre 2014

La mobilisation de plusieurs services sur un même aménagement permet également de solliciter différents budgets. D'un côté cela permet de partager le poids de l'investissement, de l'autre il est possible de rencontrer des difficultés pour la répartition des participations. Au même titre que les contraintes organisationnelles évoquées pour l'entretien de telles installations, la programmation du financement doit être établie dès le lancement du projet. Par ailleurs, un espace multifonctionnel permet *a priori* de faire des économies, puisqu'il limite le foncier utilisé, le nombre d'installations à entretenir et optimise sur l'année le taux d'utilisation de l'espace.

Enfin, un espace multifonctionnel permet aux usagers d'être au contact direct d'une installation de gestion des eaux pluviales. Cela peut avoir des vertus pédagogiques pour sensibiliser le citoyen à la présence de l'eau en ville et aux risques qu'elle peut aussi représenter en cas d'inondation. Il est alors d'autant plus intéressant que le fonctionnement hydraulique de l'aménagement soit facile à comprendre de tous (cheminements de l'eau, lieux d'accumulation, points d'évacuation...).

Conclusion – Un tournant à prendre

Certains freins d'ampleur persistent dans le domaine de la gestion des inondations par ruissellement, à commencer par celui d'une compétence qui n'est pas obligatoire, donc de responsabilités qui sont mal définies et qui restent en suspens malgré (à cause ?) des récentes évolutions réglementaires. On peut en effet évoquer ici l'introduction de la compétence de gestion des eaux et milieux aquatiques et prévention des inondations (Gemapi) par la loi Maptam, ou encore la loi NOTRe. Les possibilités de financement sont également incertaines, avec une insertion difficile du risque ruissellement dans les programmes d'action pour la prévention des inondations (PAPI), la suppression de la récente taxe pour la gestion des eaux pluviales et la frilosité du fonds Barnier face à un risque qui rejoint la gestion quotidienne des eaux pluviales. Du fait de ces responsabilités floues et de l'absence de financement dédié, les territoires restent très inégaux face à ce risque et certaines localités qui commençaient à s'engager dans ce domaine craignent les effets d'un retrait des départements sur le sujet, alors que certains étaient jusqu'à présent très impli-

qués dans les aides financières et techniques auprès des collectivités locales.

Malgré les difficultés évoquées, la gestion des inondations par ruissellement pluvial reste une problématique incontournable qui est destinée à prendre de l'ampleur avec la poursuite perpétuelle du développement et de la transformation de nos territoires, urbains ou agricoles, dans un contexte d'incertitude lié au changement climatique. Une évolution est en marche, qui doit être diffusée du mieux possible et profiter à une vision plus large de la gestion des pluies courantes jusqu'aux inondations par ruissellement, en passant par une multitude de thématiques transversales (protection de la ressource en eau, biodiversité, cadre de vie, climat...).

Pour cela, le portage qui est fait de la gestion de ce type d'inondation doit être renforcé et commence par une prise de conscience du fait que nous sommes tous concernés par la question. Le maire, qui a un pouvoir décisionnel sur les choix d'orientation en matière d'aménagement de son territoire ; les citoyens, occupants du sol, qui peuvent, à leur échelle, gérer les eaux de leur parcelle ; les aménageurs et maîtres d'œuvre, qui doivent proposer des solutions pérennes de gestion des eaux pluviales ; les services des collectivités locales, qui doivent apprendre à travailler ensemble pour des mesures plus complètes et efficaces. Cette prise de conscience passe par une sensibilisation, une information de tous les acteurs et, pour certains, une formation sur les techniques disponibles ou les méthodes de management de ces nouveaux types de projets.

Certes, les retours d'expérience sur le long terme sont rares en France, mais ceux qui ont adopté cette nouvelle vision de la gestion des inondations par ruissellement, il y a maintenant plusieurs décennies, en faisant des essais techniques et organisationnels constatent aujourd'hui une réduction du risque, accompagnée d'une multitude d'autres avantages (environnementaux, économiques, sociétaux) et sont des exemples dont il faut s'inspirer. Bien sûr, la difficulté de ce domaine est qu'il n'existe pas de solution clé en main et qu'il faut donc toujours vérifier la compatibilité des solutions avec le territoire et les adapter en conséquence.

Anticipation, adaptation, innovation !

Bibliographie

CEMAGREF (2011) : *Projet IRIP – Cartographie de l'aléa inondation par ruissellement.*

CEPRI (2014) : *Gérer les inondations par ruissellement pluvial – Guide de sensibilisation.*

CERTU (2000) : *Organiser les espaces publics pour maîtriser le ruissellement urbain.*

CIRCULAIRE du 16 juillet 2012 relative à la mise en œuvre de la phase « cartographie » de la directive européenne relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, NOR : DEVP1228419C

CIRIA (2014) : *Managing urban flooding from heavy rainfall – encouraging the uptake of designing for exceedance – C738.*

CIRIA (2012) : *Retrofitting to manage surface water – C713.*

CIRIA (2006) : *Designing for exceedance in urban drainage – good practice – C635.*

GRAIE (2009) : *Guide pour la prise en compte des eaux pluviales dans les documents de planification et d'urbanisme.*

GREAT LAKES UNITED – Union Saint-Laurent Grands Lacs (2010) : *Villes vertes, eau bleue – Guide d'introduction à la gestion écologique des eaux de pluie.*

GUITON M. (1994) : *Ruissellement et risque majeur, crue centennale en milieu urbanisé. Études de cas : le Grand-Bornand, Nîmes, Paris et Vaison-la-Romaine [thèse].* École nationale des ponts et chaussées, Paris.

KNAEBEL G. (1985) : *Évacuer ou retenir le ruissellement pluvial ? Les implications et les limites d'une nouvelle*

problématique, Communication à Rencontres Diagonales, 5-6 février 1985, 8 pages.

MATHIEU J., DÉGARDIN F., VIGNERON S. (2002) : *Catastrophes naturelles à répétition par orages : mécanismes naturels, anthropiques et administratifs, CERTU.*

MEDDTL – Ministère l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (2004) : *Plan de prévention des risques – Les risques d'inondation – Le ruissellement périurbain, Note complémentaire.*

MEDD/DPPR – Ministère de l'Écologie et du Développement durable/Direction de la prévention des pollutions et des risques (2006) : *Les collectivités locales et le ruissellement pluvial.*

NARCY J.-B. (2004) : *Pour une gestion spatiale de l'eau – Comment sortir du tuyau ?* Bruxelles, PIE – Peter Lang, Collection Ecoplis n° 4.

OIE – Office International de l'Eau (2014) : « Les eaux pluviales ». *Cahier Technique* ; n° 20, 48 pages.

PLAN SUBMERSIONS RAPIDES (2011) : Téléchargeable sur : www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Le_plan_submersion_rapide.pdf

RIOUST E. (2012) : *Gouverner l'incertain : adaptation, résilience et évolutions de la gestion du risque d'inondation urbaine : les services d'assainissement de la Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne face au changement climatique [thèse].* Université Paris-Est.

Résumé

V. GALLET

Entre gestion des eaux pluviales et inondation : adaptation et coordination pour une meilleure gestion du ruissellement

La mention du risque d'inondation évoque souvent les débordements de cours d'eau, plus rarement les problématiques de ruissellement pluvial. Or, pour ce type d'inondation, tout le territoire français est concerné, qu'il soit urbain ou rural, plat ou montagneux, en bord de mer ou loin d'un cours d'eau. Malgré des montants d'indemnisation importants, des événements graves récurrents et un développement perpétuel des territoires qui aggrave le risque de ruissellement, ce type de risque est encore peu connu, donc peu abordé. Le vent du changement est cependant en marche et le Centre européen de prévention du risque d'inondation (Cepri) a travaillé sur ce risque

d'inondation afin de sensibiliser et d'accompagner les collectivités sur ce sujet. Il propose ici une approche transversale, tant sur les disciplines que sur les typologies d'événements, pour une gestion continue, de l'événement pluvial quotidien à la crise d'inondation par ruissellement. Coordination interservices, connaissance du territoire et innovation sont ici les clés d'une adaptation urbaine réussie pour limiter et réduire le risque d'inondation par ruissellement pluvial. Loin d'être un résumé du guide ayant concrétisé le travail du Cepri sur la question, l'article présente ici le cœur de son propos, à l'instar d'un résumé non technique.

Abstract

V. GALLET

Entre gestion des eaux pluviales et inondation : adaptation et coordination pour une meilleure gestion du ruissellement

When you mention flood risk, people generally think about the rise in the level of a river, not about pluvial runoff issues. Yet any territory can be at risk of runoff flooding, whether it is rural or urbanized, flat or mountainous, on the coast or far away from any river. This topic is still barely known and rarely addressed in France, despite huge insurance compensation related to that risk, despite serious and recurrent runoff flooding events, and despite a permanent development of our territories that often make the runoff even worse. But things are changing and the Cepri (Centre européen de prévention du risque d'inondation) studied that type of flooding in order to

raise awareness among local authorities and help them when they come to that issue. We propose here a broad approach for the fields concerned, but also for the types of events that were analysed. For a better and continuous management of runoff water, we worked on all types of events, from the daily rainfall to the extreme runoff flood crisis. The keys here are the coordination between the different departments in charge of an area, a better knowledge of the territory and willingness for innovation. These may help and lead to an appropriate urban adaptation in order to reduce and manage the runoff flooding risk on our territories.

Un siècle de TSM en ligne !

Depuis 2015 il est possible de consulter les exemplaires des 101 premières années de notre revue (1906-2006). Trouvez-les dans le portail Gallica de la BnF.

Où trouver mon exemplaire dans Gallica ?

Les différents numéros de TSM peuvent être consultés gratuitement (Module de Recherche par mots clés) et téléchargés à discrétion, pour usages non-commerciaux en utilisant le chemin d'accès ci-dessous :

- 1 – <http://gallica.bnf.fr/>
- 2 – Clic sur «+» :
- 3 – Clic sur « **Auteur/Contributeur** » dans la grille de gauche,
- 4 – Sélectionner « **Source/Côte** »,
- 5 – Écrire « **Astee** » dans l'espace en vis-à-vis,

- 6 – Clic sur  Lancer la recherche , ,
- 7 – Six collections de périodiques éditées à partir de 1959 s'affichent ; votre consultation et/ou recherche peut (peuvent) alors commencer



Optimisation de la débitance d'un cours d'eau via un réseau de fossés d'évacuation

Exemple sur la basse plaine du Mamoul (Dordogne)



La Vallée de la Dordogne est un territoire de convergence hydrographique qui connaît de nombreuses crues. Dans le cadre d'un projet mené par le Syndicat Mixte de la Vallée de la Dordogne un travail de modélisation hydraulique a été réalisé pour établir le diagnostic de la capacité de drainage d'un réseau de fossés d'évacuation des crues.

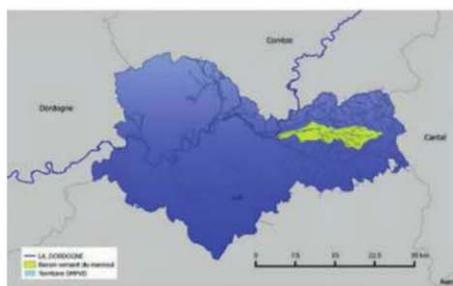


Figure 1 : Situation géographique du territoire du SMPVD et localisation du bassin versant du Mamoul (en jaune) - Extrait du rapport de stage de Barbara Annett (Mars 2016)

Présentation

Le Syndicat Mixte de la Vallée de la Dordogne (SMPVD) anime aujourd'hui et depuis 2003 des Plans d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) sur la basse plaine du bassin du Mamoul. Dans le cadre de ce plan d'action – qui vise principalement à traiter le risque inondation de manière globale – des actions combinant gestion de l'aléa et réduction de la vulnérabilité des personnes/biens/territoires – sont menés.

Un des projets se concentre sur le territoire de la basse plaine du Mamoul, rivière du Massif central qui s'écoule dans le département du Lot.

Le territoire comprend un réseau de fossés d'évacuation des crues du Mamoul qui se situent sur les communes de Bretenoux et de Prudhomat. Ce réseau est organisé en trois systèmes de décharge :

- Le système de Ségaro (commune de Bretenoux).
- Le système de Félines (Commune de Bretenoux et Prudhomat).
- Le système de Prudhomat (commune de Prudhomat).

Enjeux

Les enjeux face à l'aléa inondation au niveau de ces secteurs ont été identifiés : sécurité des habitations des

communes de Bretenoux et de Prudhomat face au risque d'inondation lié aux crues fréquentes, et maintien d'un réseau de drainage efficace qui assure une décrue rapide des plaines inondées.

Objectifs

Ce projet a eu pour objectif la mise en place de préconisations sur la gestion du réseau de fossés d'évacuation (curés pour la dernière fois en 2006) des crues de la basse plaine.

Étapes suivies :

- Réalisation d'un diagnostic des ouvrages, des profondeurs et du degré d'encombrements des tronçons.
- Construction d'un modèle hydraulique de la basse plaine du Mamoul, de la rivière Mamoul et du réseau de fossés sous le logiciel de modélisation **xpswmm**.
- Évaluation d'impact pour différents scénarii d'entretien et d'aménagement du réseau sous le logiciel de modélisation **xpswmm**.
- Enfin, mise en place des préconisations de gestion du réseau pour le maintien de la débitance du réseau de fossés.

L'article va s'attarder sous les dernières étapes et illustrer par un exemple de résultat obtenu.

Logiciel de modélisation utilisé

Développé par la société XP Solutions, le logiciel **xpswmm** est un logiciel de modélisation hydraulique et hydrologique, qui intègre au sein d'une seule et même interface la génération et l'édition des modèles, le pilotage des calculs et l'exploitation des résultats au sein d'une interface SIG dédiée.

Construction du modèle hydraulique 1D

Le cours d'eau du Mamoul ainsi que les réseaux de fossés de Ségaro et

Brajat ont été modélisés comme linéaires de cours d'eau naturels à écoulement unidirectionnel (1D).

La longueur, la pente, et les altitudes des berges pour chaque tronçon ont été définies automatiquement par le modèle à partir du MNT.

Les paramètres des dimensionnement des ouvrages anciens ont été définis à partir de données d'études techniques existantes. Les paramètres des aménagements postérieurs aux travaux de 2006 ont été définis par des relevés de terrain.

- La rivière Mamoul a été modélisée en 22 tronçons et 4 ouvrages (ponts).
- Le réseau de Ségaro a été modélisé en 15 tronçons et 3 ouvrages (3 ponts).
- Le réseau de Brajat a été modélisé en 22 tronçons et 10 ouvrages (1 pont et 9 buses).

Pour chaque tronçon, ont été renseignés :

- La section caractéristique (profil en travers).
- La profondeur maximale.
- La rugosité du lit mineur et des berges (coefficient de Manning).

Pour chaque ouvrage, ont été renseignés :

- La section caractéristique (dimensions).
- La hauteur du tablier.
- La rugosité du matériau de construction (coefficient de Manning).

Construction du modèle hydraulique 2D

La plaine d'inondation a été représentée par un modèle hydraulique 2D. Au sein de ce modèle ont été identifiées :

- Des zones inactives correspondant aux surfaces d'écoulement 1D.

- Des interfaces 1D/2D, permettant la jonction entre les deux domaines (les ruissellements de plaine rejoignent le réseau 1D, et les débordements du réseau 1D rejoignent les écoulements de plaine).
- La caractérisation d'occupation du sol – conditionnée par les facteurs de rugosité du type de couverture du sol –, la vitesse des écoulements à la surface de la plaine.

Évaluation d'impact - Hypothèses formulées et choix des scénarii à modéliser

À l'issue du diagnostic préliminaire, plusieurs questions se sont posées.

- L'embroussaillement de certains tronçons du réseau de fossés entraîne-t-il un ralentissement des écoulements et donc de la décrue ?
- Il y a-t-il un impact sur les débordements aval au niveau des zones sensibles habitées ?
- La sédimentation observée sur l'ensemble du réseau (7 cm) a-t-elle un impact sur l'étendue et la hauteur d'eau de la zone inondable en cas de crue décennale ?
- Quel impact aurait une nouvelle intervention de curage sur l'ensemble du réseau ?

Ces questions ont permis d'orienter les tests d'impact qui ont été réalisés via le logiciel de modélisation **xpswmm**. Scenarii :

- Sédimentation de 10 cm sur l'ensemble du réseau.
- Sédimentation de 20 cm sur l'ensemble du réseau.
- Augmentation de la profondeur des fossés de 30 cm sur l'ensemble du réseau.

Conditions aux limites

Les conditions aux limites en amont du modèle ont été choisies pour représenter les débits de référence pour une crue décennale. Ces débits ont été injectés au niveau des points amont du Mamoul et du réseau de Ségaro.

Les simulations ont été réalisées sans apport de précipitations ; le ruissellement issu des précipitations étant considéré comme non significatif en comparaison aux débits générés par le bassin en amont.

Par manque de données historiques des débits mesurés, les exutoires ont été modélisés comme exutoires libres.

Résultats - Observations :

L'impact de l'augmentation de la profondeur des fossés est limité au niveau

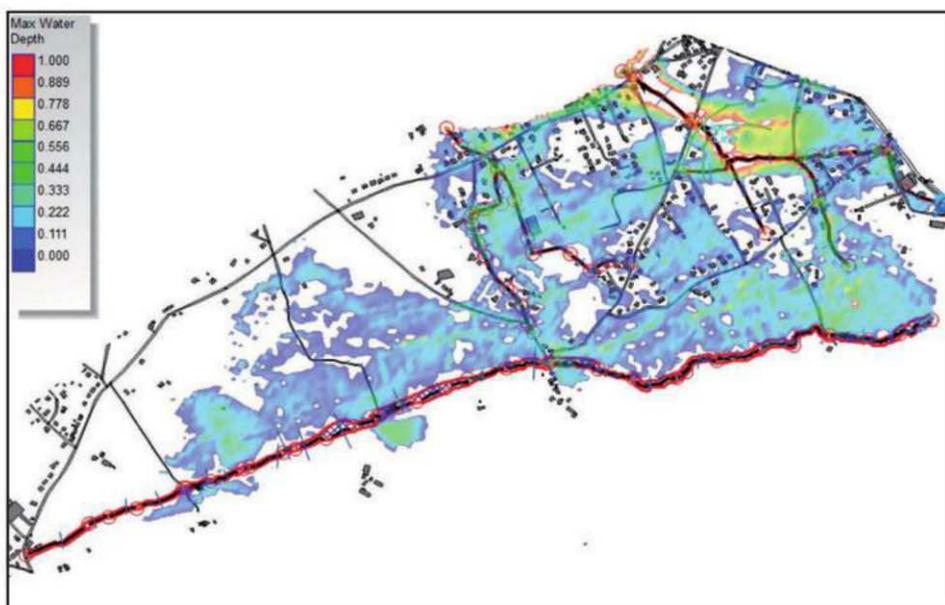


Figure 2 : Simulation de la zone inondée dans l'état actuel du réseau de fossé pour une crue décennale via **xpswmm** - Extrait du rapport de stage de Barbara Annett (Mars 2016)

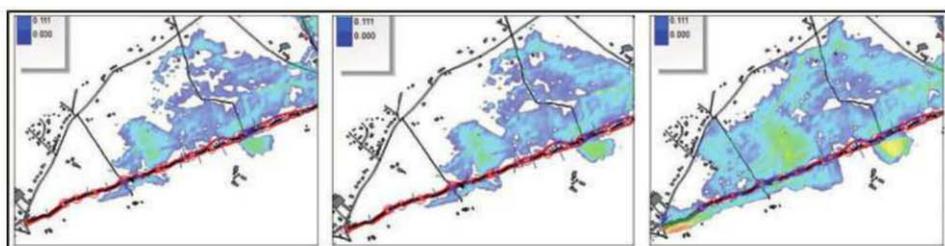


Figure 3 : Impact de la sédimentation du réseau de fossés sur l'étendue de la zone inondée en aval du réseau (de gauche à droite : situation actuelle, sédimentation de 10 cm, sédimentation de 20 cm) - Extrait du rapport de stage de Barbara Annett (Mars 2016)

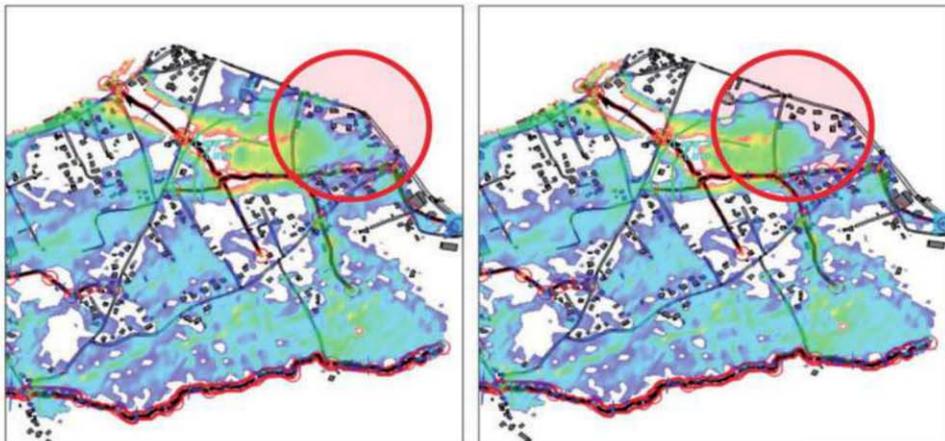


Figure 4 : Impact d'un curage de 30 cm sur la zone de Ségaro (de gauche à droite : situation actuelle, situation après curage) - Extrait du rapport de stage de Barbara Annett (Mars 2016)

de la zone en aval du réseau, on observe cependant un léger recul de la zone inondée. (Figure 3)

On observe un effet significatif du curage sur la zone habitée au nord du système de Ségaro. En effet, après augmentation de 30 cm de la profondeur des fossés, 6 habitations ne sont plus touchées par l'inondation. (Figure 4)

Conclusion

Le logiciel **xpswmm** a permis de réaliser des modélisations indicatives qui montrent que la profondeur des fossés

pourrait avoir un impact important sur les habitations situées au bord de ces zones. Une des premières recommandations serait donc de sensibiliser les riverains à l'entretien des fossés qui se trouvent sur leur propriété ou qui leurs sont adjacents, en insistant sur le fait qu'ils ne doivent pas être utilisés comme lieu de dépôt de résidus (déchets de toutes sortes, résidus de tonte...)

Auteurs : Jennifer Granja, Barbara Annett et Audrey Larousse