



GESTION DU
RUISSELLEMENT PLUVIAL
DANS L'AMENAGEMENT
URBAIN

Rapport bibliographique

Elodie Boulogne

Hugues Ithurriague

Nathan Martinet

Lise Montefiore

Zijiang Li

Enora Lucas

Guillaume Remy

Cathy Sauvaire

Projet encadré par Luc Neppel et Marie-George Tournoud

Résumé

La combinaison du changement climatique et d'une urbanisation toujours croissante tendent à accroître les risques d'inondation. Ce rapport présente le contexte réglementaire ainsi que les différentes politiques mises en œuvre afin de limiter ces risques, les techniques alternatives existantes pour mieux gérer l'écoulement et leur intégration dans le milieu urbain.

Des documents existent, de l'échelle du bassin versant à celle de la commune, et qui imposent des règlements ou suggèrent des prescriptions en ce qui concerne l'urbanisation. L'aménageur est ainsi soumis à des contraintes qui sont contrôlées principalement lors de l'avant-projet.

Tandis qu'auparavant l'évacuation des eaux pluviales se faisait grâce à des canalisations enterrées, les communes privilégient de plus en plus les techniques alternatives qui vont ralentir l'écoulement ou le stocker et l'infiltrer plutôt que de le propager vers l'aval. Ces techniques sont à l'air libre, telles les noues et les bassins de rétention sous forme d'espaces verts, afin que les habitants n'oublient pas la présence de ce risque.

Bien qu'il y ait une volonté de plus en plus forte d'intégrer le ruissellement pluvial dans l'urbanisation, les contrôles afin de vérifier le bon respect des règlements ou des dimensionnements d'ouvrage ne sont pas forcément suffisants et l'entretien de ces ouvrages, qui est pourtant un enjeu économique majeur, n'est pas souvent effectué.

Abstract

Climate change and growing urbanization are increasing the risk of flooding. This document presents the regulation and politics existing to prevent this risk, what are the current techniques for a better management of runoffs and how these techniques are integrated in the urban landscape.

Documents exist at different scales from the catchment basin to the town and dictate rules or suggest instructions on the urbanization and land use. Constructors have to comply with specific rules which are checked mostly during the preliminary draft.

In the past runoffs were evacuated downstream using buried pipes. Nowadays alternative techniques are preferred in order to slow the storm water and stock it or infiltrate it. These structures are in open air like swales and retention basins as public parks so that the citizen will not forget the risk due to flooding.

Although there is a real desire to improve the management of storm runoffs there isn't enough controls to check that the structures respect the regulation or are well designed. Furthermore, there is often no maintenance which is decreasing the effectiveness of these constructions.

Sommaire

Introduction	5
I. L'avant-projet : diagnostic et faisabilité	6
A. Les principales réglementations en vigueur.....	6
1. Contexte réglementaire	6
2. Les outils disponibles	8
B. Les contraintes de l'aménageur.....	15
II. La mise en place du plan d'aménagement	18
A. Les solutions alternatives à mettre en place.....	18
1. L'utilisation des voiries	18
2. Avantage économique des techniques alternatives.....	29
B. Le dimensionnement des ouvrages.....	30
1. Historique du dimensionnement.....	30
2. Le dimensionnement actuel et les seuils admissibles	30
III. La réalisation du projet : intégration au tissu urbain	36
A. Le traitement paysager	36
1. Préserver le site et optimiser l'espace.....	36
2. De bons et mauvais exemples d'aménagement	37
B. La pérennité et l'entretien des ouvrages	42
C. Le suivi des dispositions réglementaires	43
Conclusion :	45
Bibliographie :	46
Webographie :	46
Annexes :	47
Le dimensionnement des ouvrages de stockage par les méthodes simplifiées	47
1. Méthode des pluies	47
2. Méthodes des volumes	47

Table des figures

Figure 1: Vue d'ensemble des différents outils identifiés. Source: (GRAIE., et al. 2014)	14
Figure 2: Les outils et leurs utilités selon différents axes Source: (CERPI., 2014)	15
Figure 3 : Chaussée réservoir avec infiltration (hqe.guidenr, En Ligne)	20
Figure 4 Schéma général des tranchées de rétention et d'infiltration	21
Figure 5 : Démarche à suivre pour la conception des tranchées (Techniques alternatives en assainissement pluvial, Y. Azzout, F.N. Crès & Al).	21
Figure 7 : Les grandes étapes pour la conception d'un fossé ou d'une noue (Techniques alternatives en assainissement pluvial, Y. Azzout, F.N. Crès & Al).....	25
Figure 8 : Schéma général d'un toit stockant	26
Figure 9 : Les grandes étapes pour la conception des toits stockants (Techniques alternatives en assainissement pluvial, Y. Azzout, F.N. Crès & Al)	27
Figure 10 : Exemple d'une noue	37
Figure 11 : Aménagement de l'écoulement au niveau d'un mur	37
Figure 12 : Usage de la voirie	38
Figure 13 : Bassin de rétention	38
Figure 14: Terrasses perméables.....	39
Figure 15: Surfaces perméables	39
Figure 16 : Tranchée drainante	40
Figure 17: Vanne.....	40
Figure 18: Bassins de rétention	40
Figure 19 : Bassin de rétention à Saint Jean de Vedas.....	41
Figure 20 : Bassin de rétention près de Sanofi	41

Table des tableaux

Tableau 1: Récapitulatif des différents outils identifiés, leur législation et leur portée	14
Tableau 2 : Hiérarchisation des voies	18
Tableau 3 : Ordre de grandeur des coûts à la mise en œuvre des techniques alternatives	29
Tableau 4 : Extrait de la norme NF EN 752_2 (Grand Lyon, En Ligne)	31
Tableau 5 : Entretien à réaliser pour différentes techniques alternatives	42
Tableau 6 : Coûts d'entretien des différentes techniques alternatives.....	43

Table des sigles et abréviations utilisés

PLU : Plan Local d'Urbanisme

LEMA : Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques

MEDDE : Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie

MLETR : Ministère du Logement, de l'Egalité des Territoires, de la Ruralité

SAGE : Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SDAGE : Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux

PPRI : Plan de Prévention du Risque Inondation

EPCI : Etablissement Public de Coopération Intercommunale

PGRI : Plan de Gestion des Risques Inondation

CERTU : Centre D'Etude sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques

Introduction

En France, l'intensification des épisodes pluvieux, notamment dans le Sud, couplée à l'urbanisation croissante qui accentue l'étendue des surfaces imperméables d'année en année, soulève des interrogations sur la gestion du ruissellement urbain. Si les premières tentatives d'assainissement pluvial datent du 19^{ème} siècle, les problématiques de l'époque ne s'embarrassaient pas des objectifs actuels de développement durable et n'étaient pas tant sujettes à l'imperméabilisation massive des bassins versants. Récemment encore, l'hypothèse admise était basée sur la maîtrise quantitative du ruissellement, gérant le risque inondation grâce à des ouvrages démesurés qui canalisent l'intégralité des eaux de pluie selon le principe du « tout à l'égout ». Depuis les années 70, les techniques historiques d'assainissement pluvial sont fortement remises en cause pour deux raisons : l'incapacité à absorber les volumes pluviaux et les préoccupations quant à la qualité des eaux drainées. Face à la croissance démographique et l'urbanisation, les bassins versants voient leurs caractéristiques hydrologiques changer drastiquement : augmentation des vitesses d'écoulement, des débits de pointe, des hauteurs d'eau, des surfaces inondées. Ainsi, suite aux dégâts matériels et humains causés par les récentes inondations, les communes mettent un point d'honneur à intégrer ces facteurs dans leurs projets d'aménagements. Enfin, si l'urbanisation est responsable d'un écoulement majeur à l'exutoire des bassins, cela s'accompagne également d'une pollution non négligeable liée au lessivage aisé de surfaces imperméables telles que sols et toitures.

Alors que l'assainissement pluvial a longtemps consisté à évacuer les eaux le plus rapidement et le plus loin possible de la ville, les techniques actuelles visent plutôt à retarder l'écoulement tout en le débarrassant si possible des polluants et déchets qu'il pourrait acheminer dans le milieu naturel à des concentrations considérables. Cette nouvelle approche impose la mise en place de mesures compensatoires à l'imperméabilisation des sols, dites alternatives, soumises à la réglementation en vigueur. Par ailleurs, la nécessité d'optimiser l'espace et les dépenses dans les régions à forte densité démographique rendent indispensables l'intégration de ces aménagements au tissu urbain. Dans ce contexte, ce rapport bibliographique s'efforcera de répondre aux questions suivantes :

-Quelle est la réglementation actuelle en matière de gestion de ruissellement pluvial

-Quelles sont les techniques de remédiation préconisées aujourd'hui ?

-Comment intégrer au mieux ces techniques dans le tissu urbain ?

Afin de répondre au mieux à ces interrogations, une chronologie dans la mise en place d'un plan d'aménagement urbain sera suivie. Ainsi, il sera étudié dans un premier temps l'avant-projet qui consiste à diagnostiquer la problématique à laquelle répondre en confrontant les caractéristiques physiques du bassin versant avec la réglementation à respecter. Divers acteurs prennent part à ces décisions, arbitrés par l'Etat (dont le préfet est le représentant) et s'appuyant sur les outils réglementaires à leur disposition tels que la loi sur l'eau et les plans de prévention des risques. Puis, le plan d'aménagement en lui-même sera analysé : techniques à mettre en œuvre (techniques de remédiation), dimensionnement... Enfin il sera intéressant de voir comment se déroule la réalisation du projet : intégration dans le tissu urbain, disposition réglementaire...

I. L'avant-projet : diagnostic et faisabilité

La gestion du ruissellement des eaux pluviales est un enjeu majeur auquel les différentes entités administratives se doivent de répondre. Elles ont à leur disposition plusieurs outils pour les guider vers une démarche durable. Tout d'abord il existe un contexte réglementaire dont l'objectif est d'instaurer des obligations à l'échelle de la propriété comme de la commune afin de ne pas augmenter le ruissellement vers l'aval et d'améliorer la collecte des eaux pluviales. Les acteurs disposent également d'outils pour la gestion de l'eau et pour l'urbanisme définissant des politiques à suivre à différentes échelles (SDAGE et SAGE par exemple) et permettant une occupation des sols plus durables en définissant des zones non constructibles ou inondables par exemple (carte communale).

Les constructeurs doivent respecter des contraintes en fonction des différents documents existant et de la politique locale mise en œuvre. Les différents permis délivrés (permis de construire par exemple) permettent de contrôler le respect de ces obligations.

A. Les principales réglementations en vigueur

1. Contexte réglementaire

Il n'existe pas de contenu juridique propre à la gestion du ruissellement pluvial. Ainsi, il est nécessaire d'explorer l'ensemble du corpus législatif français pour identifier une ligne de conduite. Les principaux articles de loi et codes faisant référence à la gestion du ruissellement pluvial dans l'aménagement urbain sont présentés ci-dessous :

- Code Civil (promulgué le 10/02/1804 et dernière modification le 17/10/2015): articles 640, 641 et 681 (*MAIGNE., 2006*)

Les propriétaires situés à l'aval ont une obligation de servitude vis-à-vis des propriétaires amont. Ces premiers doivent accepter l'écoulement naturel des eaux pluviales sur leur fond. Cependant cet impératif disparaît si le ruissellement est aggravé par une intervention humaine (imperméabilisation, canalisation ...). Par conséquent, ces articles incitent indirectement à recourir à des techniques alternatives du fait des limitations imposées par l'exercice de cette servitude légale.

- Code de la santé publique (créé en 1953 et dernière modification le 15/11/2015) : article L 1331-1 (*MEDDE., 2013*)

La commune peut fixer des prescriptions techniques pour la réalisation des raccordements des immeubles au réseau public de collecte des eaux usées et des eaux pluviales.

- Code de l'urbanisme (créé en 1954 et dernière modification le 12/11/2015) : article R.123-18-II-1 et article 421-3 (MAIGNE., 2006)

Ces articles permettent d'imposer dans les permis de construire les dispositions contenues dans les règlements d'urbanisme tels que les règlements d'assainissement, règlements sanitaires ou encore les PLU (Plan Local d'Urbanisme). Mais également de soumettre les constructions et les installations de toute nature à des conditions spéciales (insérées dans le PLU) en raison de l'existence de risques naturels comme les inondations. Ces conditions sont une fois de plus insérées dans les PLU, détaillés en partie 2.b.

- La loi sur l'eau 03/01/1992 : article 35-III (MAIGNE., 2006)

Cet article, codifié par l'article L.2224-10 du Code Général des collectivités territoriales (voir précédemment) impose une obligation de résultat sur les zones spécifiées tout en ne précisant pas les mesures à prendre pour atteindre cet objectif. Le choix des moyens relève donc du pouvoir d'appréciation des communes.

- Code Général des Collectivités territoriales (promulgué le 21/02/1996 et dernière modification le 19/11/2015) : article L2224-10 (SERVICE PUBLIC., En ligne)

Les communes délimitent, après enquête publique :

- les zones où des mesures doivent être prises pour limiter l'imperméabilisation des sols et pour assurer la maîtrise du débit, de l'écoulement des eaux pluviales et du ruissellement de ces eaux
- les zones où il est nécessaire de prévoir des installations pour assurer la collecte, le stockage éventuel et, au besoin, le traitement des eaux pluviales et de ruissellement lorsque la pollution qu'elles apportent au milieu aquatique risque de nuire gravement à l'efficacité des dispositifs d'assainissement.

- Code de l'environnement (promulgué le 18/09/2000 et dernière modification le 22/03/2007) : article R214-1 rubrique 2.1.5.0 et article L214-53 (SERVICE PUBLIC., En ligne)

Le rejet d'eaux pluviales dans le milieu est soumis à un régime particulier qui est fonction de l'échelle de l'aménagement. Ainsi pour une superficie totale du projet :

- Supérieure ou égale à 20 ha : régime d'autorisation
- Entre 1 ha et 20 ha : régime de déclaration
- Inférieure à 1 ha : pas de procédure nécessaire

De plus la régularisation du rejet d'eaux pluviales du réseau antérieur à 1992 est soumise à une déclaration d'existence.

- Directive Cadre sur l'Eau(DCE) 23/10/2000 (GRAIE., et al. 2014)

Transposée dans le droit français par la loi n°2004-338 du 21/04/2004, elle regroupe tout ce qui s'apparente au domaine de l'eau et régit notamment, en ce qui nous concerne, la planification par l'intermédiaire des SAGE (Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux) et SDAGE (Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux) développés en partie **2.a**.

- Loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) 30/12/2006 : article 48 (MEDDE., 2013)

Les propriétaires des immeubles raccordés au réseau public de collecte des eaux pluviales sont redevables d'une taxe pour la collecte, le transport, le stockage et le traitement de ces eaux.

- Loi NOTRe 07/08/2015 : article165 (GOUVERNEMENT., EN LIGNE)

La Nouvelle Organisation Territoriale de la République vise à moderniser les actions publiques au niveau local. Une nouvelle carte des régions est dessinée et de nouvelles règles transversales sont établies, accordant plus de pouvoir aux métropoles. Cette réforme territoriale devrait permettre une clarification de la réglementation et une simplification de sa mise en application.

Au vue de la dispersion de l'encadrement juridique de la gestion du ruissellement pluvial, il est fort probable que toutes les dispositions législatives et réglementaires ne soient pas représentées ci-dessus. Cependant, on observe que la réglementation va, en règle générale, dans le sens de l'utilisation des techniques alternatives en contraignant les propriétaires qu'ils soient publics ou privés et en donnant des moyens d'actions aux communes et collectivités.

2. Les outils disponibles

a. Les outils de la gestion de l'eau

Des outils ont été conçus pour différentes échelles et permettent aux acteurs locaux, allant du comité de bassin à la commune, d'aborder le risque lié aux évènements pluvieux dans un contexte d'urbanisme en pleine croissance.

- Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) (DROBENKO., 2013 ; GEST'EAU., En ligne)

Imposé par la Loi sur l'eau du 3 janvier 1992, un SDAGE a été créé pour chaque grand bassin hydrographique français par les comités de bassin concernés. Son but est d'identifier les enjeux majeurs de la gestion de l'eau sur le bassin afin d'atteindre un bon état des eaux d'ici 2015 et d'assurer un équilibre économique.

L'élaboration d'un SDAGE se fait en plusieurs étapes. La première consiste à établir un état des lieux des caractéristiques du bassin, des impacts sur les eaux de surface et souterraines, une analyse économique des usages de l'eau et une définition des zones protégées. Le SDAGE est ensuite élaboré en donnant des orientations pour une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau. Il fixe les objectifs de quantité et de qualité à atteindre, définit les dispositifs et aménagements nécessaires pour atteindre les objectifs fixés et précise la prise en charge des coûts liés à l'eau en distinguant au moins le secteur industriel, le secteur agricole et les usages domestiques.

Une fois le projet fini, il est soumis à consultation du public un an avant son entrée en vigueur. Le SDAGE doit être adopté par le comité de bassin, et approuvé par le préfet coordinateur du bassin.

Les terrains ne peuvent pas être aménagés ou subir de grands travaux sans tenir compte du SDAGE.

Le SDAGE peut être complété par un Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) à une échelle plus locale. Les SDAGES sont mis à jour tous les 6 ans par le comité de bassin.

Comité de bassin : 40% de représentants de collectivités locales (majoritairement des représentants des communes) ; 40% de représentants des usagers, d'organisations socioprofessionnelles et d'associations ; 20% de représentants de l'Etat et de ses établissements publics.

- Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) (DROBENKO., 2013 ; GEST'EAU., En ligne)

Il s'applique à un sous bassin défini, cela peut être un aquifère, un bassin versant, une nappe, etc. Le SAGE est élaboré par une Commission Locale de l'Eau (CLE). A nouveau, il fixe les objectifs quantitatifs et qualitatifs à atteindre pour les masses d'eau concernées. Il définit la répartition de l'eau entre les usagers et éventuellement les priorités d'usage. Enfin, il coordonne les actions d'aménagement, de protection de la ressource, d'entretien des masses d'eau et de lutte contre les inondations.

Une fois arrêté par la CLE, le SAGE est soumis aux collectivités territoriales, aux chambres consulaires concernées et au comité de bassin. Il est ensuite soumis à enquête publique.

Il comprend une cartographie des règlements et impose un rapport de compatibilité par les autorités administratives et d'urbanisme. Les documents d'urbanisme doivent donc être compatibles ou rendus compatibles avec le SAGE.

CLE : 50% de représentants de collectivités territoriales et établissements publics locaux ; 25% d'usagers et associations ; 25% de représentants de l'Etat et ses établissements publics.

- Le Plan de Gestion des risques d'Inondations (PGRI) (DROBENKO., 2013)

Le PGRI est un instrument à l'échelle du bassin pour la prévention des inondations. Il doit mettre en œuvre les dispositions du SDAGE en ce qui concerne les inondations, assurer la surveillance et prévision des crues, réduire la vulnérabilité des territoires face aux risques d'inondations (en concevant une occupation durable du sol), développer la sensibilisation aux risques et identifier les travaux à exécuter.

Le PGRI est élaboré par les préfets coordinateurs des bassins en association avec les collectivités territoriales, les comités de bassin et les établissements publics territoriaux du bassin. Il doit être créé pour les territoires identifiés comme vulnérables au risque d'inondation.

- Le Schéma directeur de prévention des crues (DROBENKO., 2013)

Il est élaboré par le préfet du bassin. C'est un outil dérivé du PGRI qui permet d'assurer la cohérence des dispositifs de surveillance mis en place par les collectivités territoriales avec ceux de l'Etat et de ses établissements publics. En outre, il va identifier les cours d'eau surveillés par l'Etat, décrire les dispositifs de surveillance et de prévention et définir la cohérence de ces dispositifs. Sa dernière fonction consiste à établir un calendrier prévisionnel de mise en œuvre des objectifs à atteindre.

- Les Plans de Prévention des Risques Naturels Prévisibles (PPRNP) (DROBENKO., 2013)

Le PPRNP est imposé à toutes les communes concernées par le risque inondation bien qu'elles ne l'aient pas encore toutes élaboré. L'Etat définit un arrêté qui prescrit l'établissement du PPRNP. Un service déconcentré de l'Etat sera ensuite chargé de l'instruire en collaboration avec les collectivités territoriales, d'autres ministères et les citoyens.

Le PPRNP est une note définissant les secteurs géographiques à risque, les conséquences possibles ainsi qu'un règlement. Il définit deux types de zones :

- les zones exposées au risque mais pour lesquelles il est interdit de construire et d'aménager ou sous certaines conditions il sera possible de construire et d'exercer certaines activités.
- les zones non directement exposées mais pour lesquelles une urbanisation pourrait créer ou aggraver le risque. Il sera donc nécessaire d'interdire ou d'imposer des prescriptions dans ces zones.

Le PPRNP instaure des servitudes d'utilité publique. Le préfet est responsable de l'annexion du plan au PLU afin de garantir l'opposition à toute personne publique ou privée.

En cas de crise le Préfet peut imposer aux communes disposant d'un PLU/POS de modifier leur document d'urbanisme afin d'instaurer des servitudes d'urbanismes pour limiter ou interdire l'urbanisation.

- Les zones de rétention des inondations

Il est possible de distinguer les zones de rétention et les zones de prévention. Les zones de rétentions sont instaurées par arrêté préfectoral pour définir des zones d'aménagements pour augmenter le stockage des eaux, des zones où la mobilité du cours d'eau sera restaurée en amont des zones urbanisées et des zones stratégiques pour la gestion de l'eau pour préserver les zones humides.

Les zones d'érosion sur les sols agricoles peuvent causer des dégâts en aval. Des mesures agricoles adaptées pourront être mises en place.

b. Les outils de l'urbanisme

- Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) (GRAIE., et al. 2014 ; MLETR., En ligne)

Le Scot est un outil intercommunal qui fixe les grandes orientations d'aménagement et de développement durable sur son territoire en définissant et assurant la cohérence des politiques publiques qui seront mises en œuvre en matière d'habitat, d'économie, de déplacements, d'environnement, et d'organisation spatiale d'une manière générale. Il a été instauré par la loi dite SRU (solidarité et renouvellement urbains) du 12 décembre 2000. (Breil et al, 2014 Guide pour la prise en compte des eaux pluviales dans les documents de planification et d'urbanisme). Il est établi à l'initiative des communes avec une forte consultation du public et est approuvé par un syndicat mixte ou un ECPI.

Il est composé de deux documents principaux :

- Le Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) qui donne les principes politiques qui seront menées.
- Le Document d'Orientations et d'Objectifs (DOO) qui va mettre en œuvre le PADD et qui est opposable aux documents d'urbanisme comme les PLU, PDU, cartes communales et opérations d'aménagement (ZAC) entre autres.

Le SCoT doit respecter le contenu du SDAGE, SAGE et PGRI.

Afin de respecter un aménagement durable du territoire, ce document peut « limiter les possibilités d'imperméabilisation des sols et d'occupation des espaces utiles à l'écoulement des eaux ou à l'amortissement des crues, ainsi qu'identifier les secteurs sensibles au ruissellement urbain ». Pour ce faire des zones peuvent être définies pour limiter la densité maximale de construction ou pour créer une obligation de respect des performances environnementales renforcées. Par exemple le Scot peut imposer que l'aménagement urbain ne pourra se faire qu'après

la construction d'ouvrages hydrauliques permettant d'empêcher l'inondation de la zone pour un évènement pluvieux définit.

Il doit également analyser la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers des dernières années passées afin de justifier la réduction de cette consommation.

- Le Plan Local d'Urbanisme (PLU) (GRAIE., et al. 2014)

Le PLU fixe les règles de construction et d'aménagement du territoire de la collectivité. Il est régi par deux articles du code de l'urbanisme. Il est élaboré à l'initiative de la commune et le projet arrêté fait l'objet d'une enquête public. En absence de PLU les instructions de demandes d'autorisation d'occupation du sol sont régies par le Règlement National d'Urbanisme (RNU). Cependant, pour les communes dont le développement durable est un enjeu majeur il est nécessaire de créer un PLU.

La loi ALUR prévoit que les plans d'occupation des sols (POS) soient transformés en PLU d'ici le 1er janvier 2016. En effet les PLU doivent respecter les lois n° 2000-1208 du 13 décembre 2000 relative à la solidarité et au renouvellement urbain (SRU) et n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant sur l'engagement national pour l'environnement, ce qui n'était pas le cas des POS.

Le PLU exprime le PADD de la commune, définit l'occupation des sols comme le faisait le POS et peut définir des dispositions concernant l'aménagement, l'habitat et les transports.

Les communes peuvent imposer un règlement dans le PLU à l'adresse des constructeurs et aménageurs afin de limiter l'écoulement des eaux pluviales grâce à un stockage temporaire ou une meilleure infiltration :

- zones non constructibles ou une urbanisation limitée dans les secteurs d'accumulation et de production des eaux pluviales.
- Interdiction d'obstruer les axes de ruissellement privilégiés (talwegs) par des remblais par exemple.
- Emplacements réservés aux ouvrages de stockage ;
- Gestion des modalités de raccordement, limitation des débits
- Elaboration des principes d'aménagement permettant d'organiser les espaces nécessaires au traitement des eaux pluviales

Le PLU peut par exemple imposer que l'infiltration ou l'écoulement des eaux se fasse préférentiellement par des mesures alternatives (noues, voies drainantes, puits d'infiltration, etc.) plutôt que par bassin de rétention.

- La carte communale (GRAIE., et al. 2014)

La carte communale permet d'organiser le développement du territoire et la maîtrise de l'urbanisation à venir. Elle délimite les secteurs constructibles de la commune (art L124-1 et suivants du code de l'urbanisme). Elle doit être en accord avec le SCOT, le SDAGE et le SAGE afin de définir une occupation équilibrée du sol, préserver les écosystèmes et la gestion de l'eau.

La carte communale est également créée à l'initiative de la commune ou du groupement de commune. Le maire ou le responsable de l'ECPI en a la responsabilité. Le préfet portera à connaissance toutes les informations utiles en sa possession (périmètres de protection de captages, PPRI, etc.). C'est le préfet qui approuvera ou non la carte.

La carte définit les zones constructibles et non constructibles. Par exemple les zones inondables ou aux abords d'une rivière seront non constructibles, de même que les emplacements privilégiés de l'écoulement (talweg). Cependant elle ne comporte pas de règlement concernant le raccordement aux réseaux d'assainissement, ce qui peut être imposé ou préconisé dans le PLU.

Cet outil de l'urbanisme est principalement utilisé dans les petites communes rurales.

- Les contrôles de l'utilisation du sol et de l'espace (DROBENKO., 2013)

Dans le cadre d'un projet d'urbanisation ou d'aménagement, l'aménageur devra donc confronter ses contraintes économiques et techniques aux prescriptions des divers documents d'urbanisme et de la gestion de l'eau. Avant d'initier son projet, il lui faudra donc consulter les documents d'urbanismes en vigueur pour savoir si son terrain est en zone inondable ou dans une zone à urbanisation limitée, s'il existe des contraintes quant à l'écoulement des eaux pluviales ou des servitudes publiques par exemple.

Pour vérifier que le constructeur respecte bien les diverses prescriptions ou obligations, il existe des contrôles administratifs préalables sous forme de permis de construire, de permis d'aménager, la déclaration préalable ou encore le permis de démolir. Les décisions compétentes en matière d'urbanisme ne pourront être prises que si les travaux projetés sont conformes aux dispositions législatives ou réglementaires relatives à la nature, l'assainissement des constructions et l'aménagement de leurs abords. Cette exigence concerne aussi la plupart des projets dispensés de toute formalité.

c. Des responsabilités fragmentées

La gestion du ruissellement pluvial fait appel à un nombre important d'outils différents, identifiés dans la partie précédente. Un récapitulatif est présenté dans le tableau suivant tandis qu'une vue d'ensemble est disponible en figure 1 :

Réglementation	Législation	Portée
SDAGE	Loi sur l'eau, 3 janvier 1992	Bassin hydrographique
PGRI	Directive 2007/60, 23 octobre 2007, transposée en 2010	Bassin hydrographique
Schéma directeur	Code de l'urbanisme	Bassin hydrographique/ Communes
Procédure loi sur l'Eau	Décret du 29 mars 1993	Echelle locale
SAGE	Loi sur l'eau, 3 janvier 1992	Echelle locale
POS	Loi d'orientation foncière de 1967	Commune
PLU	13 décembre 2000	Commune
PPR	Prévention des risques naturels, loi du 2 février 1995	Commune/regroupement de communes
SCOT	13 décembre 2000	Regroupement de communes
Règlement de ZAC	Code de l'urbanisme	Collectivité

Tableau 1: Récapitulatif des différents outils identifiés, leur législation et leur portée

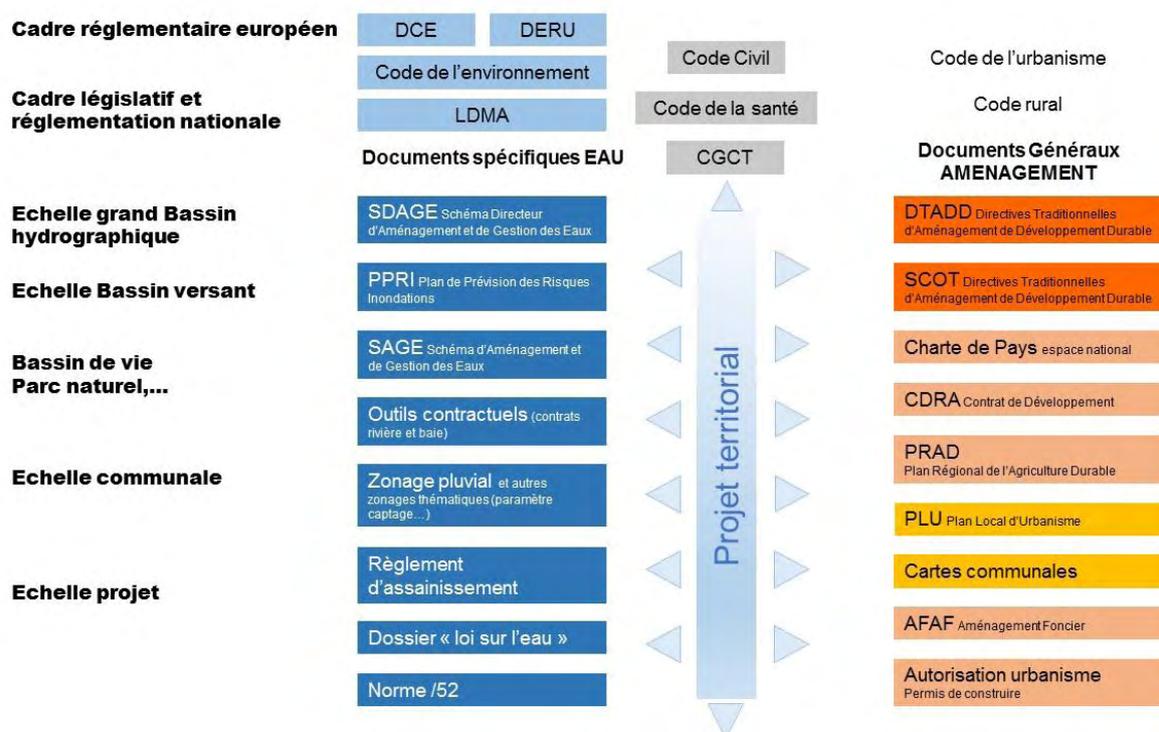


Figure 1: Vue d'ensemble des différents outils identifiés. *Source:* (GRAIE., et al. 2014)

De plus, cette gestion fait l'objet de responsabilités fragmentées entre ces différents outils. Un tableau synthétique mais non exhaustif est présenté en Figure 2. Même si tous les intitulés non pas été décrits précédemment, en parties 2.a et 2.b, cette Figure 2 permet d'identifier clairement le rôle de chaque outil mais également de constater le recoupement de certains axes entre plusieurs réglementations. Pour exemple, la non aggravation des phénomènes de ruissellement dépend à la fois du PPRI, du PLU, du SAGE et du SDAGE. Ceci montre bien la complexité de la gestion du ruissellement pluvial.

	Gestion des eaux pluviales					Aménagement du territoire							Sensibilisation											
	Solidarité amont-aval	Zonage pluvial	Schéma directeur de gestion des EP	Règlement d'assainissement	Techniques de gestion des écoulements	Pratiques agricoles	PPRI	SCoT	PLU	SDAGE	SAGE	Opérations de rénovation urbaine	Procédures d'aménagement	Trames bleues et vertes	Acquisition amiable/Expropriation	Information préventive	Concertation et implication des acteurs	Formation du personnel	Prévision	Système d'alerte	Dispositif ORSEC	PCS	Réduction de la vulnérabilité	RCSC
1. Réduction du phénomène de ruissellement																								
2. Non-aggravation du phénomène de ruissellement																								
3. Maîtrise des écoulements excédentaires																								
4. Limitation de l'exposition d'enjeux vulnérables en zone inondable																								
5. Adaptation de l'existant																								
6. Adaptation organisationnelle																								

Figure 2: Les outils et leurs utilités selon différents axes *Source: (CERPI., 2014)*

B. Les contraintes de l'aménageur

Au-delà des contraintes réglementaires que l'aménageur doit respecter, il doit également répondre à d'autres impératifs :

- Définir la nature du projet selon les objectifs à atteindre (CERTU, 2000)

Une fois le diagnostic du site établi, l'aménageur doit confronter les objectifs économiques et techniques aux autres contraintes soulevées. Il est alors essentiel pour lui d'établir des choix stratégiques quant à la nature du projet : l'organisation de l'espace selon les fonctionnalités à apporter, le niveau de protection souhaité compte tenu de l'occupation, la gestion des espaces collectifs et terrains privés, etc.

- Déterminer l'occupation du sol par rapport aux contraintes foncières

Après avoir défini la nature du projet, l'aménageur doit ensuite se préoccuper de l'occupation du sol. En effet, il est essentiel de prendre en compte les contraintes foncières, dont certaines sont imposées par la réglementation détaillée dans la partie précédente. Ceci permet de fixer la part des espaces verts obligatoires, la largeur de la voirie, le nombre de places de parking à fixer, les coefficients d'imperméabilisation etc.

- Révéler les contraintes socio-économiques

Les contraintes budgétaires sont au cœur des problématiques actuelles. Les conditions socio-économiques de la région influencent grandement le type d'aménagement à mettre en place, d'autant plus lorsqu'il s'agit de la gestion des pluies dites « courantes ». Les techniques alternatives, détaillées dans la partie II., sont de plus en plus utilisées car elles représentent une solution plus rentable qu'un assainissement par tuyau.

- Tenir compte des caractéristiques hydrauliques

Les aménagements devront être dimensionnés selon les apports en amont et le débit à restituer en aval selon l'environnement à respecter : rivière dont la capacité est limitée, réseau existant à ne pas surcharger, zone potentiellement inondée etc.

- Choisir le niveau de protection

L'aménageur a deux possibilités en termes d'objectif à atteindre. Soit il cherche à dimensionner ses ouvrages pour des périodes de retour de 2 à 10 ans, auquel cas il s'agit d'assainissement afin de gérer les pluies courantes à rares ; soit il veut être capable de faire face à des événements pluvieux exceptionnels, auquel cas il s'agit de limiter les inondations. En fonction de ces deux options, le type et le dimensionnement de l'aménagement sera différent.

La gestion des eaux pluviales est règlementée et plusieurs outils définissent une politique ou des actions à suivre afin de ne pas aggraver l'imperméabilisation des sols. Cependant les responsabilités sont fragmentées et les documents administratifs nombreux. Il devient parfois complexe de retrouver toutes les préconisations à respecter. Bien que l'aménageur ait des contraintes elles ne sont pas forcément suffisantes (il peut choisir de dimensionner ses ouvrages pour une pluie courante avec une période de retour de 2ans ce qui n'est pas forcément le plus judicieux). Par manque de moyen et de temps les contrôles post-aménagements sont rares.



Il devient de plus en plus évident qu'une gestion à l'échelle du bassin versant et non plus locale est nécessaire. Cependant, le nombre de documents et leurs disparités rend cette gestion complexe à mettre en œuvre.

II. La mise en place du plan d'aménagement

Une fois les contraintes et objectifs définis, le plan d'aménagement se met en place. A l'heure actuelle, les ingénieurs mettent en place des mesures compensatoires, imposées par la réglementation vue précédemment. Ces différentes méthodes seront présentées ci-dessous.

La conception et le dimensionnement des ouvrages cités ne sont pas universels et dépendent de la protection souhaitée. Néanmoins, la démarche employée suit une certaine logique, comme par exemple les clés proposées par Y. Azzout.

A. Les solutions alternatives à mettre en place

Face à l'imperméabilisation croissante en zone urbaine, les réseaux unitaires mis en place pour gérer le ruissellement pluvial ne suffisent plus. C'est pourquoi les communes se tournent aujourd'hui vers les techniques alternatives. Elles ont pour objectif de réguler les débits, épurer au mieux les eaux de ruissellement et enfin diminuer les volumes s'écoulant vers l'aval. Elles permettent de proposer une solution moins coûteuse au réseau d'assainissement enfoui. De plus, elles limitent les risques d'inondation par répartition des volumes et des flux. Leurs mises en œuvre est généralement facile et s'intègrent parfaitement dans le tissu urbain, voir détails en partie III.

1. L'utilisation des voiries

a. *Le type et l'orientation des voies (CERTU, 2000)*

Bien que les eaux de ruissellement générées par les voiries lors d'événements pluvieux puissent engendrer des débits importants, une bonne gestion du réseau des voies de circulation participe à l'acheminement des écoulements en dehors de la ville.

De manière générale, les voies sont hiérarchisées selon leur rôle :

Voies	Type	Rôle
De transit	1	Relient les villes entre elles
Artérielles	2	Relient les quartiers de la ville
De distribution	3	Sont internes au quartier
De desserte	4	Donnent accès aux habitations

Tableau 2 : Hiérarchisation des voies

Les objectifs en matière de gestion des eaux pluviales sont définis selon la hiérarchisation des voies établie ci-dessus :

-Pour les voies de type 1 et 2, il est impératif d'éviter les ruissellements autres que les leurs. Autrement dit, aucun flux extérieur ne doit être dirigé vers cette catégorie de voirie. En effet, il s'agit des routes les plus empruntées et présentant donc le plus gros risque potentiel : les conséquences d'une inondation de ces voies peuvent être très importantes en terme de dégâts matériels et humains.

-Les voies de type 3 assurent l'écoulement des eaux lors d'un événement pluvieux. Cependant, la circulation doit pouvoir être rétablie immédiatement après la pluie, pour les usagers. Dès lors que le réseau déborde, ces voies sont sollicitées pour l'écoulement des eaux superflues.

-Les voies de type 4 sont destinées au stockage des eaux. Afin d'assurer cette fonction, leur pente ne doit pas être prononcée. De plus, elles doivent pouvoir répondre à la condition suivante : pour une période de retour inférieure à 10 ans, la hauteur d'eau acceptable est celle de la bordure du trottoir. Pour des événements plus rares, le seuil des habitations est envisageable comme limite. Tout comme le type 3, ces voies sont sollicitées en cas de débordement du réseau, en général pour des pluies supérieures à une période de retour décennale.

A l'échelle d'une opération d'aménagement tel qu'un lotissement ou éventuellement un quartier, la hiérarchisation établie n'a plus vraiment lieu d'être. Néanmoins, il reste intéressant de retenir que les voies de distribution sont mises à contribution pour l'écoulement des eaux de ruissellement, tandis que celles de desserte sont plutôt utilisées pour le stockage. Concernant les hauteurs d'eau et débits acceptables sur ces voies, tout dépendra de la topographie.

Remarque : il faut également tenir compte des éléments présents sur la voirie tels les terre-pleins ou les ronds-points. En effet, ils peuvent jouer le rôle de barrages face à un écoulement et créer de véritables embâcles s'ils cèdent. De même, afin d'éviter l'entraînement des véhicules qui peuvent créer des dommages ou des barrages, le positionnement des voitures est essentiel : il sera en long ou interdit sur les voies destinées à l'écoulement et en épi sur les voies assurant le stockage.

Avant l'apparition des canalisations d'assainissement enterrées, les voies ont été orientées de sorte à évacuer l'eau vers les points bas. Les écoulements transitaient par l'intermédiaire de caniveaux et les habitations étaient légèrement surélevées. Actuellement, les voies créées ne tiennent plus compte de leur capacité à gérer un écoulement. Si l'orientation des voies était adaptée, il serait possible d'optimiser cet aspect.

Couramment, ce sont des profils en « toit » qui sont utilisés pour les voies urbaines. Le point haut est situé au centre. Cependant, ils n'offrent qu'un très faible stockage puisque l'eau est dirigée vers les caniveaux. Afin d'améliorer la capacité de stockage des voies, ce sont des profils en « V » qui sont aujourd'hui préconisés. Ils véhiculent un débit plus important que ceux en « toit » pour une même hauteur d'eau, au regard de la formule de Manning-Strickler : $Q = K * R_h^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}} * S$

Toutefois, il faut rester vigilant aux vitesses qui ne doivent pas être trop rapides. Par conséquent, une alternance de profils en « V » et « toit » est parfois mise en place afin de ralentir l'écoulement.

b. Le revêtement des voies (GRAND LYON METROPOLE, en Ligne)

L'utilisation d'un matériel drainant pour le revêtement des voies joue également un rôle dans le stockage temporaire des eaux de pluie. A cet effet, les chaussées à structure réservoir avec infiltration sont couramment utilisées, à l'image de la figure ci-dessous :

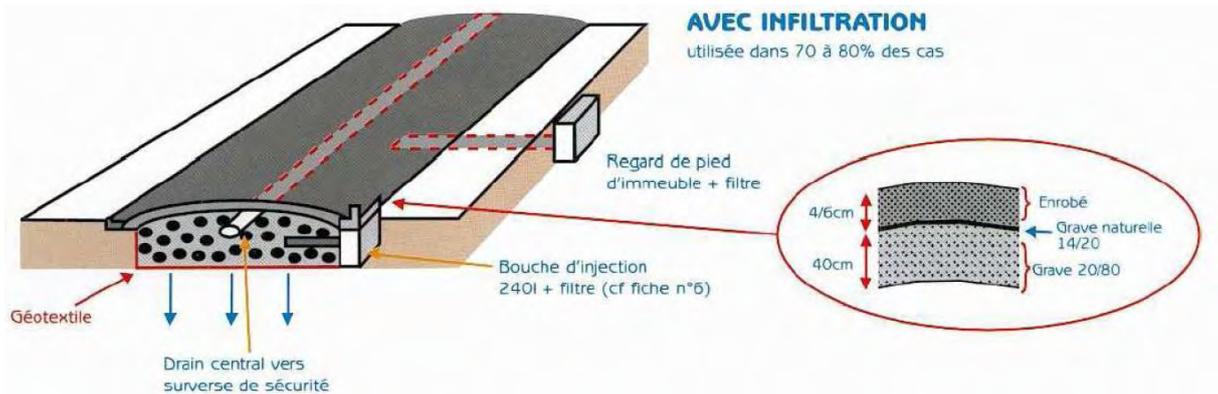


Figure 3 : Chaussée réservoir avec infiltration Source : (hqe.guidenr, En Ligne)

Jouer sur la porosité du revêtement offre la possibilité de stocker des quantités d'eau pluviale plus ou moins importante, puis de les évacuer.

Au-delà des voiries, les espaces collectifs sont sollicités en tant que surfaces de stockage.

Les espaces collectifs sont de plus en plus sollicités afin d'optimiser l'espace et d'apporter une solution alternative à l'assainissement par le « tout tuyau ». Les avantages en termes d'intégration au tissu urbain seront présentés dans la partie III. Les paragraphes suivants auront pour objectif de décrire les différentes méthodes de remédiation préconisées aujourd'hui.

a. Les structures réservoirs : tranchées drainantes et parkings (AZZOUT et Al, 1994; GRAND LYON METROPOLE, en Ligne; PAYS DE LA LOIRE, en ligne)

Les tranchées drainantes sont des espaces linéaires et superficiels, d'une profondeur de l'ordre du mètre, qui permettent de stocker les eaux de ruissellement puis de les évacuer vers un exutoire ou bien par infiltration. Elles sont remplies de matériaux granulaires permettant le stockage des eaux.

Leurs fonctionnements suivent trois étapes principales décrites ci-dessous :

- Réception des eaux pluviales directement ou grâce à une conduite
- Stockage temporaire des eaux
- Evacuation des eaux stockées par infiltration, tranchées d'infiltration ou absorbantes, ou vers un exutoire, tranchées de rétention.

Les tranchées sont aussi bien retrouvées dans les espaces collectifs que privés. Du fait de leur structure linéaire, elles sont le plus souvent placées le long des voiries, sous des trottoirs et peuvent également faire office de délimitations des parkings. Ces derniers, quant à eux, présentent une importante surface de stockage par leur porosité et leur surface drainante. De plus, nombre de ces ouvrages sont désormais équipés de toits couvrants. La toiture présente une surface de stockage supplémentaire.

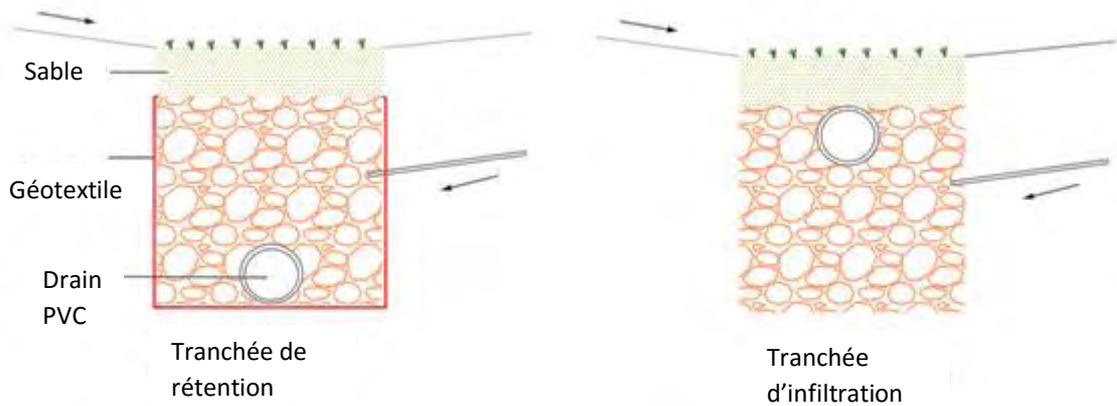


Figure 4 Schéma général des tranchées de rétention et d'infiltration Source : (PAYS DE LA LOIRE. 2011)

Les grandes étapes pour la conception d'une tranchée sont présentées ci-dessous :

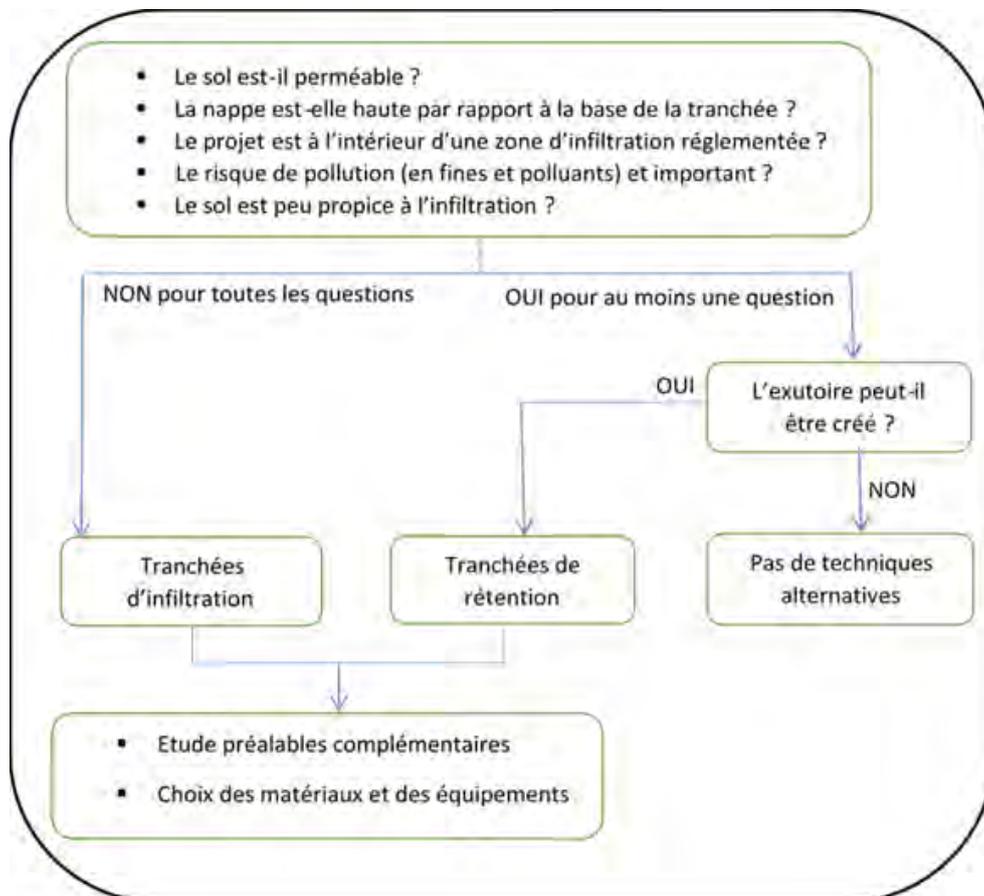


Figure 5 : Démarche à suivre pour la conception des tranchées Source : (AZZOUT, et al. 1994).

c. *Les bassins (CERTU, 2008)*

Qu'ils soient secs ou en eau, les bassins apportent une forte capacité de stockage. L'eau qui ruisselle, est collectée par le bassin pour y être stockée dans un premier temps avant d'être soit redirigée vers l'exutoire pour un bassin de retenue soit infiltrée dans le sol pour les bassins d'infiltration.

Leurs fonctionnements suivent trois étapes principales décrites ci-dessous :

- Réception des eaux pluviales directement ou grâce à une conduite
- Stockage temporaire des eaux
- Evacuation des eaux stockées par infiltration (bassins d'infiltration) ou vers un exutoire (bassins de retenue) ou les deux.

Les bassins sont situés soit en domaine public, où on leur attribue un autre usage valorisant les espaces utilisés tel que la création de zones vertes en milieu urbain ou périurbain, soit en lotissements, ou encore chez un particulier. L'ancienneté de cette technique dans la maîtrise du ruissellement engendre une mise en œuvre connue et donc facilitée.

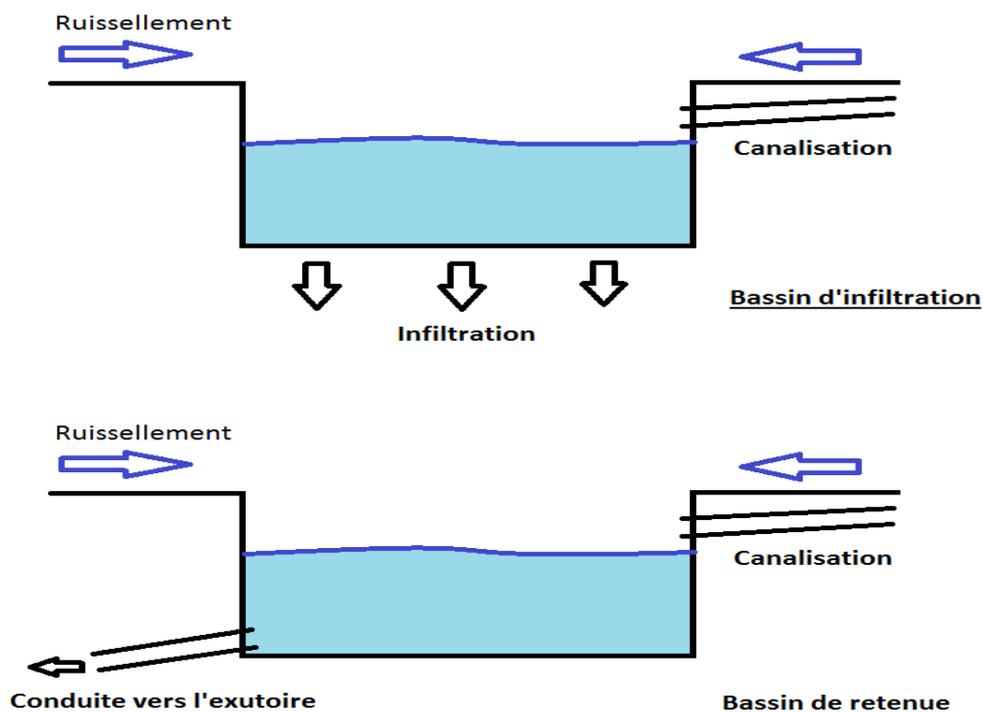


Figure 6 Schéma général des bassins de retenue et d'infiltration Source : (CERTU, 1999)

Malgré tout, quelques inconvénients peuvent être déplorés lors de la construction d'un bassin : une empreinte au sol élevée, une possible pollution de la nappe phréatique par infiltration, des nuisances dues à la stagnation de l'eau et dans le cas des bassins en eau, des problèmes de sécurité pour les riverains.

Pourtant, les avantages des bassins ne sont pas à négliger car une forte valorisation peut-être possible si les conditions de mise en œuvre et d'entretien sont respectées. Bien intégré au paysage urbain, le bassin asséché peut être transformé par temps sec en un espace vert ou placette minéralisée, alors que le bassin en eau peut servir de réserve pour l'arrosage de parc ayant un fort impact paysager.

Lors de la conception, un certain nombre de critères sont à vérifier. Quel que soit le type de bassins, il faudra éviter que les zones avoisinantes génèrent des polluants, penser à son entretien pour assurer sa pérennité ainsi que la sécurité et le confort des riverains. Pour les bassins secs, il est nécessaire que la fréquence d'utilisation et les durées de submersion soient assez faibles, que les hauteurs ne soient pas trop importantes et que le drainage général du bassin soit suffisant. Pour les bassins en eau, il est important de penser qu'il faudra prévoir une alimentation pour les périodes de sécheresse, qu'ils seront sensibles aux pollutions amenées par les eaux pluviales et devront peut-être nécessiter des systèmes de prétraitement à l'amont du bassin.

d. Les noues (AZZOUT et Al, 1994 ; PAYS DE LA LOIRE. en Ligne)

Les noues sont des fossés larges et peu profonds. Leurs fonctionnements suivent trois étapes principales décrites ci-dessous :

- L'introduction des eaux pluviales.
- Le stockage des eaux recueillies. Celui-ci s'effectue à l'air libre.
- L'évacuation des eaux stockées par infiltration, fossé d'infiltration, ou vers un exutoire (fossé de rétention).

Les noues et les fossés sont le plus souvent situés le long de la voirie et servent à l'assainissement routier. On rencontre principalement les noues à l'intérieur de lotissements. Elles peuvent servir, par exemple, de terrains de jeux pour les enfants. Mais cette technique demande une emprise foncière et un entretien importants.

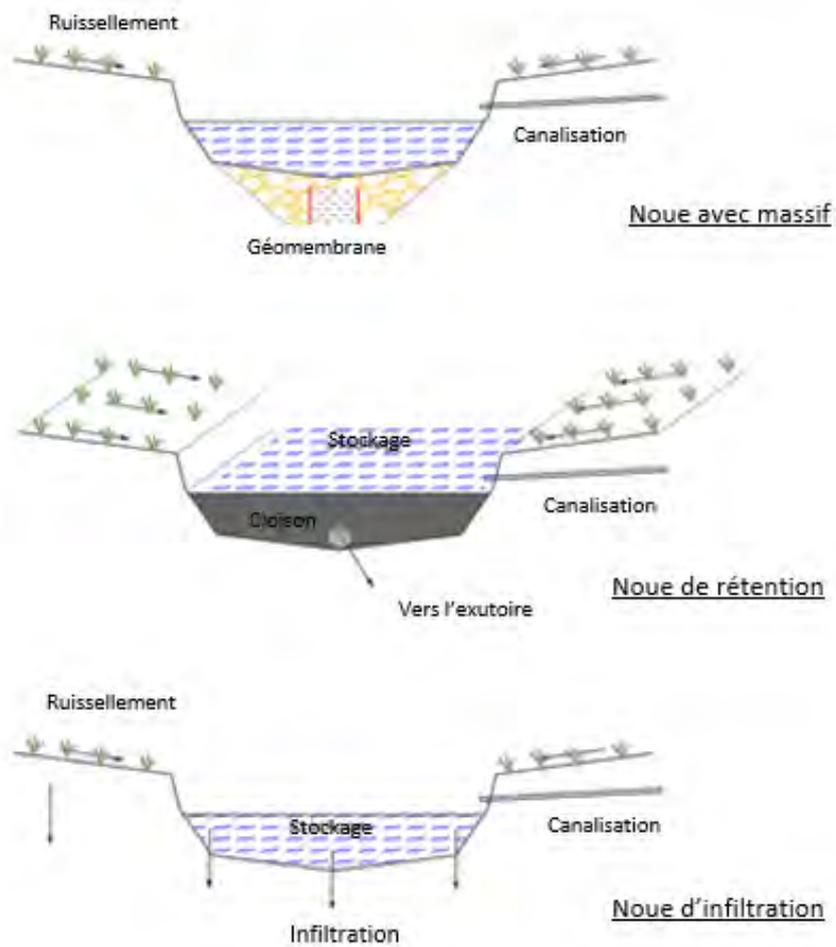


Figure 7 : Schémas général des noues *Source : (PAYS DE LA LOIRE. 2011)*

Les grandes étapes pour la conception de fossés ou noues sont présentées ci-après :

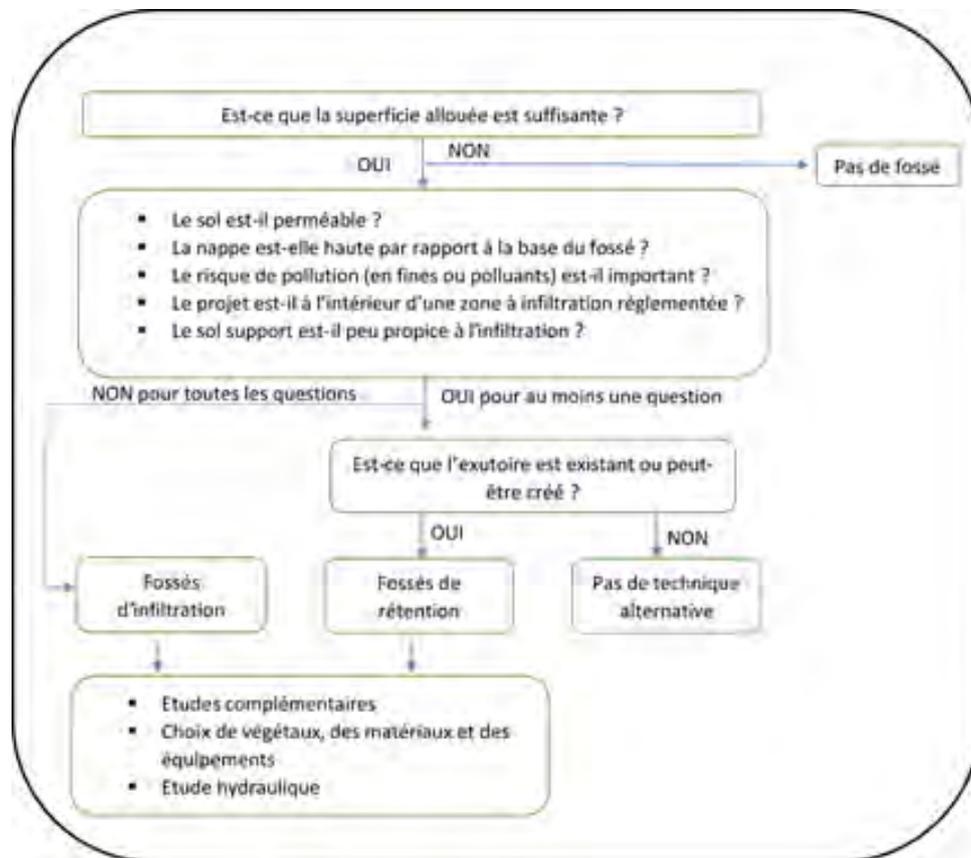


Figure 6 : Les grandes étapes pour la conception d'un fossé ou d'une noue Source : (AZZOUT et al. 1994).

Lors de l'étude complémentaire, il faut trouver un emplacement et regarder toutes les normes de sécurité nécessaires telle que des glissières de sécurité le long des voiries. L'emplacement sur des terrains plats est à privilégier et il est préférable que les fossés/noues soient perpendiculaires à l'écoulement des eaux de ruissellement. Il faudra évidemment, dans ce genre de projet, regarder l'hydrogéologie et l'hydrologie en déterminant le débit maximal admissible, la pluviométrie et enfin l'imperméabilisation des surfaces drainées par le fossé. Le choix des végétaux est également important. En effet, il faut qu'ils puissent supporter l'eau et l'arrachement ainsi que prévenir l'érosion des berges du fossé.

e. Le stockage à la parcelle (CERTU 1999)

Il diminue les volumes stockés dans les espaces publics. Il peut s'agir de petits bassins mis en place sur des parcelles ou de plateaux absorbants alvéolaires au niveau d'un groupement d'habitations.

a. *Les toits stockants* (Azzout., et Al, 1994; GRAND LYON METROPOLE. en Ligne ; PAYS DE LA LOIRE. en Ligne)

Les toits stockants encore appelés « toitures terrasses » sont des toits plats de pentes nulles ou faibles variant de 0.1 à 5% permettant un stockage temporaire des eaux de pluie puis une restitution au réseau d'eau pluvial, ou à un autre dispositif, avec une régulation du débit.

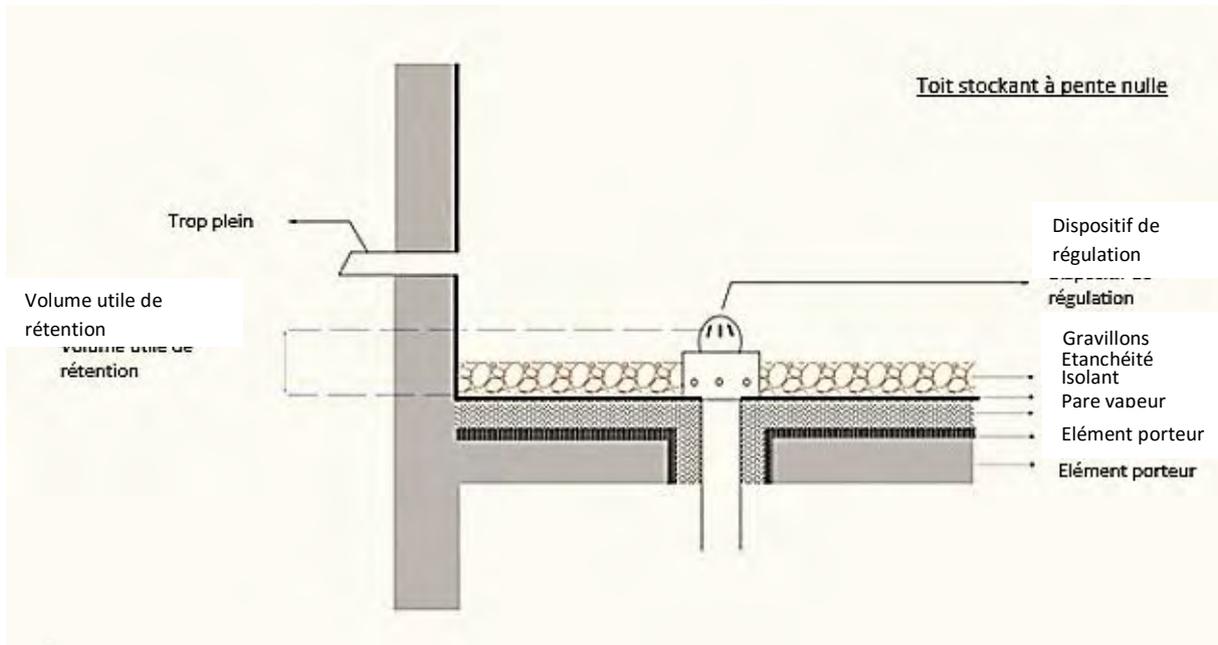


Figure 7 : Schéma général d'un toit stockant *Source : (PAYS DE LA LOIRE. 2011)*

Les grandes étapes pour la conception des toits stockants sont présentées ci-dessous :

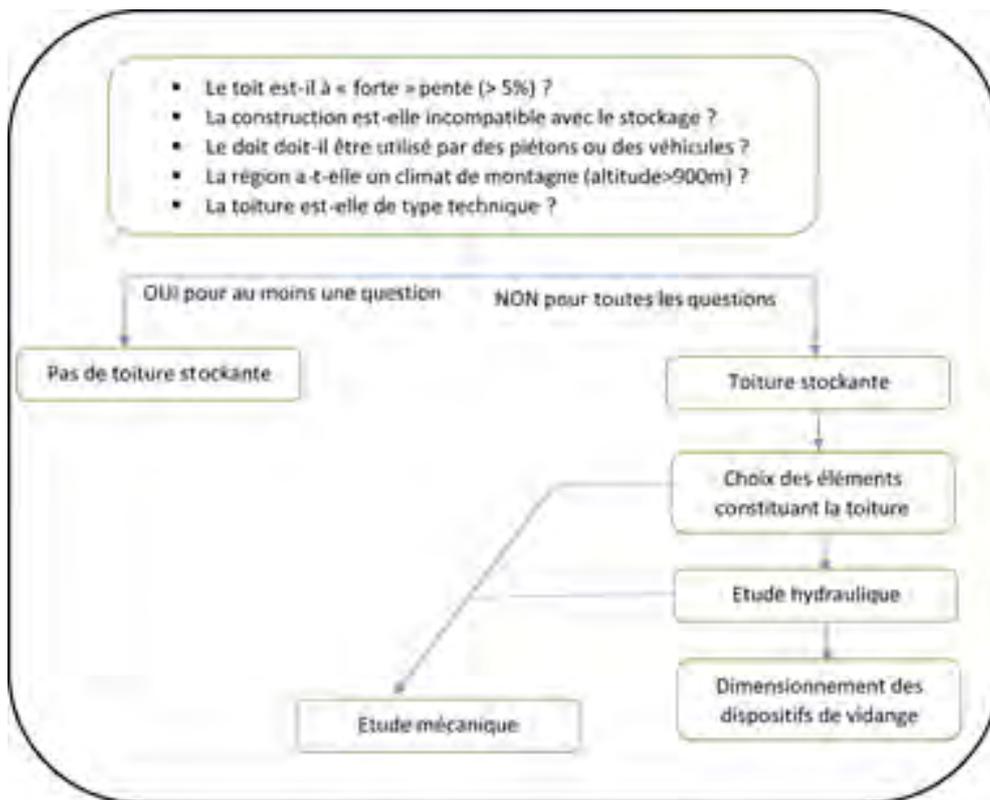


Figure 8 : Les grandes étapes pour la conception des toits stockants *Source* : (AZZOUT., et al. 1994)

Il est très important de choisir des matériaux qui permettent l'étanchéité. Pour l'étude hydraulique, il faut considérer la hauteur d'eau à stocker et celle à ne pas dépasser.

Les puits d'absorption permettent d'évacuer les eaux de ruissellement directement dans le sol. Ils peuvent être comblés, ou non, de matériaux. Leurs fonctionnements suivent quatre étapes principales:

- Alimentation du puits par ruissellement ou grâce à des conduites.
- Décantation située en amont du puit.
- Le stockage temporaire des eaux recueillies.
- L'évacuation des eaux stockées qui s'effectue par infiltration. On peut distinguer les puits d'infiltration qui sont hors nappe, c'est-à-dire que l'eau s'infiltré dans une couche de sol non saturée, et les puits d'injection où l'eau est introduite directement dans la zone saturée. Pour ce dernier type de puits, le danger est la contamination de la nappe par des polluants.

Les puits se situent généralement près des bâtiments, des lotissements, sur des parkings, des squares. Ils peuvent être installés dans des zones déjà construites.

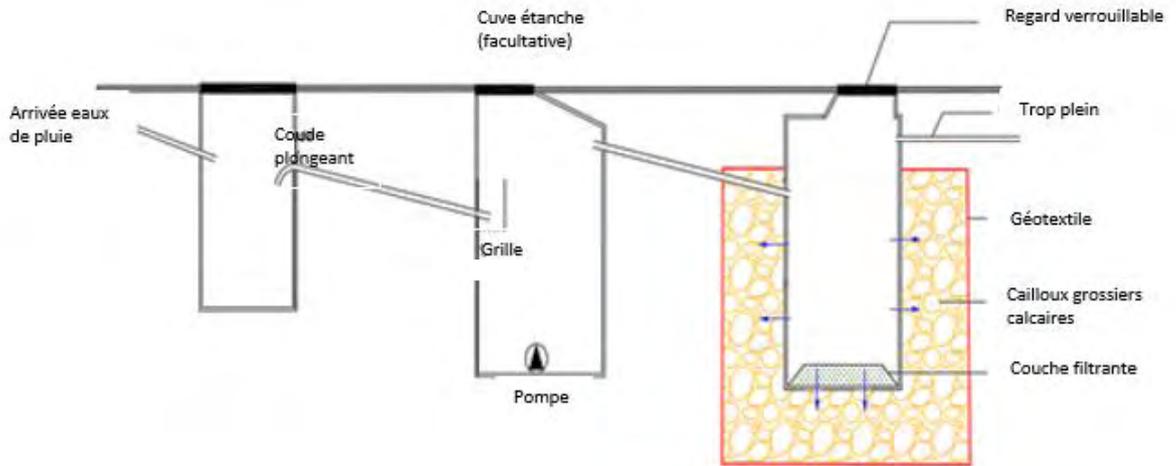


Figure 10 : Schéma général d'un puits d'absorption *Source : (PAYS DE LA LOIRE, 2011)*

Les grandes étapes pour la conception des puits d'absorption sont présentées ci-dessous :

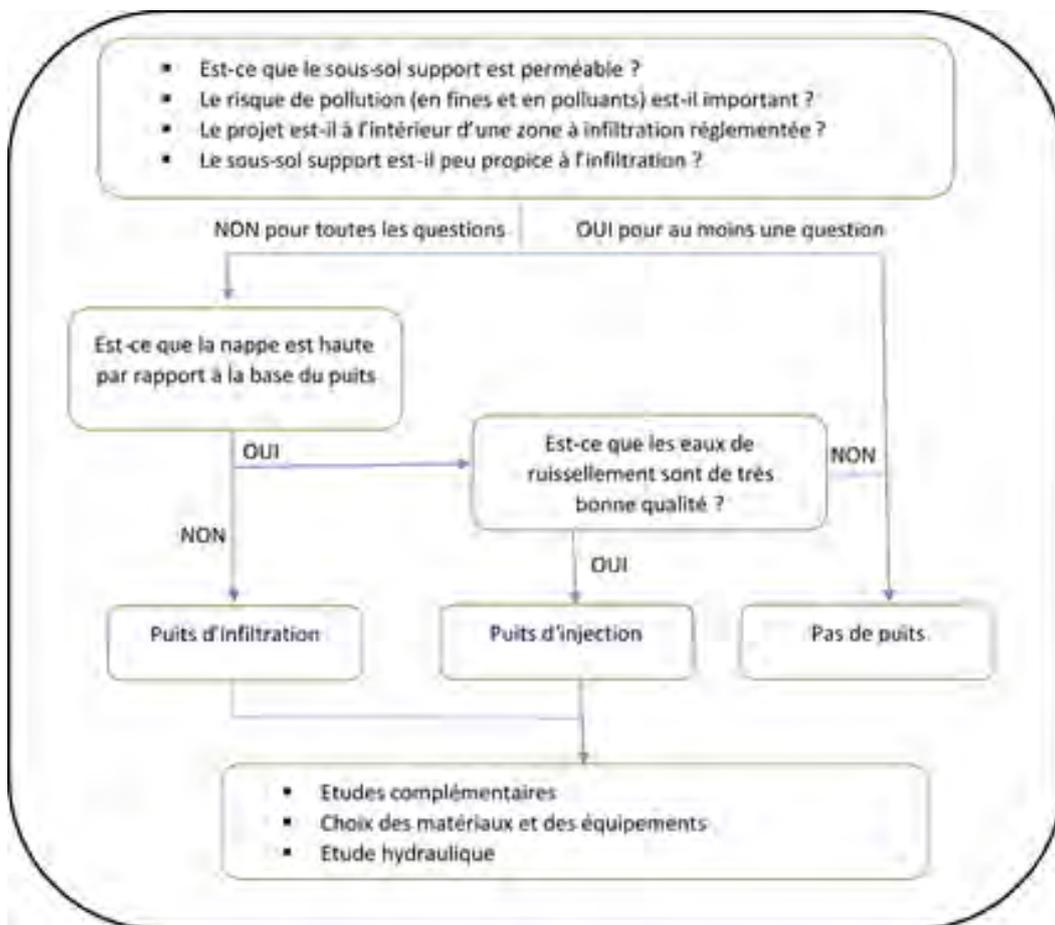


Figure 11 : Les grandes étapes pour la conception d'un puits *Source : (AZZOUT., et al. 1994)*

2. Avantage économique des techniques alternatives (CERTU, 1999)

Il est important de préciser qu'au-delà d'une efficacité accrue dans de nombreux cas, les techniques alternatives présentent un sérieux avantage financier par rapport à l'assainissement traditionnel. En effet, une canalisation en fonte coûte entre 600 et 1200 €/ml¹. Le tableau ci-dessous donne un aperçu des ordres de grandeur financiers des différentes techniques alternatives :

Technique	Coût	Observation
Tranchées ou fossés drainants	40 à 60 € / m ³ Terrassement + remplissage + géotextile	Suivant la structure de la surface
Puits d'infiltration	3 € / m ² de surface assainie	
Noues	7 à 20 € / m ³ stocké	
Dalles béton – gazon ou polypropylène – gazon	15 à 25 € / m ²	
Chaussées à structure – réservoir	50 à 80 € / m ²	Durée de vie : 10 à 15 ans
Bassin en eau	15 à 60 € / m ³	6 à 7 % des investissements en génie civil
Bassin en béton couvert	300 à 530 € / m ³	
Bassin en béton non couvert	100 à 200 € / m ³ 70% de génie civil et 30% d'équipements	Durée de vie : 30 ans
Bassin sec	30 (rural) à 100 (urbain) € / m ³	
Structure alvéolaire	150 à 300 € / m ³	

Tableau 3 : Ordre de grandeur des coûts à la mise en œuvre des techniques alternatives Source : (CERTU, 1999)

Maintenant que les techniques alternatives ont été présentées, il est temps de s'intéresser à leur dimensionnement, en faisant une brève présentation des méthodes et valeurs de référence à retenir.

¹ Mètre Linéaire

B. Le dimensionnement des ouvrages

1. Historique du dimensionnement (*Bruno Ledoux, 2006*)

Le dimensionnement des ouvrages est toujours basé sur certaines valeurs : que ce soit pour l'intensité d'une pluie, une période de retour, un débit donné... les ingénieurs cherchent à construire leurs aménagements de sorte à ce que ces derniers puissent être adaptés à des conditions limites. Voici un bref historique des dimensionnements de référence :

- 1830 : l'ingénieur Dupuit dimensionne ses ouvrages pour une pluie projet de **41mm/h**
- 1857 : l'ingénieur Belgrand change ce chiffre en débit de ruissellement égal à **42l/s/ha**

Ces premiers dimensionnements sont appliqués au niveau national, sans prendre en compte les spécificités locales.

- 1948 : Grisolle montre que la pluie de projet de référence a une occurrence de **10 ans** en étudiant les statistiques de la station météo de Paris-Montsouris. La notion de pluie décennale naît en 1949 au sein de la circulaire générale 1333, ce qui mènera au concept de période de retour et au surdimensionnement des ouvrages pour des pluies centennales etc. C'est également au cours de cette période que la méthode de Caquot commence à être couramment utilisée en France pour le calcul des débits de pointes.
- 1977 : avec l'augmentation considérable de l'urbanisation, l'instruction technique 77284 préconise le choix d'une période de retour en croisant les facteurs coût de construction, coût de réparation des dégâts, et impact psychologique d'une inondation. Cette méthode moderne bien qu'irréalisable, réactualise la méthode de Caquot et sert toujours d'inspiration aujourd'hui. Sa faiblesse réside dans notre incapacité à évaluer avec précision les dégâts économiques engendrés par un aléa ainsi que le facteur psychologique en jeu. Combiné avec les incertitudes des études statistiques sur les périodes de retour des pluies, il en résulte des marges d'erreur globales beaucoup trop élevées.

2. Le dimensionnement actuel et les seuils admissibles

Concernant le dimensionnement des ouvrages et les seuils admissibles à atteindre, il n'existe pas de méthode universelle. La technique s'est acquise par expérience et se trouve régulièrement modifiée, très dépendante des contraintes diverses et variées auxquelles doit faire face l'aménageur. Néanmoins, quelques règles de base se sont dégagées.

i. Méthodes de calcul utilisées (CERTU. 2000).

Afin de dimensionner les ouvrages et de modéliser leur influence sur le réseau d'eau pluviale, des logiciels spécifiques sont employés. Parmi se trouve entre autres MIKE URBAN, PYPYRUS ou encore ceux basés sur le programme SWMM. Ces outils s'appuient sur des méthodes de calcul dynamiques. Néanmoins, chaque considération mathématique se base sur des hypothèses,

notamment sur l'écoulement qui peut être uniforme et permanent. De ce fait, il est essentiel que l'utilisateur garde un esprit critique vis-à-vis des résultats fournis par les logiciels.

Pour la simulation des débits d'eau pluviale dans le réseau étudié, pour une période de retour donnée, la méthode de Caquot est la plus usuellement utilisée. Elle présente l'avantage de prendre en compte la répartition spatiale des précipitations. La période de retour de l'événement pluvieux utilisé pour la modélisation est choisie en accord avec les normes présentées ci-dessous :

Fréquence d'un orage Le système doit fonctionner sans mise en charge	Lieu = site général dans lequel se situe le projet et notamment prise en compte des zones à l'aval du projet où vont se déverser les eaux de pluie	Fréquence d'inondation acceptable = fréquence à partir de laquelle les débordement des eaux collectées sont admises en surface (impossibilité pour celle-ci de pénétrer dans le réseau)
1 par an	Zones rurales	1 fois tous les 10 ans
1 tous les 2 ans	Zones résidentielles	1 fois tous les 20 ans
1 tous les 2 ans 1 tous les 5 ans	Centres-villes / zones industrielles ou commerciales : - si risque d'inondation vérifié - si risque d'inondation non vérifié	1 fois tous les 30 ans
1 tous les 10 ans	Passages souterrains routiers ou ferrés	1 fois tous les 50 ans

Tableau 4 : Extrait de la norme NF EN 752_2 Source : (Grand Lyon, En Ligne)

a. Dimensionnement des principaux ouvrages (AZZOUT., et al. 1994)

- Les tranchées drainantes

Les démarches à suivre pour le dimensionnement des tranchées *sont présentées ci-dessous* :

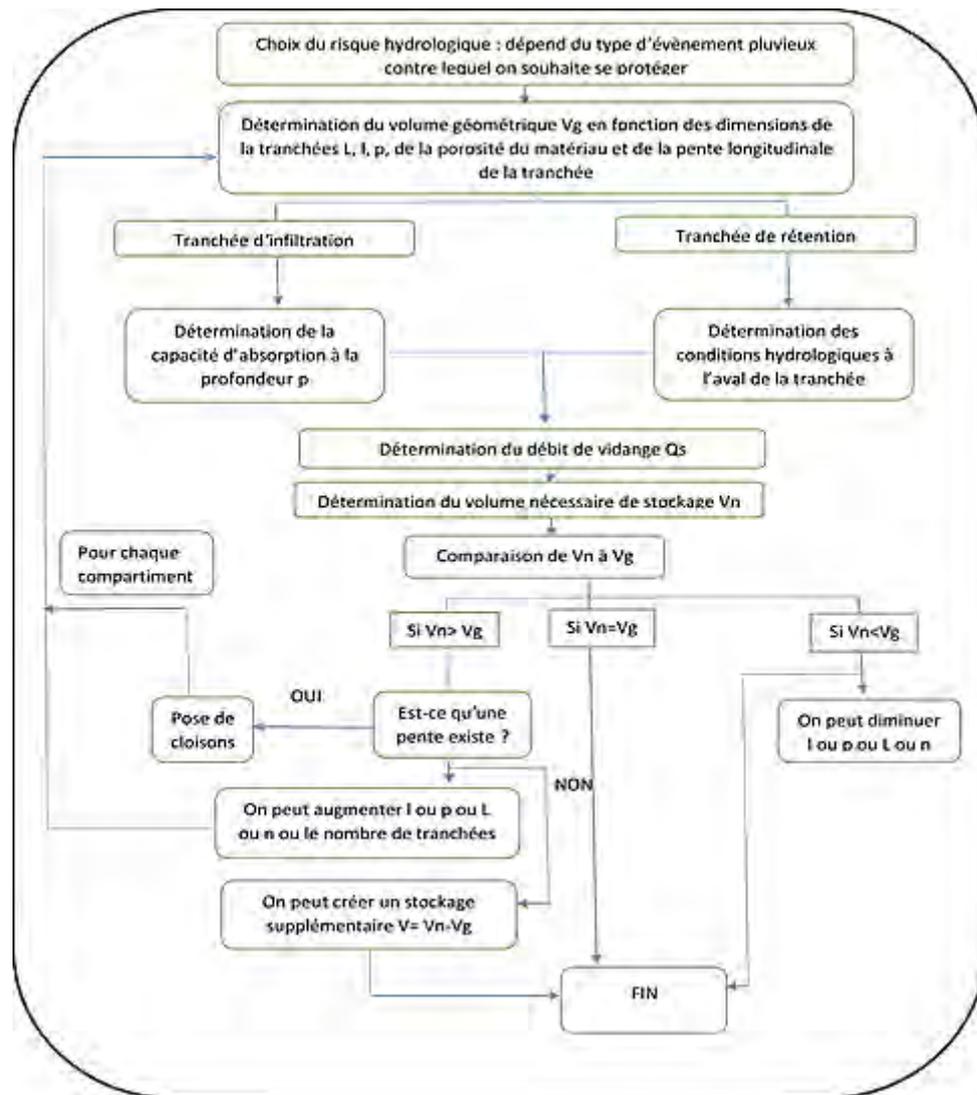


Figure 12 : Démarche à suivre pour le dimensionnement des tranchées *Source :* (AZZOUT., et al. 1994)

- Les bassins secs et en eau (CERTU, 2008)

Les démarches à suivre pour le dimensionnement des bassins secs et en eau selon sont présentées ci-dessous :

- Estimer le volume d'eau et le débit de fuite du bassin versant amont de l'ouvrage à dimensionner en fonction de contraintes hydrauliques :

Cette estimation peut se faire par les méthodes simplifiées, la méthode des pluies ou celle des volumes. Elles donnent un ordre de grandeur du volume du bassin. L'hypothèse d'un débit de fuite constant est faite. La détermination du volume utile repose donc uniquement sur l'équation de conservation du volume.

$$dV/dt = Q_e - Q_s$$

Où V est le volume utile de la retenue, t le temps, Q_e le débit d'entrée dans la retenue et Q_s le débit en sortant

- ⇒ Pour des bassins versants de surface limitée, les estimations issues des méthodes empiriques suffisent
- ⇒ Pour les bassins versants de taille supérieure, les estimations issues des méthodes empiriques sont insuffisantes. Elles doivent être affinées par des méthodes élaborées lorsque la faisabilité du projet est confirmée. La méthode des débits est couramment utilisée.
- Estimer les dimensions finales de l'ouvrage en fonction d'autres contraintes telles que la protection du milieu récepteur ou les usages du site.
- Les toits stockant (CERTU, 2008)

Les démarches à suivre pour le dimensionnement des toits stockants selon *L'assainissement pluvial intégré dans l'aménagement - Eléments clés pour le recours aux techniques alternatives - Edition du Certu* sont présentées ci-dessous :

- Choisir les éléments constitutifs de la toiture => Dimensionner ces éléments sur le plan mécanique
- Réaliser l'étude hydraulique : Evaluer le nombre de descentes en référant au DTU 60.11 et Evaluer la hauteur d'eau à stocker pour permettre une bonne régulation tout en assurant la résistance mécanique de l'ouvrage. La hauteur d'eau à stocker est fonction de la période de retour de la pluie et du débit de vidange autorisé à l'exutoire du bâtiment et donné dans le permis de construire.
- Dimensionner les dispositifs de vidange : Les fournisseurs de ces dispositifs donnent les débits pouvant être évacués pour telle dimension de l'équipement ; sinon, appliquer les formules classiques d'hydraulique.
- Les puits d'absorption

Les grandes étapes pour la conception des puits d'absorption sont présentées ci-dessous :

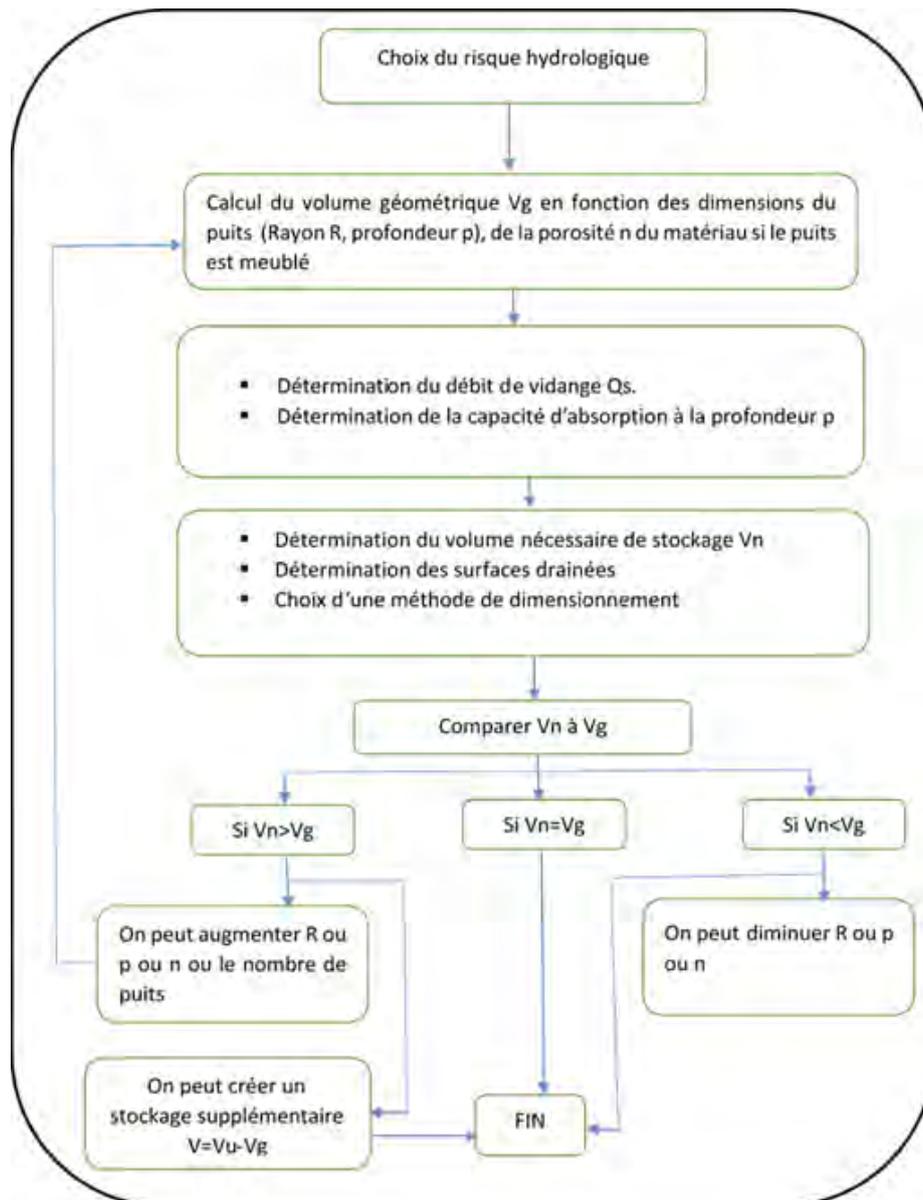


Figure 13 : Démarche à suivre pour le dimensionnement des puits *Source* : (AZZOUT., et al. 1994)

b. Les seuils limites admissibles (CERTU, 2000)

Voici une liste non exhaustive des principales valeurs à retenir :

- Ordre de grandeur de hauteurs admissibles au niveau d'un plan d'eau :
 - un marnage² de **0.5 à 0.7 m** en occurrence décennale
 - de l'ordre du **mètre** en occurrence centennale

² Un marnage désigne les fluctuations du niveau de l'eau

- Les espaces verts « secs » ne sont employés qu'en cas de pluie générant des débits supérieurs aux capacités admissibles à l'exutoire aval. La hauteur d'eau limite doit être inférieure à **1 m**.
- Les espaces revêtus sont en béton ou en enrobé comme par exemple pour les terrains de sport et les parkings. La hauteur d'eau maximale admissible ne devrait pas dépasser le **bas de caisse des voitures**. Néanmoins, de plus en plus de parkings sont munis de structures réservoirs, diminuant fortement la lame d'eau au cours d'une pluie. Par rapport aux espaces verts, les terrains de sport nécessitent moins d'entretien. Une hauteur d'eau allant jusqu'à **1 m** est alors envisageable.
- La voie de circulation : il faut veiller à ce que les voitures ne soient pas emportées. Sur les voies principales des lotissements, destinées à l'écoulement, la hauteur d'eau admissible est de **0.2 m** pour une vitesse maximum de **2 m/s**. Pour les voies de desserte des lotissements, destinées au stockage, la hauteur d'eau admissible est celle de **la bordure du trottoir** ou une **dizaine de centimètres** au centre de la chaussée.
- Les trottoirs et les piétons : en partant du principe que seuls des adultes en pleine santé s'aventureront en cas de fortes pluies, la hauteur d'eau admissible sur le trottoir est de **20 cm** et la vitesse d'écoulement de **1,5 m/s**.

Ces valeurs seuils sont théoriques et à titre indicatif. En réalité, les modèles de calcul ne permettent pas d'obtenir une telle précision. Néanmoins, elles permettent au concepteur d'avoir un ordre d'idée des hauteurs d'eau à ne pas dépasser.

L'ensemble des techniques alternatives utilisé dans la gestion des eaux pluviales recèle le potentiel de se substituer aux techniques classiques. En effet ces différents ouvrages, en plus de s'intégrer parfaitement dans l'aménagement urbain, peuvent présenter des caractéristiques d'efficacité de dépollution des eaux et un coût moins onéreux. Cependant, la précaution reste de mise car un entretien plus rigoureux sera nécessaire pour maintenir l'efficacité de ces techniques et, dans certains cas, les coûts d'installation peuvent croître de manière exponentielle. Il conviendra plutôt de mettre en place une complémentarité entre les techniques alternatives et traditionnelles dans la gestion des eaux pluviales.

III. La réalisation du projet : intégration au tissu urbain

Utiliser les zones inondables dans le cadre de l'aménagement urbain, c'est parvenir à combiner un urbanisme grandissant avec la gestion du risque. Cela peut paraître paradoxal. Pourtant, affirmer la présence de l'eau dans la trame urbaine et dans l'architecture revient à prévenir le risque, le contrôler. Si l'eau n'est pas cachée, enterrée, elle est présente, familière, ses débordements ne constituent pas une surprise. En effet cette possibilité est rappelée en permanence par sa présence constante.

Un autre point non négligeable réside dans le respect du fonctionnement écologique des zones inondables contribuant à la gestion du risque. Le maintien ou la restauration des facultés d'inondation d'un fond de vallée contribue à la protection d'espèces animales ou végétales de zones humides.

Une autre façon de valoriser les zones inondables est de maintenir ou développer l'agriculture. En effet, les récoltes exposées au risque sont en général beaucoup moins vulnérables et en tout cas moins coûteuses que les biens présents dans une zone urbanisée, surtout s'il s'agit d'habitations (en considérant que le risque le plus dommageable est celui lié aux populations humaines).

« Valoriser » en termes d'aménagement urbain ne se limite pas à « construire ». Un aspect sociale et non monétaire est également présent.

A. Le traitement paysager

1. Préserver le site et optimiser l'espace (CERTU, 1999)

Les inondations sont des débordements gênants mais prévisibles donc "gérables". Une inondation résulte de la conjugaison du débordement d'un cours d'eau et de la présence de biens et de personnes dans la zone atteinte. Le débordement ne présente en soi, rien d'anormal. C'est ainsi un phénomène naturel dont on peut évaluer la fréquence et l'importance en partant des observations accumulées sur l'ensemble des cours d'eau et sur chaque site.

Le traitement des eaux de ruissellement pluvial a fait l'objet d'une complète remise en cause ces dernières années. Dans le cadre d'opérations d'urbanisation importantes ou de villes nouvelles, ces eaux ont été stockées dans des bassins et canaux.

Aujourd'hui, une nouvelle préoccupation est de "rendre la mémoire du site". Cette orientation devrait permettre de retrouver une flore caractéristique, organisée selon les quatre principaux ensembles de milieux humides : prairie humide, ripisylve, roselière, groupements d'eau libre avec végétation flottante.

2. De bons et mauvais exemples d'aménagement

Un bon exemple d'aménagement intégré est le quartier de Malbosc à Montpellier. Toutes les mesures compensatoires et techniques alternatives ont été intégrées dans le paysage.



Figure 9 : Exemple d'une noue *Source* : Guillaume REMY

Le mur à chaque extrémité est composé de gabions ce qui le rend perméable et permet donc le passage de l'eau lors de forts événements pluvieux en évitant d'exercer une pression trop forte et de risquer la destruction de l'installation.



Figure 10 : Aménagement de l'écoulement au niveau d'un mur
Source : Guillaume REMY



Figure 11 : Usage de la voirie
Source : Guillaume REMY

Les routes dont la pente est parallèle à l'écoulement comme conseillé dans la partie II. Ceci permet de faciliter l'évacuation de l'eau de pluie.

L'usage de la voirie est un bel exemple de sollicitation des aménagements urbains pour favoriser la gestion du ruissellement pluvial.

Voici un exemple de bassin de rétention intégré au paysage urbain sous la forme d'un parc, les espaces verts étant importants pour le cadre de vie des habitants du quartier.



Figure 12 : Bassin de rétention Source :
Guillaume REMY



Figure 13: Terrasses perméables *Source* : Guillaume REMY

Espace perméable aménagé sous forme d'une succession de terrasses ayant pour but de ralentir l'écoulement (stockage) tout en favorisant l'infiltration de l'eau dans le sol.

Surfaces laissées perméables pour compenser l'imperméabilisation des sols liée à l'urbanisation du quartier. C'est un espace de loisir pour petits et grands au bas de chez soi.



Figure 14: Surfaces perméables *Source* : Guillaume REMY



Figure 15 : Tranchée drainante Source : Guillaume REMY

Un fossé de chaque côté de la voirie pour récupérer le ruissellement. L'eau est ensuite redirigée là où elle ne pose pas de problème d'inondation. Cependant il est important de noter, comme on le constate sur cette photo, qu'il n'y a pas eu d'entretien depuis longtemps. Si les fossés sont bouchés notamment ici à cause de la végétation, ils perdent leurs fonctions et ne servent donc plus comme ils le devraient. L'entretien, qui sera traité dans la prochaine partie, est donc un aspect à prendre indéniablement en compte dans l'aménagement.



Figure 17: Bassins de rétention Source : Guillaume REMY



Figure 16: Vanne Source : Guillaume REMY

Bassins de rétention successifs séparés par des vannes, permettant de stocker les précipitations et d'ouvrir manuellement (chemin d'accès en hauteur) les vannes successivement de l'amont vers l'aval à chaque fois qu'un bassin est rempli. Cela permet de ralentir l'écoulement et d'éviter un écoulement trop important à l'aval.



Figure 18 : Bassin de rétention à Saint Jean de Vedas
Source : Guillaume REMY

D'autres aménagements dans la ville de Montpellier n'ont pas du tout été pensés en termes d'intégration dans le tissu urbain. On peut notamment citer le cas du nouveau bassin de rétention à Saint Jean de Vedas.

Un mauvais exemple supplémentaire avec le cas du bassin de rétention près de Sanofi. Sa fonction est presque inidentifiable tant la végétation a proliféré à sa surface. Un grand problème d'entretien est visible pour ce bassin dont les capacités ne sont plus exploitées à 100%. De plus, il est en aucun cas intégré dans le paysage, il n'a aucune valeur ajoutée en terme paysager et constitue un nid favorable à la prolifération des moustiques tigres.



Figure 19 : Bassin de rétention près de Sanofi
Source : Guillaume REMY

B. La pérennité et l'entretien des ouvrages *(Y.Assout., et al, 1994; PAYS DE LA LOIRE, en Ligne; GRAND LYON METROPOLE, en Ligne)*

La pérennité des ouvrages est d'une importance capitale d'un point de vue économique. L'entretien des ouvrages et l'intérêt pour ces aménagements peuvent avoir une double fonction, par exemple les stades et parcs sont régulièrement entretenus pour le public.

L'entretien est très important pour que les dispositifs mis en place fonctionnent sur le long terme. On peut distinguer l'entretien préventif qui s'effectue régulièrement afin de prévenir le dysfonctionnement des dispositifs et l'entretien curatif qui intervient lorsque le fonctionnement hydraulique n'est plus assuré. L'un des principaux inconvénients des techniques alternatives est le colmatage qu'il convient de limiter par un entretien régulier.

Voici quelques exemples d'entretien pour les techniques alternatives présentées :

	Entretien préventif	Entretien curatif
Tranchées drainantes	-Ramassage des déchets, végétaux qui obstruent les regards	Changement du géotextile en cas de colmatage
	Tonte du gazon	Décolmatage des surfaces drainantes
Fossés et noues	Tonte du gazon	-Dans le cas de fossés de rétention : changement des canalisations si dysfonctionnement
	Ramassage des feuilles, des débris	
	Curage des orifices de vidange	-Dans le cas de fossés ou de noues qui infiltrent : élimination de la couche de terre végétale colmatée et remplacement de celle-ci
Toits stockants	2 visites annuelles:	Très peu voire pas d'entretien
	Une après la période automnale pour enlever les feuilles mortes	
	Une avant la période estivale	
Puits d'absorption	Nettoyage des décanteurs et des dispositifs filtrants	Curage du fond du puits
	Entretien des espaces verts adjacents	Le géotextile peut être changé ainsi que les matériaux au fond du puits (cas des puits comblés)

Tableau 5 : Entretien à réaliser pour différentes techniques alternatives *Source : (AZZOUT., et al. 1994; GRAND LYON METROPOLE, 2009; PAYS DE LA LOIRE, 2011)*

Néanmoins, il ne faut pas oublier que cet entretien a un coût :

Technique	Entretien nettoyage
Tranchées ou fossés drainants	0.5 à 0.7 € / m ² / an
Chaussées à structure – réservoir	0.3 à 1.5 € / m ² / an
Bassin en eau	0.15 à 0.45 € / m ² / an
Bassin en béton non couvert	Génie civil : 1.5% des investissements par an
Bassin sec	0.3 à 1.53 € / m ² / an Pour entretien des espaces verts
Structure alvéolaire	0.3 à 1.53 € / m ² / an
Toits stockant	Environ 1 €/an/m ²
Fossés et noues	3€HT/mI
Puits d'absorption	3 €HT/m ² de surface assainie par an
	80 €/an (curage) pour un entretien satisfaisant
	300 € HT tous les 2 ans

Tableau 6 : Coûts d'entretien des différentes techniques alternatives Source : (AZZOUT.,et al. 1994; GRAND LYON METROPOLE, 2009; PAYS DE LA LOIRE, 2011)

C. Le suivi des dispositions réglementaires

Tous les aménagements sur les constructions sont soumis à un dépôt de permis de construire. Ces derniers sont instruits par l'Etat et la commune. Ainsi, leurs agents sont garant de la conformité des plans par rapport à la réglementation correspondante en vigueur. Si le projet n'est pas conforme il est refusé avant même qu'il ne commence. Mais comment vérifier la conformité des aménagements une fois le projet réalisé ?

Des agents de l'Etat peuvent être chargés de la vérification du bon suivi de la réglementation. Mais en matière de gestion du ruissellement pluvial, les contrôles sont rares. Les institutions comme la police de l'eau ont tendance à se concentrer sur la qualité des eaux et l'état écologique du milieu de réception. En général, un non-respect de la réglementation en vigueur est lié à la dégradation de

l'aménagement. Dans ce cas, c'est souvent une dénonciation du voisinage qui permet de repérer la défaillance. Sinon, ce sont les schémas directeurs réguliers (tous les 5 à 10 ans pour une commune) qui vérifient la bonne conformité des aménagements.

Il est tout à fait possible de conjuguer « construire » avec « aménager ». Tout est une question de choix et de réglementation. Selon la zone étudiée il est primordial de préserver au mieux le site en optimisant l'espace consacré au projet urbain. Le rendu paysager n'en sera que meilleur. Le choix d'un ouvrage répond à des besoins spécifiques. Il est donc important de se renseigner sur ce qui a déjà été fait pour garder les bons exemples et éviter de reproduire les erreurs qui ont été faites. De plus, une partie non négligeable à ne pas oublier est l'entretien et le coût associé. Si aucune maintenance n'a été prévue, l'ouvrage risque de perdre, au cours du temps, son efficacité (embâcle, bassin de rétention bouché par la végétation, ...). Aménager c'est donc une question de réflexion et d'opportunités.

Conclusion :

Le concept d'assainissement pluvial a connu une évolution historique au cours des dernières décennies. Préoccupation mineure au 20^{ème} siècle, l'évolution progressive des contraintes et objectifs oblige les communautés à renouveler leurs méthodes d'approche de ce qui est désormais un problème de sécurité publique. En effet, l'imperméabilisation liée à l'urbanisation croissante engendre des flux d'eau qui ne peuvent plus être négligés. De plus, dans un contexte où les problématiques environnementales et le développement durable prennent une part de plus en plus importante dans la société, la qualité des eaux rejetée dans le milieu naturel devient un facteur primordial. La gestion du ruissellement pluvial, tant quantitativement que qualitativement, est un sujet au cœur des enjeux actuels, d'autant plus que la pression anthropique et foncière contraint les aménagements à s'intégrer au tissu urbain. Ces ouvrages appelés « techniques alternatives » sont une réponse au « tout tuyau » et répondent aux objectifs de gestion des eaux pluviales.

En réponse aux problématiques précédemment évoquées, la réglementation a amplement évolué, bien qu'il n'existe pas de réelles législations propres à la gestion des eaux pluviales. Elle passe donc par l'interprétation et le croisement de plusieurs textes de loi indépendants, qui tentent d'encadrer des préoccupations communes et de concilier la protection des citoyens avec celle de l'environnement. Ainsi, malgré l'homogénéité qu'aurait pu apporter un unique texte fédérateur, le champ d'action laissé par la loi est favorable à l'usage et au développement des techniques alternatives.

De nombreux outils permettent de mettre cette réglementation en œuvre. Ils prennent généralement la forme de textes qui servent de références pour que les différents acteurs parviennent à se comprendre et se coordonner dans la conception des ouvrages. Dans le cas de l'aménagement pluvial, il est nécessaire de croiser les informations de plusieurs sources afin de conjuguer gestion de l'eau et urbanisme. Même s'ils ne manquent pas de précision, avoir recours à ces outils réglementaires peut être source de complications et de conflits de responsabilités, nécessitant l'intervention d'acteurs qualifiés.

Compte tenu des exigences imposées par la réglementation, les techniques alternatives demeurent le moyen idéal pour gérer le ruissellement pluvial : leur diversité apporte une solution concrète et efficace à presque tous les cas de figure. Même s'il n'existe pas de dimensionnement universel dû aux spécificités de chaque zone géographique, la mise en œuvre de ces ouvrages reste simple, reposant sur des méthodes mathématiques courantes. Leur intérêt est également financier, le coût des techniques « classiques » se révélant plus élevé par le prix, la mise en place et l'entretien des conduites.

Le but des techniques alternatives est avant tout de ralentir l'écoulement, afin de compenser l'imperméabilisation des sols. Cette gestion requiert une certaine emprise au sol, plus ou moins importante selon l'ouvrage. Dans un souci d'optimisation de l'occupation de l'espace, l'intégration des techniques alternatives au tissu urbain est un objectif fondamental en matière d'aménagement et passe par la valorisation des espaces publics. Ceci aboutit à des économies d'échelle en groupant les investissements et s'inscrit dans une logique moderne de développement durable. Cependant la double fonctionnalité de ces espaces nécessite un contrôle permanent pour la sécurité du public.

Les techniques alternatives sont donc viables et durables, assurant la gestion du ruissellement pluvial en zone urbaine. Leur évolution se poursuit en parallèle de la réglementation qui constitue le principal axe d'aide à la décision et ne doit pas être dépréciée de par sa complexité. La problématique majeure réside dans leur intégration au tissu urbain qui demande des qualités d'innovation et d'adaptation aux différents contextes géographiques, mais qui se développe de mieux en mieux comme en témoignent de nombreux exemples.

Bibliographie :

- *Intégration du développement durable dans les projets d'aménagement et de renouvellement urbain, actes de la conférence européenne des 2 et 3 février 2004.* 2004, 207 p.
- **AZZOUT Yolande., CRES François-Noël et al.** *Techniques alternatives en assainissement pluvial.* 1994, 371p.
- **CAPEB-UNA., FFB-UNCP.** *Evacuation des eaux pluviales : Gouttières, chéneaux, descentes, noues, pénétrations.* 2010, 31p.
- **CENTRE D'ETUDE SUR LES RESEAUX, LES TRANSPORTS, L'URBANISME ET LES CONSTRUCTIONS PUBLIQUES.** *ORGANISER LES ESPACES PUBLICS POUR MAITRISER LE RUISSELLEMENT URBAIN.* 2000, 181 pages
- **CERPI.** *Gérer les inondations par ruissellement pluvial – Guide de sensibilisation.* 2014. 92p
- **CERTU,** *Valoriser les zones inondables dans l'aménagement urbain,* 1999, 231 pages.
- **CERTU.,** *L'assainissement pluvial intégré dans l'aménagement - Eléments clés pour le recours aux techniques alternatives.* 2008, 196 p.
- **DROBENKO Bernard.** *L'essentiel du droit de l'eau.* 2013, 151p.
- **GRAIE., MEDDE.** *Guide pour la prise en compte des eaux pluviales dans les documents de planification et d'urbanisme.* 2014, 83p.
- **LEDOUX Bruno.** *LA GESTION DU RISQUE INONDATION.* 2006, 766p.
- **MAIGNE Julien.** *SYNTHESE TECHNIQUE – LA GESTION DURABLE DES TECHNIQUES ALTERNATIVES EN ASSAINISSEMENT PLUVIAL.* 2006, 14p.
- **MARTI Béatrice.** *Concilier aménagement urbain et gestion des eaux pluviales : l'expérience de la ville de Montpellier.* 2014, 15 p.
- **PIEL Christian.** *L'eau pluviale, un support adapté au développement et au maintien de la nature en ville : trois exemples mis en œuvre en milieu urbain dense.* 2013, 11 p.

Webographie :

- **GEST'EAU.** *Le site des outils de gestion intégrée de l'eau [en ligne]* Disponible sur : <www.gesteau.eaufrance.fr> (consulté le 15/10/2015)
- **GOVERNEMENT.** *La réforme territoriale [en ligne]* Disponible sur : <<http://www.gouvernement.fr>> (consulté le 14/12/2015)
- **GRAND LYON METROPOLE.** *Guide à l'usage des professionnels, Aménagement et eaux pluviales sur le territoire du Grand Lyon [en ligne]* Disponible sur : <www.economie.grandlyon.com> (consulté le 19/10/2015)
- **GRAND LYON METROPOLE.** *Revêtement de surface poreux [en ligne]* Disponible sur : <www.economie.grandlyon.com/fileadmin/user_upload/fichiers/site_eco/200806_gl_eaux_pluviales_pro_fiche_01_revetements_surface_poreux.pdf>
- **MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ENERGIE.** *La réglementation sur les eaux de ruissellement.* 2013, 38p.
- **MINISTERE DU LOGEMENT, DE L'EGALITE DES TERRITOIRES, DE LA RURALITE.** *Aménagement et urbanisme, Planification territoriale [en ligne]* Disponible sur : <www.territoires.gouv.fr> (consulté le 15/10/2015)
- **SERVICE PUBLIC.** *Le service public de la diffusion du droit [en ligne]* Disponible sur : <www.legifrance.gouv.fr> (consulté le 08/10/2015)

Annexes :

Le dimensionnement des ouvrages de stockage par les méthodes simplifiées

1. Méthode des pluies

Hypothèses :

- Le débit de fuite de l'ouvrage de stockage est constant
- Le transfert de la pluie à l'ouvrage de retenue est instantané
- Les évènements pluvieux sont indépendants autrement dits les périodes de temps sec ne sont pas prises en compte

Principes de la méthode :

On se base sur le même dépouillement de pluie à ceux opérés pour la construction des courbes IDF. Sur un ensemble d'évènements mesurés pendant p années, on calcule les p intensités moyennes maximales annuelles i_m pour différents intervalles de temps k.dt ou dt est le pas de mesure. Ensuite on établit un classement fréquentiel des valeurs de i_m . On peut ainsi déterminer des courbes d'intensités moyennes maximales pour des durées d'analyses et des fréquences F différentes.

Pour calculer le volume de la retenue, il est nécessaire de transformer ces intensités i_m (k.dt,T) en hauteurs h (k.dt,T)

$$h(k.dt,T) = i_m(k.dt,T) * k.dt$$

Ces courbes déterminées statistiquement représentent l'évolution des hauteurs précipitées pour différentes durées.

On suppose ensuite que l'ouvrage a un débit de fuite constant Q_s que l'on exprime sous la forme d'un débit spécifique q_s avec S_a est la surface active de ruissellement alimentant l'ouvrage de stockage. Elle est déterminée par le produit du coefficient d'apport C_a et de la surface totale du bassin versant drainé.

$$q_s = 360 * \frac{Q_s}{S_a} \text{ avec } q_s \text{ en } \frac{mm}{h}; Q_s \text{ en } \frac{m^3}{s}; S_a \text{ en ha}$$

On peut tracer la hauteur précipitée pour une période de retour donnée h (k.dt,T) et la courbe d'évolution des hauteurs d'eaux évacuées $q_s.k.dt$ en fonction des durées d'évacuation k.dt. Les différences de hauteur entre les différentes courbes correspondent aux hauteurs à stocker pour différentes durées k.dt. Le maximum Δh_{max} correspond à la hauteur totale à stocker. Le volume d'eau est :

$$V = 10 * \Delta h_{max}(q_s,T) * S_a$$

2. Méthodes des volumes

Hypothèses

- Le débit de fuite de l'ouvrage de stockage est supposé constant
- Le transfert de la pluie à l'ouvrage de retenue est instantané
- La durée de pluie doit être suffisamment longue

Principes de la méthode :

On trace un même graphe l'évolution en fonction du temps de la hauteur d'eau précipitée cumulée et celle de la hauteur d'eau vidangée cumulée. La 2^{ème} quantité est facile à évaluer le taux vidange est constant. La courbe de hauteur vidangée cumulée est alors constituée de segments de droites horizontaux lorsqu'il n'y a pas de vidange et de segments de droites de pente égale à q_s lorsqu'il y a vidange. Le volume maximum à stocker pour un évènement pluvieux donné est alors égal à la différence entre les deux courbes.

On réalise un classement fréquentiel de ces valeurs maximales Δh_{max} en supposant que la fréquence de retour empirique de l'évènement qui a le rang i pour une durée d'observation de N années :

$$T_i = \frac{r - \alpha}{N + \beta}$$

Dans cette relation empirique, α et β sont de coefficients empiriques. Le choix le plus simple est $\beta = \alpha = 0$. On peut utiliser les mêmes valeurs que pour les ajustements des courbes IDF par exemple $\alpha = 0,5$ et $\beta = 0$ ou $\alpha = 0,3$ et $\beta = 0,4$ (relation de Bos-Levenbach)

On peut construire des graphes $\Delta h_{max}(q_s, T)$ en fonction de q_s et T

Le volume à stocker est alors déterminé par la relation : $V = 10 * \Delta h_{max}(q_s, T) * S_a$