



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de
la Recherche Scientifique
Université d'Abd el Hamid Ibn Badis de Mostaganem
Faculté des sciences et de la technologie
Département d'architecture

N° d'ordre : M

...../archi/2025

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE
MASTER ACADEMIQUE**

Filière : Architecture

THEME

**Vers Des Quartiers Résilients: Innovations En Gestion Des
Eaux Pluviale.**

Présenté par:

- Chaib Hanane

Soutenu publiquement le 23 /06/2025 devant le jury composé de:

Président : Dr. Beldjilali said

Examineur 1: Dr. Bachir noura

Examineur2 : Dr. Gacem nadir

Encadreur : Dr. Hadjij ilhem

Année universitaire : 2024-2025



REMERCIEMENT

Louange à Dieu, louange à Dieu, louange à Dieu jusqu'à ce que la louange atteigne sa perfection.

Je remercie Allah, le Tout-Puissant, de m'avoir accordé le succès pour atteindre cette étape et surmonter les obstacles.

J'adresse toutes mes expressions de gratitude à tous ceux qui m'ont soutenu(e) et ont été une source de motivation tout au long de mon parcours éducatif, depuis le début jusqu'à la fin.

Je remercie ma chère famille mon père, ma mère et mes frères, grâce à laquelle j'ai pu atteindre ce que je suis aujourd'hui.

Je remercie également tous mes enseignants que j'ai rencontrés au cours de mon parcours.

Je tiens à mentionner particulièrement ma professeure de cette année, Madame "Hadjij Ilhem", que je remercie pour sa supervision académique et sa grande patience.

Je remercie aussi toutes les personnes qui m'ont tendu la main en m'apportant des informations et des données.

Un grand merci à vous tous.

Dédicace

Avant toute chose, je rends grâce à Allah, le Tout-Puissant, qui m'a permis d'atteindre ce niveau. Louange à Allah jusqu'à ce qu'Il soit satisfait, louange à Allah s'Il est satisfait, et louange à Allah après Sa satisfaction.

Je salue ma propre détermination, grâce à laquelle j'ai pu surmonter toutes les difficultés rencontrées sur mon chemin. Tout cela n'a été possible que par la grâce et l'assistance divine.

J'adresse mes salutations les plus sincères et ma profonde gratitude à ma mère et à mon père, véritables lumières qui illuminent ma vie. Je prie Dieu d'accorder la guérison et la santé à ma mère, de préserver mon père de tout mal, eux qui sont mon pilier dans cette vie. Sans leur présence, leur soutien et leurs prières, je n'aurais jamais atteint ce stade. C'est grâce à eux que je suis là aujourd'hui. Je prie Allah de leur accorder une longue vie, emplie de bonheur ici-bas et dans l'au-delà.

J'aimerais également exprimer toute ma reconnaissance à mes frères, parmi les plus beaux cadeaux que Dieu m'ait offerts. Ils sont mon véritable soutien et mes fidèles compagnons. Je prie pour qu'Allah les protège, qu'Il éclaire leur chemin et qu'Il les comble de réussite dans leur vie.

À mon frère qui est parti de ce monde, mais jamais de ma mémoire, qu'Allah te fasse miséricorde et nous réunisse avec toi au Paradis.

À une personne d'exception, au caractère noble, «Madame Ilhem Hadjij», ma chère enseignante. Un message ou une rencontre avec elle suffisait à raviver ma motivation et mon énergie pour poursuivre mon chemin.

Je lui dis avec une profonde gratitude : vous avez laissé dans ma mémoire une trace inoubliable. Je prie Dieu de vous récompenser généreusement et je vous souhaite une vie pleine de bonheur, de bonté et de bénédictions. Merci infiniment.

À nos enseignants qui ont marqué nos cœurs par leur humanité, qu'Allah les récompense pour tout le bien qu'ils ont fait.

Résumé

Les inondations constituent un phénomène naturel dangereux résultant de multiples facteurs, dont l'intensité s'accroît considérablement sous l'effet des interventions humaines négatives. Cette aggravation intervient dans un contexte d'expansion démographique rapide et de gestion inadéquate des eaux pluviales due à une planification urbaine déficiente. Face à ce constat, nous avons envisagé la résolution de ce problème par une gestion rationnelle des eaux pluviales, leur préservation contre le gaspillage et leur valorisation à travers l'application du concept de résilience aux zones inondables. La résilience se présente comme une méthode efficace pour faire face aux phénomènes naturels et s'en relever. À Mostaganem, les inondations affectent plusieurs zones, notamment vallée des jardins, située dans la périphérie préurbaine de la wilaya. Cette zone constitue un point de convergence des eaux pluviales en raison de sa forte déclivité et de la nature argileuse de son sol, la rendant particulièrement vulnérable. Pour remédier à cette situation, nous avons conçu un quartier éponge intégrant des solutions économiques, accessibles et facilement réalisables. Ce concept fonctionne sur le principe d'une éponge : Absorption des eaux pluviales via les toitures des bâtiments, Mise en œuvre de diverses techniques urbaines innovantes de gestion des eaux, Stockage dans des réservoirs souterrains, Réutilisation selon les besoins (arrosage des plantations en période de sécheresse), Élévation des constructions sur pilotis pour prévenir les risques. Cette conception renforce la biodiversité, facilite la vie et réalise la durabilité.

Les mots clés : *la résiliente, ville éponge, inondation, ruissellement, gestion des eaux pluviales.*

Abstract

Floods are a dangerous natural phenomenon resulting from multiple factors, whose intensity is significantly increased by negative human interventions. This aggravation occurs in a context of rapid demographic expansion and inadequate stormwater management due to poor urban planning. In response to this situation, we have considered addressing the problem through the rational management of rainwater, its protection against waste, and its valorization by applying the concept of resilience to flood-prone areas. Resilience appears as an effective method to cope with and recover from natural phenomena. In Mostaganem, floods affect several areas, particularly the Valley of Gardens, located on the peri-urban outskirts of the wilaya. This area is a convergence point for rainwater due to its steep slope and clayey soil, making it particularly vulnerable. To remedy this situation, we have designed a sponge neighborhood integrating economical, accessible, and easily implementable solutions. This concept works on the principle of a sponge: the absorption of rainwater through building rooftops, the implementation of various innovative urban water management techniques, storage in underground reservoirs, and reuse according to needs (such as watering plants during droughts), as well as elevating buildings on stilts to prevent risks. This design strengthens biodiversity, facilitates daily life, and promotes sustainability.

Keywords

The resilient one, sponge city, flooding, runoff, stormwater management.

ملخص

الفيضانات ظاهرة طبيعية خطيرة نتيجة لعدة عوامل طبيعية، تزداد حدتها بالتدخل السلبي للإنسان في ظل التوسع السكاني السريع والإدارة الغير مدروسة لمياه الأمطار بسبب غياب التخطيط الحضري ، ماجعلنا نفكر في كيفية حل هذه المشكلة من خلال الإدارة السليمة لمياه الأمطار وطرق المحافظة عليها من الهدر ،والاستفادة منها وذلك بإسقاط مفهوم المرونة على المناطق الفيضانية. تعتبر المرونة وسيلة للتعامل مع الظواهر الطبيعية ،والتعافي منها.ظاهرة الفيضانات منتشرة في عدة مناطق من مدينة مستغانم من بينها وادي الحدائق الواقعة في الوسط الشبه الحضري للولاية ،معرضة لهذا الخطر لكونها نقطة تجمع لمياه الأمطار لانحدارها الشديد وتربتها الطينية.لذا لجأنا لتصميم حي إسفنجي في هذه المنطقة بطرق إقتصادية،متاحة،وقابلة للتنفيذ بحيث يعمل هذا التصميم عمل الإسفنج من خلال قيامه بامتصاص مياه الأمطار عن طريق أسطح بنايات ،ومختلف التقنيات الحضرية البديلة لإدارة مياه الأمطار ،ثم القيام بتخزينها بواسطة خزانات تقع تحت الأرض ،والاستفادة منها عند الحاجة لها "في فترات الجفاف مثلا تستعمل لسقي النباتات المغروسة، وتصميم بنايات ورفعها عن الأرض بركائز لتفادي الخطر. بحيث يعزز هذا التصميم التنوع البيولوجي،تسهيل الحياة وتحسين جودتها،تحقيق الاستدامة

الكلمات المفتاحية الفيضانات ، المرونة الحضرية، المدينة الأسفنجية، الجريان السطحي، إدارة مياه الأمطار.

Sommaire:

LISTE DES TABLEAUX :	11
LES FIGURES :	12
<hr/> PARTIE INTRODUCTIVE	18
1. INTRODUCTION :	1
2. PROBLEMATIQUE :	2
3. LES OBJECTIFS :	3
4. HYPOTHESES :	3
<hr/> PARTIE THEORIQUE	4
CHAPITRE N°1:LE RISQUE D'INONDATION	6
1.1 Introduction :	6
1.2 Définition de l'inondation :	6
1.3 Les facteurs aggravant le risque inondation :	6
1.4 Les facteurs bénéfiques :	6
1.5 Exemple :	6
1.6 Les consignes de sécurité :	7
1.7 Les types d'inondation :	7
1.8 Les causes des inondations :	9
1.9 Stratégies de construction adaptées aux inondations :	10
1. Eviter :	10
2. Adapter :	10
3. Résister :	11
1.10 Conclusion :	23
CHAPITRE N°2 : RESILIENTE URBAINE	25
2.1 Introduction :	25
2.2 Définition :	25

2.3 Les principaux indicateurs de la résilience urbaine :	25
2.3.1 Indicateurs des infrastructures :	25
2.3.2 Indicateurs économiques :	25
2.3.3 Indicateurs sociaux :	25
2.3.4 Gouvernance :	26
2.3.5 Indicateurs environnementaux :	26
2.4 La résilience face aux inondations comme composante d'une collectivité viable :	26
2.5 Cinq principes pour intégrer la résilience dans les pratiques d'aménagement urbain :	27
2.6 Conclusion :	30
CHAPITRE N°3 : LE CONCEPT DE VILLE-EPONGE.....	32
3.1 Introduction :	32
3.2 Aperçu historique :	32
3.3 Définition :	33
3.4 Le principe de la ville-éponge :	33
3.5 La stratégie « ville éponge » du VSA :	34
3.5.1 Élaborer des « bonnes pratiques » et les répandre :	34
3.5.2 Mettre en œuvre un travail interdisciplinaire et collectif :	34
3.5.3 Échange D'expérience et aides concrètes :	34
3.5.4 Organisation du projet « Ville éponge » :	34
3.6 Les éléments clés de la ville éponge :	34
3.6.1 Infrastructures végétalisées :	34
3.6.2 Bassins de rétention et zones humides :	35
3.6.3 Revêtements perméables et canaux végétalisés :	35
3.7 Objectifs :	36
3.8 Les Avantages :	37
3.8.1 Réduction des inondations:	37
3.8.2 Amélioration de la qualité de l'eau :	37
3.8.3 Augmentation de la biodiversité :	37
3.8.4 Adaptation au changement climatique:	38
3.8.5 Avantages économiques:	38
3.9 Exemple :	38
3.10 Conclusion :	39
CHAPITRE N°4 : GESTION DES EAUX PLUVIALE	41
4.1 Introduction :	41
4.2 Les enjeux de la gestion des eaux pluviales :	41

1. Améliorer l'urbanisme :	41
2. Améliorer l'environnement urbain :	41
3. Réduire les risques d'inondation :	41
4. Protéger l'environnement	41
5. Réduire les coûts	41
4.3 L'histoire des techniques alternatives ou compensatoires :	41
4.4 La définition des techniques alternatives :	42
4.5 Présentation des différents systèmes alternatifs de gestion des eaux pluviales :	42
<input type="checkbox"/> Les ouvrages aériens de gestion des eaux pluviales :	42
<input type="checkbox"/> Les ouvrages enterrés de gestion des eaux pluviales :	49
<input type="checkbox"/> Autres systèmes d'une technique alternative :	63
<input type="checkbox"/> Matériaux Utilisée :	72
4.6 Récupération et utilisation des eaux pluviales :	74
4.6.1 Les réservoirs :	74
4.6.2 Pompe de distribution :	74
4.6.3 Filtres :	74
4.7 Conclusion :	76
<hr/>	
<u>PARTIE ANALYTIQUE</u>	77
CHAPITRE N°5 : ANALYSE DE SITE	79
5.1 Motivation de choix :	79
5.2 Présentation de ville de Mostaganem :	79
5.3 Situation Géographique de la région de vallée des jardins en Mostaganem :	80
5.4 Morphologie du site :	81
5.5 Aperçu Historique :	83
5.6 Géologie :	83
5.7 Aperçu hydrogéologique :	84
5.8 Délimitation Des Zones Inondables :	85
5.9 Les causes :	88
5.10 Analyse Climatique :	88
<input type="checkbox"/> La Pluviométrie :	88
5.11 Analyse hydraulique:	92
1. Trace Du Réseau de Drainage Existant :	92
2. Solution ponctuelle :	93
3. Réseaux hydrographique :	95

5.12 Analyse Paysagère :	96
5.12.1 Accessibilité, et Repères :	96
5.12.2 Voiries :	97
5.12.3 Bâti et non bâti :	98
5.12.4 Etat de fonction :	100
5.12.5 Systèmes Parcellaires :	102
5.13 Synthèse :	102
CHAPITRE N°6 : ANALYSE DES EXEMPLES SIMILAIRES	104
6.1 Introduction :	104
6.2 Exemples des quartiers résilients :	104
6.2.1 Quartier Matra, Romorantin lanthenay, France :	104
6.2.2 Kokkedal, Fredensborg, Danemark :	108
6.2.3 Quartiers des Rives du Bohrie, Ostwald, France :	110
6.3 Exemples des villes éponge :	114
6.3.1 La Nouvelle Zone de Liangjiang à Chongqing (Chine) :	114
6.3.2 Les principes adoptés pour la création des villes éponges :	116
6.3.3 parc éponge à Montréal « parc plateau mont-royal » :	120
6.5 Synthèse :	120
CHAPITRE N°7:GENESE ET DEVELOPPEMENT DU PROJET	122
7.1 INTRODUCTION :	122
7.2 Concevoir une zone résiliente :	122
7.3 Descriptif de Plan de masse :	136
7.4. Quelques techniques alternatives utilisées :	139
7.5 Projet d'un habitat semi collectif :	143
7.6 Calcul des quantités d'eau de pluie Q(L) :	145
CONCLUSION:	147
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :	148

Liste des tableaux :

Tableau 01. Différents matériaux de structure et de stockage.

Tableau 02. Différents matériaux de surface.

Tableau 03. Autres matériaux.

Tableau.04. Moyenne des précipitations mensuelles de Mostaganem (1989-2024).

Tableau 05. Moyenne des précipitations annuelles de Mostaganem (1989-2024).

Tableau 06. Le régime saisonnier des précipitations de Mostaganem (1989- 2024).

Tableau 07. État de bâti de vallée des jardins.

Tableau 08. Programme d'un plan de masse.

Tableau 09. Calcul annuel des quantités d'eau de pluie.

Les figures :

Figure 01 : Les consignes de sécurité.

Figure 02:Schéma d'un trois catégorie éviter, adapter, résister.

Figure 03:Schéma présenté la catégorie « éviter ».

Figure 04: Eriger un bâtiment au-dessus de la ligne d'eau de crue (construction sur pilotis).

Figure 05:Exemple de vide sanitaire inondable.

Figure 06:Vue en plan d'un vide sanitaire.

Figure 07: Schéma présenter la catégorie de « adapter ».

Figure 08:Vue en plan d'un bâtiment avec indication des zones inondables.

Figure09 : Vue en profil du bâtiment y compris l'espace inondable.

Figure 10: Installer les appareils sensibles sur un support surélevé.

Figure 11 : Schéma présenter la catégorie de « résister ».

Figure 12: Fenêtre anti-inondation.

Figure13 : Entrée surélevée.

Figure 14: Inondation d'un parking souterrain.

Figure 15: Protection du bâtiment contre le refoulement.

Figure16 : « Cuvelage blanc » selon DIN 1045, DIN EN 206, DaFStb « directive WU ».

Figure17: « Cuvelage noir » selon DIN 18195.

Figure 18: Augmentation de la contre-pression par inondation d'urgence.

Figure 19 : Interventions dans le cadre de l'Ohio Creek Water shed Project.

Figure 20 : La Marlboro Avenue en pavés perméables et les noues végétalisées sur le trottoir.

Figure 21 : Habitations élevées sur pilotis.

Figure 22 : Le jardin de Sologne, un parc public en période normale.

Figure 23 : Le Résilience Park, un parc public polyvalent et résilient.

Figure 24: Schéma explicatif d'une ville éponge.

Figure 25: Schéma illustrant les différents éléments pris en compte dans les projets de villes éponges.

Figure 26 : Schéma d'un objectif de ville éponge.

Figure 27 : Wuhan, un ville- éponge de chine.

Figure 28: Wuhan, un ville- éponge de chine.

Figure 29 : Exemple de différentes techniques alternatives possibles pour gérer les eaux pluviales d'une maison.

Figure 30 : Schéma d'un ouvrage de surfaces de gestion des eaux pluviales.

Figure 31 : Exemple de différentes techniques alternatives possibles pour gérer les eaux pluviales d'une maison.

Figure 32 : Noues d'infiltration.

Figure 33 : Coupe d'un Noue d'infiltration.

Figure 34 : Bassin de rétention.

Figure 35 : Coupe d'un Bassin sec d'infiltration.

Figure 36 : Coupe d'un bassin retenue d'eau.

Figure 37: Schéma d'un ouvrage enterré de gestion des eaux pluviales.

Figure 38, 39 : Tranchée vue et coupe.

Figure 40 : Tranchée d'infiltration coupe longitudinale.

Figure 41 : Puits d'infiltration.

Figure 42 : Coupe d'un Puit d'infiltration.

Figure 43 : Toiture végétalisée.

Figure 44 : Toiture Stockant.

Figure 45 : Schéma d'une coupe de toiture végétalisée.

Figure 46 : Structure réservoir.

Figure 47 : Structure réservoir sous trottoir.

Figure48 : Structure de chaussée (fonction mécanique et fonction de stockage).

Figure 49 : Dalle en gazon.

Figure 50 : Schéma d'un jardin de pluie.

Figure 51, 52, 53, 54,55 : Exemples des jardins de pluie.

Figure 56 : Détourner la gouttière - Couper la gouttière.

Figure 57 : Schéma de l'orientation et de la forme du jardin de pluie.

Figure 58: Schéma des composantes et substrats du jardin de pluie.

Figure 59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70 : Les plantes utilisées pour la végétalisation pour jardins de pluie.

Figure 71 : Végétalisation des espaces urbains.

Figure 72: Mise en place des murs végétalisés dans l'école Robert Desnos Tunis, conçu et réalisé par la société SICAP. (Eco Végétal).

Figure 73 : Filtre à panier.

Figure 74 : Filtre à sable.

Figure 75 : Carte de ville de Mostaganem.

Figure 76 : Situation Géographique de la région de vallée des jardins en Mostaganem.

Figure 77. Image Google earth, Topographie du site.

Figure 78 : Schéma d'un Géologie du site.

Figure 79 : Formation du Calabrien (quaternaire ancien).

Figure 80 : Transect hydrogéologique de la zone d'étude (Vallée des jardins).

Figure 81 : Carte de vulnérabilité.

Figure 82 : Délimitation Des Zones Inondables au fond d'image Google.

Figure : 83, 84, 85, 86, 87. Des images d'un site.

Figure 88 : Schéma des causes d'inondation dans le site.

Figure 89 : Fluctuations mensuelle des précipitations de Mostaganem (1989-2024).

Figure 90 : Histogramme des précipitations mensuelles (1989_2024).

Figure 91 : Histogramme des précipitations annuelles de Mostaganem (1989-2024).

Figure 92 : Fluctuations annuelles des précipitations de Mostaganem (1989-2024).

Figure 93 : Précipitations moyennes saisonnières de Mostaganem pour la période (1989-2024).

Figure 94 : Tracé du réseau de drainage existant (calés sur les plans urbains élaborés par M. Belarbi en 2007).

Figure 95: Tracé du réseau de drainage projeté.

Figure 96 : Tracé souterrain du tunnel sous la RN23A.

Figure 97 : Coupe du tunnel.

Figure 98 : Réseaux hydrographique.

Figure 99: Schéma de l'accessibilité et des repères de la zone de vallée des jardins.

Figure 100: Schéma des voiries de la zone de vallée des jardins.

Figure 101: Schéma des bâti et non bâti de vallée des jardins.

Figure 102 : Schéma d'un état de fonction.

Figure 103 : Schéma d'un système parcellaire.

Figure104: Interventions dans le cadre du projet du quartier Matra.

Figure 105: Trottoirs surélevés accessibles malgré la crue de 2016.

Figure106 : Maisons construites sur pilotis.

Figure 107: Maisons sur pilotis épargnées lors de la crue de 2016.

Figure 108 : Le jardin de Sologne, un parc public en période normale.

Figure109 : Le jardin de Sologne, un bassin de rétention en période de crue.

Figure110 : Intervention dans le cadre du projet d'adaptation au climat.

Figure111 : Le chemin de l'eau à ciel ouvert.

Figure112 : La valorisation de la rivière des milieux riverains.

Figure113 : Espaces de jeux résilients.

Figure114 : Interventions dans le cadre de l'aménagement du quartier des rives du bohrie.

Figure115 : Ensemble d'habitations élevé sur une plateforme au-dessus d'une prairie.

Figure116 : Bâtiment édifié sur pilotis.

Figure117 : Perspective sur l'étang du Bohrie.

Figure 118: Valorisation des zones humides.

Figure119 : Sentier de promenade autour de l'étang du Bohrie.

Figure 120 : La nouvelle ville de yuelai, située dans la nouvelle zone de liangjiang « ville éponge ».

Figure 121: Des trottoirs capables d'absorber instantanément l'eau et des parkings perméables partout dans la nouvelle ville de yuelai à Chongqing.

Figure 122: Des voies d'eau naturelles en milieu urbain.

Figure 123: Le revêtement des rues dans les villes éponges.

Figure 124: Des inondations dont souffrent les villes chinoises.

Figure 125 : Les espaces verts garantissent la vie naturelle.

Figure 126: Les zones humides préservent la biodiversité.

Figure 127: Jardins sur les toits.

Figure 128 : Parc éponge à Montréal.

Figure 129: Schéma d'une idée conceptuelle.

Figure130 : Schéma d'une idée conceptuelle de récupération des eaux pluviale.

Figure131 : Schéma des zones inondables et les éléments touchés.

Figure132 : Schéma de limite d'une zone d'intervention.

Figure 133: Schéma des réseaux hydrographiques.

Figure 134: Schéma des voies existantes & les photos de site.

Figure135 : Schéma des lignes de relief.

Figure 136: Coupe A-A.

Figure 137 : Schéma des voies restructurées.

Figure 138 : Schéma de démolition & les photos de site.

Figure 139 : Schéma de reconstruction.

Figure 140: Schéma de réhabilitation des terres agricoles et des espaces verts.

Figure 141: Vue des terres agricoles en terrasses.

Figure 142: Schéma d'aménagements hydrauliques.

Figure 143: Vues de l'oued.

Figure 144: Vue dans le projet urbain.

Figure145 : Schéma d'une Intégration des solutions durables.

Figure 146 : Plan de masse vue en 3d.

Figure147 : Coupe urbain.

Figure148 : Vue du projet urbain.

Figure149 : Vue dans le projet urbain.

Figure150 : Vue dans le projet urbain « espaces de vente dans terres agricoles ».

Figure151 : Vue dans le projet urbain « parking couverte ».

Figure152 : Vue dans le projet urbain «terrasse couverte ».

Figure153 : Vue dans le projet urbain «l'oued qui traverse vallée des jardins »

Figure154 : Vue en 3d d'une coupe de jardin de pluie.

Figure155 : Vue en 3d d'une coupe de noue paysagère.

Figure 156 : Vue en 3d d'une coupe de Voie perméable.

Figure157 : Vue en 3d d'une coupe d'une tranchée.

Figure158 : Vue en 3d d'une coupe d'un pavé perméable.

Figure 159 : Plan d'un puits d'infiltration.

Figure 160 : Vue en 3d d'une coupe d'un puits d'infiltration.

Figure161 : Plan de RDC d'un habitat semi collectif.

Figure162 : Coupe d'un habitat semi collectif.

Partie Introductive

1. Introduction :

De nombreux pays à travers le monde connaissent des changements climatiques soudains, qui se manifestent par une transition d'un climat à un autre, ou par le passage de longues périodes de sécheresse à des précipitations abondantes sur une courte période de temps. Ces phénomènes entraînent des inondations urbaines qui submergent les routes et les bâtiments, provoquant ainsi une paralysie quasi totale de la vie quotidienne. Les transports sont interrompus en raison de la fermeture des routes, les travailleurs ne peuvent pas se rendre à leurs lieux de travail, et les étudiants sont empêchés de poursuivre leurs études, ce qui entraîne un arrêt temporaire de l'activité sociale et économique.

Les inondations urbaines se définissent comme une augmentation excessive du débit des eaux pluviales dépassant la capacité des réseaux d'assainissement, rendant ces derniers incapables d'absorber les volumes d'eau. L'Algérie, comme de nombreux autres pays, a connu ce phénomène, notamment lors de la crue de Bab El Oued en 2001 à Alger, qui a causé d'importantes pertes humaines et matérielles. Suite à cette catastrophe, les autorités ont pris des mesures pour éviter sa répétition, mais le problème persiste dans plusieurs régions du pays.

Même les pays développés ne sont pas épargnés par cette menace. C'est le cas de la Chine, considérée comme l'un des pays les plus exposés au risque d'inondation, avec 98 % de ses villes menacées selon les statistiques.¹ Face à la répétition de ces catastrophes, la Chine a adopté le concept de la « ville éponge », une idée proposée par le professeur « architecte et paysagiste » chinois Yu kongjian de l'université de Pékin en 2013.² Ce concept repose sur l'absorption, le stockage et la réutilisation des eaux de pluie pendant les périodes de sécheresse. Cette approche a été appliquée officiellement depuis le début de l'année 2015 et a concerné 30 villes chinoises,³ dans le cadre d'une stratégie d'adaptation aux changements climatiques, de réduction des effets des inondations, et d'amélioration de la gestion des eaux pluviales.

Cependant, les changements climatiques ne sont pas la seule cause de ce phénomène, car certaines zones connaissent des inondations malgré la faible fréquence des précipitations. Cela s'explique par des facteurs cachés liés aux caractéristiques naturelles et urbanistiques propres à chaque région. Par conséquent, la méthode descriptive analytique a été adoptée, à travers l'examen des différentes théories liées au sujet de la recherche. En plus de l'analyse du

¹ IBTEKR, Que sont les « villes éponge » et comment préviennent-elles les inondations ?, 31 mars 2023, disponible sur : <https://ibtekr.org/> ; DEUTSCHE WELLE, Pourquoi la chine prévoit-elle de créer des villes éponges ? DW en arabe, 27 juin 2022, disponible sur : <https://www.dw.com/>

² SOLARABIC, Les villes éponges : là où l'ingénierie rencontre la nature, 13 mars 2025, disponible sur : <https://solarabic.com/learn/2025/03/الهندس-تلتقي-حيث-الإسفنجية-المدن/>

³ IBTEKR, Que sont les « villes éponge » et comment préviennent-elles les inondations ?, 31 mars 2023 ; ARABIA WEATHER, les villes éponges : l'arme de la chine contre les inondations. Edité par RANA AL-SILAWI, département des médias sociaux, 19 juillet 2021, disponible sur : <https://www.arabiaweather.com/>

site de Vallées des jardins à Mostaganem, exposé au risque d'inondation. Les données et les cartes spécifiques au site ont été analysées après leur collecte, ainsi que des sorties sur le terrain pour observer et identifier certaines causes visibles. En outre, quelques exemples similaires au projet à réaliser ont été étudiés, ce qui aide à de le comprendre et de faciliter son processus de conception.

Le mémoire est divisé en cinq chapitres, comme suit :

La partie théorique contient quatre chapitres :

- Le premier chapitre aborde les concepts généraux sur le risque d'inondation.
- Le deuxième chapitre traite des concepts de résilience urbaine et de sa mise en œuvre.
- Le troisième chapitre se concentre sur un type de résilience urbaine, à savoir la « ville éponge ».
- Le quatrième chapitre aborde la gestion des eaux pluviales, en mettant l'accent sur les techniques alternatives et la récupération des eaux de pluie.

La partie pratique est consacrée à trois chapitres :

- Le premier chapitre porte sur l'étude et l'analyse du site à examiner.
- Le deuxième chapitre concerne l'analyse d'exemples similaires au projet conçu.
- Enfin, le troisième chapitre présente les étapes de préparation du projet.

2. Problématique :

Les inondations constituent un risque courant qui menace les zones urbaines et périurbaines, y compris les constructions, les infrastructures ainsi que la sécurité des individus. Elles résultent de deux éléments principaux : le débordement des eaux de leur lit naturel et la concentration humaine dans des zones exposées à ce danger. Cela entraîne des pertes matérielles et humaines, dont l'ampleur dépend de l'intensité du risque et des quantités de précipitations. Ces phénomènes surviennent en raison de plusieurs facteurs qui varient d'une région à une autre.

Ce phénomène affecte plusieurs zones de la ville de Mostaganem, notamment la vallée des jardins (Dab daba). Cette entité, située dans l'espace semi-urbain de la ville, est exposé récemment au risque de crue. Malgré les efforts déployés pour limiter ce problème, celui-ci persiste en raison de la difficulté d'obtenir les financements nécessaires pour mettre en œuvre les solutions proposées. L'étude de la situation a révélé plusieurs causes de ce phénomène : la localisation de la zone dans une vallée, favorisant l'accumulation des eaux de pluie, la nature argileuse du sol qui empêche l'infiltration des eaux de pluie, et la saturation du sol par les eaux souterraines. De plus, le passage de l'oued à travers des terres agricoles, en provenance de l'aéroport de Mostaganem, et l'urbanisation non maîtrisée, qui entrave le flux naturel de l'oued tout en empiétant sur les terres agricoles, aggravent le risque d'inondation.

Ainsi, la problématique s'articule autour des questions suivantes :

- Comment une ville peut-elle devenir résiliente face aux inondations ?
- Quel type d'aménagements et construction s'adapte à ce phénomène ?
- Comment récupérer et gérer des eaux pluviales ?

3. Les objectifs :

L'objectif fondamental de cette étude est de faire face au risque d'inondations et de le réduire en proposant des solutions innovantes, accessibles, économiques et faciles à mettre en œuvre, à travers les actions suivantes :

- Analyser les causes profondes des inondations dans la zone de vallée des jardins.
- Restructurer une zone inondable en la transformant en un espace résilient capable d'absorber les eaux pluviales et de réduire le risque d'inondation.
- Concevoir des espaces intégrant des techniques alternatives de gestion des eaux de pluie.
- Collecter les eaux pluviales via les terrasses des bâtiments, les stocker dans des réservoirs d'eau et les réutiliser pour l'arrosage des plantations en période de sécheresse.

4. Hypothèses :

Pour répondre à cette problématique, les hypothèses suivantes ont été formulées :

- Les quartiers résilients, en particulier les villes dites "éponges", constituent une solution optimale pour lutter contre les inondations et gérer les eaux pluviales.
- Les techniques alternatives sont des aménagements adaptés aux zones inondables, complémentaires aux constructions sur pilotis, contribuant à réduire les risques et à gérer efficacement les eaux pluviales.
- Les terrasses des bâtiments et les surfaces perméables sont des moyens efficaces pour récupérer l'eau de pluie dans des citernes sous terrains.

Partie Théorique

CHAPITRE N°1

Le Risque D'inondation

Chapitre N°1: Le Risque D'inondation

1.1 Introduction :

Les inondations sont un phénomène naturel récurrent qui touche plusieurs pays du monde, dont l'Algérie, en raison de diverses causes, certaines naturelles et d'autres liées à l'intervention humaine, entraînant des pertes matérielles et humaines.

1.2 Définition de l'inondation :

- Une inondation est une submersion temporaire par l'eau de zones habituellement hors d'eau. Ce concept englobe les inondations résultant du débordement des rivières, des crues torrentielles montagneuses, des submersions marines, ainsi que de l'accumulation d'eaux stagnantes en surface.⁴

1.3 Les facteurs aggravant le risque inondation :

L'expansion urbaine et économique dans les zones inondables constitue un facteur essentiel d'aggravation du risque d'inondation. De plus, le développement des activités et des réseaux d'infrastructure modifie les conditions d'écoulement, notamment en isolant le sol de l'eau et en augmentant le ruissellement superficiel. Par ailleurs, la concentration d'habitations dans les zones inondables pendant les crues entrave les voies d'écoulement des eaux pluviales, y compris les oueds et les rivières, ainsi que le transport et le dépôt de produits indésirables, ce qui intensifie la gravité des inondations.⁵

1.4 Les facteurs bénéfiques :

Le dépôt de grandes quantités de limon dans les zones inondables en raison des crues rend les sols plus fertiles et propices à l'agriculture. Les inondations contribuent également à la biodiversité en fournissant un environnement humide qui favorise la vie aquatique, terrestre et végétale.⁶

⁴ CPIE VAUCLUSE, Classeur – Risques d'inondation (Document pédagogique, PDF). OPUS, 2023. p. 21, disponible sur : <https://opus.cpie84.org/uploads/Document/classeur-risques-inondat.pdf>

⁵ Ibid. p. 21

⁶ Ibid. p. 22

1.5 Exemple :

- **L'inondation sur le territoire du Ventoux :**

En raison de leur fréquence relative, les inondations sont devenues l'une des catastrophes naturelles les plus marquantes dans la mémoire collective. Cependant, ce que la France a connu en 1992, particulièrement dans la région du Ventoux, reste gravé dans les mémoires de ceux qui l'ont vécu. Le 22 septembre 1992, des inondations ont déferlé sur les vallées dominant la ville de Vaison-la-Romaine, submergeant complètement la ville sous les eaux de pluie et s'étendant à 67 autres communes à cause des eaux torrentielles emportées par le vent. Le débit d'eau a atteint 1200 mètres cubes par seconde. La rétention d'eau au niveau du Pont Romain constitue la cause principale du problème, entraînant une accumulation d'eau derrière le barrage naturel formé. En l'espace de 10 minutes, le niveau d'eau a augmenté d'un mètre. La catastrophe a causé des pertes matérielles et humaines, faisant 47 victimes et des dégâts matériels estimés à 500 millions d'euros. Cela a contribué à éveiller la conscience publique sur les dangers de l'expansion urbaine dans les zones naturelles.⁷

1.6 Les consignes de sécurité :

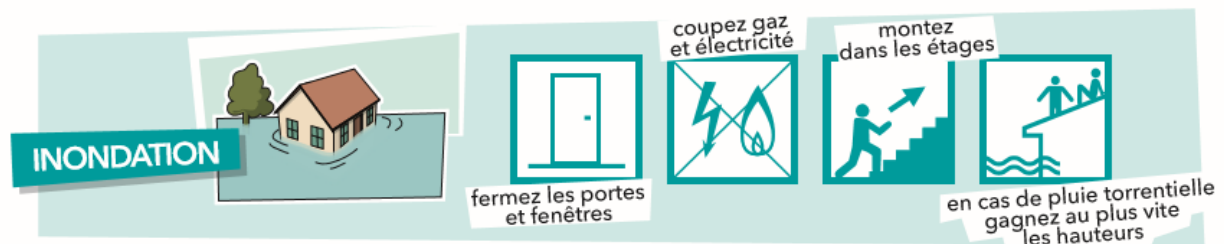


Figure 01 : les consignes de sécurité. **Source** : CPIE VAUCLUSE, Classeur – Risques d'inondation (Document pédagogique, PDF). OPUS, 2023.

1.7 Les types d'inondation :

Les inondations se produisent selon deux processus fondamentaux, lorsqu'une des conditions suivantes est remplie :

- ✓ La quantité des précipitations prolongées dépasse la capacité de rétention en eau du sol, ou
- ✓ La capacité d'absorption d'eau du sol est légèrement inférieure à la quantité des précipitations.

On distingue trois types d'inondations résultant de ces mécanismes :

- ✓ Les inondations lentes,
- ✓ Les inondations violentes,
- ✓ Les inondations causées par une montée rapide du niveau des eaux.

⁷ Ibid. p. 22

Par ailleurs, la défaillance des systèmes techniques de protection peut provoquer des inondations.⁸

1.7.1 Les inondations fluviales :

Il s'agit d'un débordement des eaux au-delà de leurs rives et d'une inondation des zones avoisinantes suite à une élévation importante du niveau du fleuve. Les fortes pluies persistantes constituent la cause principale de ce phénomène, pouvant parfois s'accompagner d'orages violents ou de la fonte des neiges. Tels que Ces inondations surviennent principalement en hiver au Luxembourg.

Un reflux vers les canaux de drainage peut se produire en cas de connexion entre les zones inondées et le lit du fleuve, entraînant des glissements de terrain ou la fermeture de routes. Tels que Le Luxembourg dispose de systèmes d'alerte précoce utilisés pour prévoir les inondations fluviales plusieurs jours avant l'événement, et met en œuvre d'autres mesures de prévention contre les inondations exécutées par le Service Hydrométrie de l'Administration de la Gestion de l'Eau (AGE).⁹

1.7.2 Les inondations soudaines dues à de fortes pluies :

Ces inondations se produisent à la suite de précipitations intenses en raison de fortes accumulations pluviométriques sur une courte période (généralement de 6 heures à 3 jours). L'intensité des pluies dépasse la capacité d'infiltration du sol et la capacité des réseaux d'assainissement à absorber les grandes quantités d'eau, ce qui provoque un ruissellement de surface emportant avec lui d'importantes quantités de sédiments qui aggravent le problème. Le temps de réaction des autorités compétentes est extrêmement court dans de tels cas. Par ailleurs, d'autres obstacles en milieu urbain entravent l'écoulement des eaux, tels que les trottoirs surélevés, les ponts et les bouches d'égout.¹⁰

1.7.3 Les inondations par remontée de nappe :

La remontée des eaux souterraines se produit lorsque le niveau de la nappe phréatique atteint la surface du sol ou le flanc d'une colline, en raison :

- De précipitations supérieures à la moyenne
- De l'accumulation de ces quantités sur une longue période variant de plusieurs mois à plusieurs années

Le niveau de l'eau dans la rivière coïncide souvent avec le niveau piézométrique de la nappe phréatique, ce qui entraîne :

- ✓ Une interaction continue entre les eaux souterraines et les eaux de surface
- ✓ Une intensification de ce phénomène dans les zones sédimentaires anciennes

Cela provoque :

- ✓ Une infiltration des eaux souterraines à de grandes profondeurs

⁸ Guide pour les projets de construction à l'intérieur des zones inondables, s.d. p. 11, disponible sur : <https://eau.gouvernement.lu/dam-assets/publications/leitfaden-f%C3%BCr-bauvorhaben/Guide-pour-les-projets-de-construction-a-l-interieur-des-zones-inondable-.pdf>

⁹ Ibid. p. 12

¹⁰ Ibid. p. 13

- ✓ L'apparition de sources phréatiques due aux dépressions topographiques.¹¹

1.8 Les causes des inondations :

Les inondations ont de nombreuses causes, liées à des facteurs naturels tels que la superficie et la forme du bassin versant, la nature du sol et les caractéristiques topographiques, ainsi que la couverture végétale et le climat. À cela s'ajoutent les interventions humaines. Les causes des inondations peuvent être résumées comme suit :¹²

1.8.1 Causes liées à la situation géographique :

- L'emplacement de la ville dans les vallées, sur les pentes de montagnes élevées, ou aux points de confluence des rivières et des oueds.
- La topographie de la ville, avec sa diversité et la complexité de son relief (altitudes, dépressions, plaines, vallées), favorise l'accumulation des crues, facilite leur écoulement et augmente leur vitesse.
- Les zones entourant la ville, comprenant montagnes et vallées.
- La relation de la localisation de la ville avec les embouchures des crues ou leur proximité aux lits des oueds.
- Le mauvais choix des emplacements de construction dans les vallées ou les lits des crues.¹³

1.8.2 Causes climatiques :

- Les précipitations, notamment saisonnières, en grandes quantités pouvant être catastrophiques.
- Les changements climatiques et les catastrophes naturelles qui en résultent.¹⁴

1.8.3 Causes liées à l'urbanisme :

- Une mauvaise planification en négligeant l'identification des zones à risque, à l'intérieur et à l'extérieur des villes.
- La construction anarchique et non réglementée dans des zones dangereuses.¹⁵

1.8.4 Causes spatiales et économiques :

- La forte croissance démographique et la mauvaise planification urbaine.

¹¹ Ibid. p. 14

¹² ALOUED. M. S, La vulnérabilité du milieu urbain face au risque d'inondation, Mémoire de master, Université de M'sila, 2023, p. 21-22, disponible sur : <https://num.univ-msila.dz/>

¹³ CHETOUANE. O, et BEN YAHIA. M, La gestion du risque d'inondation dans la ville de Sidi Lahcen, wilaya de Sidi Bel Abbès, Mémoire de master, Université Oran 2, 2022, p. 45, disponible sur : <https://ds.univ-oran2.dz:8443/bitstream/123456789/7268/1/>

¹⁴ Ibid. p. 45

¹⁵ Ibid. p. 45

- L'exode vers les villes et les zones de peuplement non planifiées.
- Le faible niveau économique de la population, qui pousse à construire dans des zones à risque en raison du bas prix des terrains.¹⁶

1.8.5 Causes administratives et de sensibilisation :

- Le manque de sensibilisation à l'importance du respect des plans d'aménagement approuvés et aux dangers de la construction dans les zones à risque.
- Le manque de rigueur dans l'application des lois et la gestion laxiste des zones non réglementaires, ce qui a conduit à leur expansion.¹⁷

1.9 Stratégies de construction adaptées aux inondations :

La construction est possible dans les zones inondables sous condition de respecter les exigences spécifiques. Ces exigences consistent en des mesures de construction adaptées au risque d'inondation. Bien qu'elles ne constituent pas une protection totale contre les inondations, elles permettent de réduire les dommages. Leurs objectifs sont :

- Réduire l'exposition des constructions au danger
- Diminuer l'intensité des dommages
- Réduire les coûts et le temps nécessaires aux réparations

Ces mesures préventives s'appliquent à toutes les zones potentiellement exposées aux inondations, et pas uniquement aux zones inondables définies réglementairement. Pour adapter la construction aux risques d'inondation, il est essentiel de comprendre le scénario prévisible en cas d'inondation. Ces mesures sont classées en trois catégories principales :¹⁸

Evité

Adapter

Résister

1. Eviter :

Est une stratégie mise en œuvre avant la survenue d'une catastrophe, consistant à interdire la construction dans les zones inondables. Par ailleurs, elle ne réduit pas la capacité de stockage des eaux.¹⁹

¹⁶ Ibid. p. 45-46

¹⁷ Ibid. p. 46

¹⁸ Guide pour les projets de construction à l'intérieur des zones inondables, s.d. p.31

¹⁹ Ibid. p. 32

2. Adapter :

est une méthode qui expose le bâtiment aux inondations sans aucune intervention préventive, où le bâtiment est laissé face à l'inondation directement, contribuant ainsi à le protéger des dommages causés par la force du courant d'eau et aidant à réduire les dégâts.²⁰

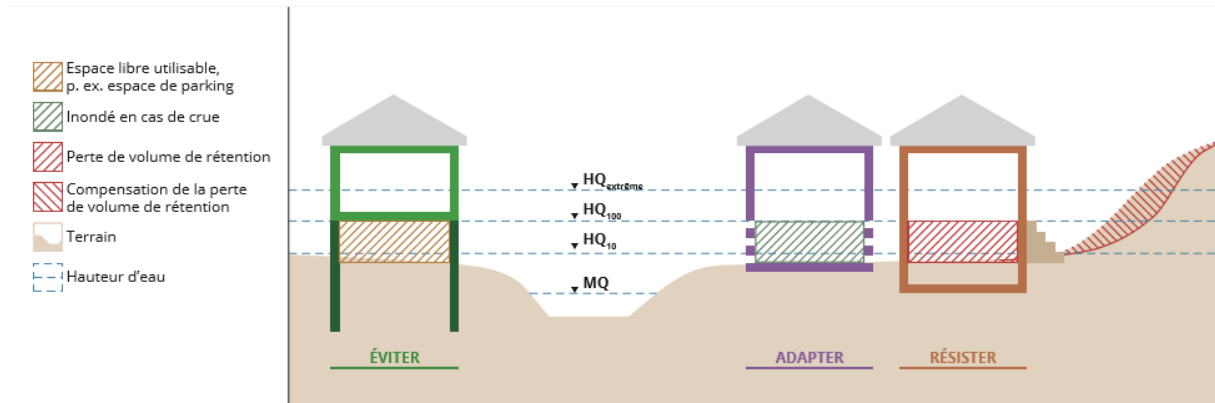


Figure 02: Schéma d'un trois catégorie éviter, adapter, résister. **Source :** Guide pour les projets de construction à l'intérieur des zones inondables.

3. Résister :

Cette stratégie consiste à construire dans une zone inondable dans le but d'empêcher l'infiltration d'eau dans le bâtiment en cas d'inondation ou de la réduire au minimum. Elle n'est efficace que jusqu'à atteindre le niveau de crue de conception (par exemple HQ100). De plus, la nouvelle construction occupe un espace réservé à l'expansion des crues, ce qui réduit la capacité de stockage d'eau. Et il n'est pas recommandé de l'appliquer sauf en cas de mise en place de compensations appropriées.²¹

1. Éviter :

1.1 Eviter les zones à risque d'inondation :

La première option pour appliquer cette stratégie consiste à éviter toute construction dans les zones inondables, voire à supprimer les bâtiments existants dans ces zones pour prévenir tout contact avec l'eau, tout en préservant un espace suffisant pour les écoulements fluviaux en permettant aux cours d'eau de s'écouler naturellement dans leur lit.²²

²⁰ Ibid. p. 32

²¹ Ibid. p. 33

²² Ibid. p. 34



Figure 03: Schéma présenté la catégorie « éviter ». **Source :** Guide pour les projets de construction à l'intérieur des zones inondables.

1.2 Construire sur pilotis :

La construction sur pilotis maintient la base du bâtiment au-dessus de la zone à risque grâce à des piliers. L'eau peut s'écouler librement, et il peut suffire de surélever seulement une partie de la structure. De plus, les espaces vides peuvent être utilisés comme parkings.²³



Figure 04: Eriger un bâtiment au-dessus de la ligne d'eau de crue (construction sur pilotis), (Hind House, John Pardey Architectes). **source :** Guide pour les projets de construction à l'intérieur des zones inondables.

1.3 Le vide sanitaire :

La création d'un espace de vide sanitaire repose sur les principes suivants :

1.3.1 Construction structurelle :

- Édification des murs à partir de fondations continues jusqu'à une hauteur dépassant la nappe phréatique.
- Liaison du ceinturage du bâtiment à ces murs.
- Positionnement de la partie habitable au-dessus du niveau phréatique.²⁴

²³ Ibid. p. 34

²⁴ Ibid. p. 35

1.3.2 Caractéristiques de conception:

- Création d'un espace libre sous le bâtiment.
- Aménagement d'orifices spécialement conçus pour la circulation d'eau.
- Installation du plancher en dessous du niveau du sol dans certains cas.²⁵

1.3.3 Spécifications du plancher :

- Conception d'un plancher perméable à l'eau.
- Évitage du coulage de béton côté terrain.
- Prévention des pressions hydrostatiques lors de la montée des eaux.²⁶

1.3.4 Système de drainage :

- Écoulement des eaux vers l'extérieur via les orifices lors de la baisse du niveau.
- Infiltration partielle des eaux dans le sol.²⁷

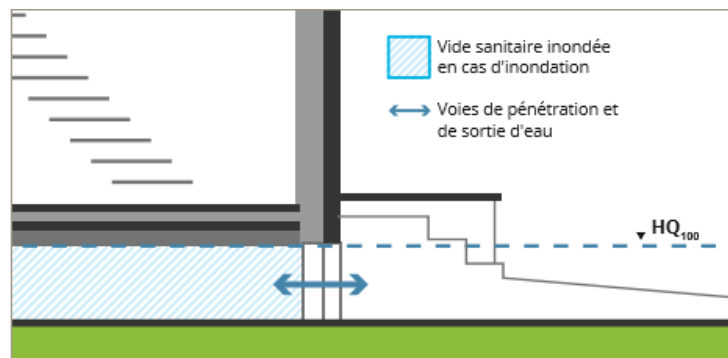


Figure 05:Exemple de vide sanitaire inondable. **Source :** Guide pour les projets de construction à l'intérieur des zones inondables.

Le bâtiment peut également être équipé d'une fondation étanche installée au niveau du sol, à condition que le niveau de la fondation ne dépasse pas le niveau naturel du sol, afin d'assurer l'évacuation des eaux après la décrue des inondations.

Lorsque l'eau s'écoule dans l'espace de vide sanitaire, elle crée une contre-pression aux pressions hydrostatiques, contribuant ainsi à la protection du bâtiment.

L'espace de vide sanitaire est généralement construit à faible hauteur, tout en respectant une hauteur minimale requise de 80 cm pour permettre un accès humain si nécessaire. Des grilles peuvent également être installées sur les ouvertures pour empêcher l'entrée de débris flottants dans l'espace exposé aux inondations.²⁸

²⁵ Ibid. p. 35

²⁶ Ibid. p. 35

²⁷ Ibid. p. 35

²⁸ Ibid. p. 35

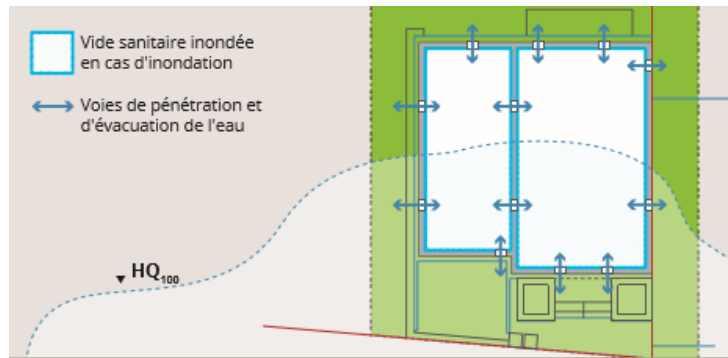


Figure 06: Vue en plan d'un vide sanitaire. **Source :** Guide pour les projets de construction à l'intérieur des zones inondables.

2 .Adapter :

2.1 Renoncer aux sous-sols :

Il est recommandé de construire de nouveaux bâtiments sans sous-sols dans les zones inondables, car les sous-sols représentent un danger pour les matériaux stockés ainsi que pour les personnes qui s'y trouvent en cas d'inondation, les pièces étant rapidement submergées. De plus, une baisse du niveau de l'eau suffit à rendre l'ouverture des portes extrêmement difficile.²⁹



Figure 07: Schéma présenter la catégorie de « adapter ». **Source :** Guide pour les projets de construction à l'intérieur des zones inondables.

2.2 Mettre en eau pour protéger contre la poussée d'Archimède et la pression des eaux :

Lorsque les bâtiments ne sont pas protégés contre la poussée d'Archimède, les inondations délibérées et contrôlées peuvent aider à prévenir les dommages ultérieurs. En effet, le remplissage du bâtiment avec de l'eau crée une pression opposée qui agit contre la pression extérieure, réduisant ainsi les contraintes résultantes. L'installation d'ouvertures joue également un rôle important dans ce type d'inondation.³⁰

²⁹ Ibid. p. 36

³⁰ Ibid. p. 36



Figure 08: Vue en plan d'un bâtiment avec indication des zones inondables.
Source : Guide pour les projets de construction à l'intérieur des zones inondables.

2.3 Placer les usages et installations sensibles à l'eau :

Les zones sensibles à l'eau, telles que les chambres à coucher et les salons, doivent être placées dans les étages supérieurs, loin des zones à risque d'inondation. La zone à risque est déterminée en fonction du niveau de montée des eaux prévu (comme HQ100). Cette mesure aide à réduire les dommages en cas d'inondation.

Il est également recommandé d'installer les appareils et équipements électriques à des hauteurs élevées pour éviter les dommages. Par exemple, les appareils peuvent être placés sur des bases surélevées, et les prises électriques peuvent être installées en haut des murs. Quant aux zones moins sensibles, telles que les parkings et les entrepôts, elles peuvent être situées dans des zones inondables.³¹

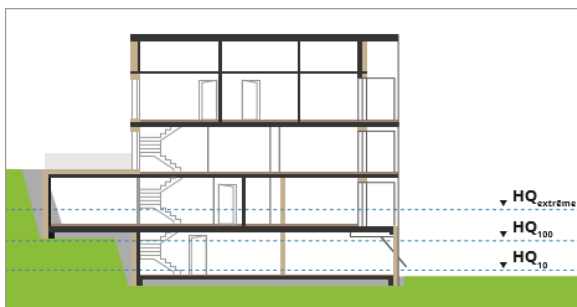


Figure09 : Vue en profil du bâtiment y compris l'espace inondable. **Source :** Guide pour les projets de construction à l'intérieur des zones inondables.

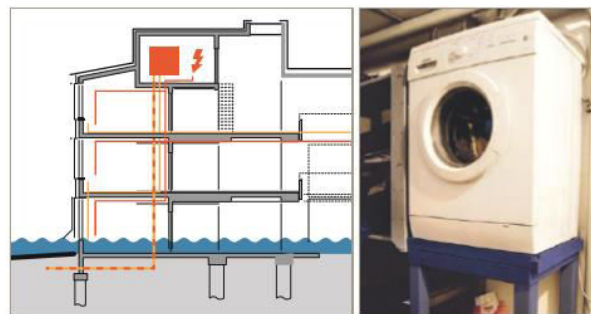


Figure 10: Installer les appareils sensibles sur un support surélevé. **Source :** Guide pour les projets de construction à l'intérieur des zones inondables

³¹ Ibid. p. 37

2.4 Matériaux : Résistance à l'eau et succession des couches :

La résistance des matériaux de construction à l'eau est essentielle, car leur porosité et leur stabilité jouent un rôle crucial dans la résistance aux inondations, en plus de la stabilité dimensionnelle, de la stabilité du volume et de la résistance aux parasites. Il est important de connaître l'adaptabilité des matériaux au séchage après une inondation, car un séchage insuffisant peut entraîner la formation de moisissures. Les murs multicouches sont utilisés pour fournir une isolation thermique, acoustique et une protection contre l'humidité. La résistance de la construction dépend de l'harmonie entre les matériaux et leurs couches en cas d'inondation.³²

3. Résister:

3.1 Protéger contre la pénétration d'eau :

Toutes les ouvertures susceptibles de laisser pénétrer les eaux d'inondation doivent être fermées à l'aide de barrières étanches.

Exemples de ces ouvertures : les ouvertures de ventilation, les portes, les fenêtres, les passages de conduits, les câbles et les raccordements au système de drainage.³³



Figure 11 : Schéma présenter la catégorie de « résister ».source : Guide pour les projets de construction à l'intérieur des zones inondables.

Les mesures préventives suivantes peuvent être prises pour empêcher l'infiltration de l'eau :

- Systèmes de digues ou digues temporaires (installées autour du bâtiment).
- Systèmes de digues temporaires (installées aux ouvertures du bâtiment).
- Fenêtres et portes résistantes à la pression de l'eau.

³² Ibid. p. 38

³³ Ibid. p. 40

- Système de fermeture pour les passages de conduits et de câbles (uniquement pour les rénovations, non autorisé pour les nouvelles constructions).
- Clapets anti-retour sur les conduites.³⁴



Figure 12: Fenêtre anti-inondation. **Source :** Guide pour les projets de construction à l'intérieur des zones inondables.

Pour garantir l'absence d'infiltration d'eau et faciliter l'évacuation en cas d'inondation, les entrées du bâtiment doivent être situées au-dessus du niveau des eaux de crue. Il est également nécessaire d'assurer la stabilité du bâtiment, car le niveau et la hauteur de l'eau à l'extérieur exercent une poussée d'Archimède ainsi qu'une pression hydrostatique sur le bâtiment.³⁵



Figure13 : Entrée surélevée. **Source :** Guide pour les projets de construction à l'intérieur des zones inondables.

³⁴ Ibid. p. 40

³⁵ Ibid. p. 41

3.2 Le cas particulier des parkings souterrains en zone inondable :

Les zones exposées aux inondations se remplissent rapidement et représentent un danger pour les vies humaines. C'est pourquoi il est déconseillé de construire des parkings souterrains afin d'éviter les dommages, notamment en cas de défaillance du système électrique. Cette option n'est envisagée qu'en cas d'impossibilité de toutes les autres alternatives.

La construction de tels parkings n'est autorisée que sous certaines conditions, notamment l'utilisation exclusive des niveaux souterrains comme parkings et la résistance de tous les éléments de construction aux inondations.

Le passage des canalisations et des câbles doit respecter des normes spécifiques, et il est interdit d'installer des raccords de gaz ou d'électricité en dessous du niveau des eaux de crue. Il est possible de construire un demi-niveau surélevé à l'aide de pilotis, de manière à ne pas compromettre la capacité de rétention des eaux.³⁶



Figure 14: Inondation d'un parking souterrain. **Source :** Guide pour les projets de construction à l'intérieur des zones inondables.

3.3 Protéger contre le refoulement d'égout :

L'élévation du niveau des eaux usées peut être causée par :

- de fortes pluies,
- ou une infiltration d'eau due à la montée du niveau des cours d'eau.

L'eau peut atteindre les bâtiments par les réseaux d'assainissement et les raccords domestiques.

³⁶ Ibid. p. 41

Des dispositifs de sécurité comme les clapets anti-retour ou les vannes de fermeture permettent d'éviter le refoulement des eaux usées.

Les vannes de fermeture offrent une meilleure protection en cas d'alerte préalable, mais elles doivent être actionnées manuellement. Ce type de protection est recommandé pour tous les bâtiments, même en dehors des zones inondables, en raison de la survenue imprévisible de fortes pluies.³⁷

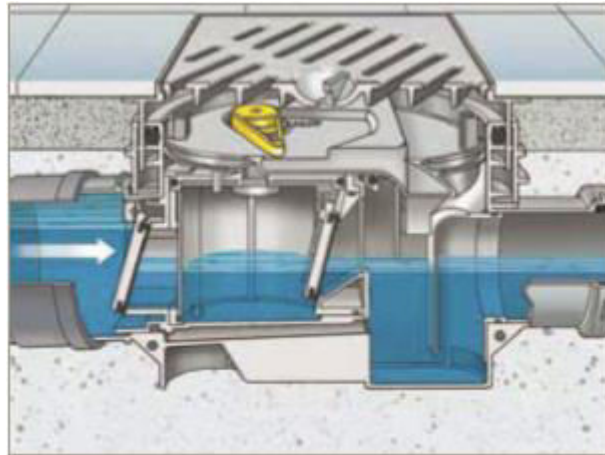


Figure 15: Protection du bâtiment contre le refoulement. **Source :** Guide pour les projets de construction à l'intérieur des zones inondables.

3.4 Étanchéifier les bâtiments :

Il existe deux types d'étanchéité :

- L'étanchéité des façades extérieures avec l'ajout d'une étanchéité horizontale au niveau du mur.
- La construction de la structure principale de manière à garantir à la fois la portance et l'étanchéité.

Toutes les constructions en contact avec le sol doivent être étanches.

En cas d'inondation, il est nécessaire de prendre en compte la pression de l'eau sur les éléments situés au-dessus du sol dans le projet d'étanchéité.³⁸

L'étanchéité en contact avec le sol est ventilée comme suit :

Cuvelage en béton «
cuvelage blanc »

Cuvelage en bitume «
cuvelage noir »

³⁷ Ibid. p. 43

³⁸ Ibid. p. 44

Le cuvelage blanc est une structure en béton étanche composée de la dalle de fondation et des murs extérieurs.

Le béton armé ne se limite pas à sa fonction de support de charges, il agit également comme une barrière contre les infiltrations d'eau, ce qui permet de se passer d'une couche d'étanchéité supplémentaire.

Pour réaliser ce type de cuvelage, le béton doit être aussi imperméable que possible et exempt de fissures. Les joints de construction doivent être scellés à l'aide de moyens complémentaires, tels que des bandes ou des raccords.

La reconfiguration d'un cuvelage blanc sur un bâtiment existant est inefficace, car elle nécessite des modifications importantes de la structure.³⁹

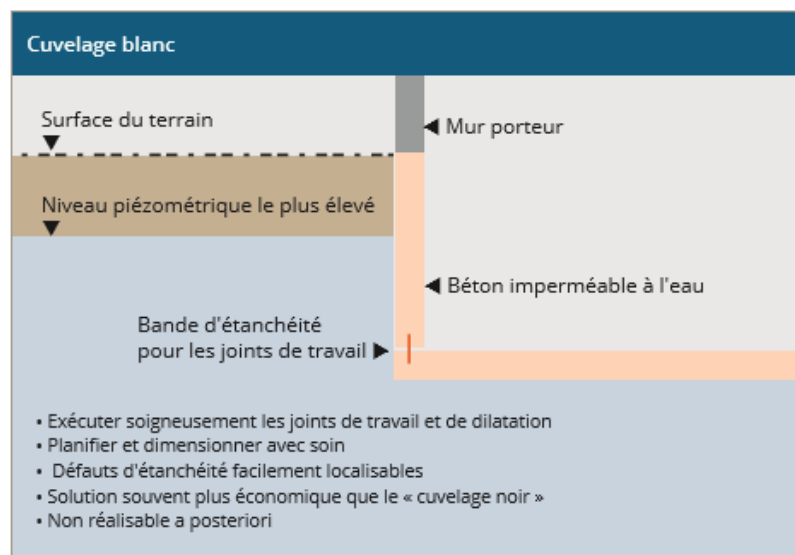


Figure16 : « Cuvelage blanc » selon DIN 1045, DIN EN 206, DaFStb « directive WU ». **Source :** Guide pour les projets de construction à l'intérieur des zones inondables.

Cuvelage noir est un système d'étanchéité composé des fondations et des murs extérieurs, dont la surface extérieure est résistante à la pression de l'eau. Cette étanchéité est réalisée à l'aide de membranes bitumineuses ou de membranes à base de bitume polymère. Ce système nécessite une protection contre toute contrainte mécanique ou thermique. Il se caractérise par de faibles coûts d'entretien, à condition qu'il soit facilement accessible.⁴⁰

³⁹ Ibid. p. 44

⁴⁰ Ibid. p. 45

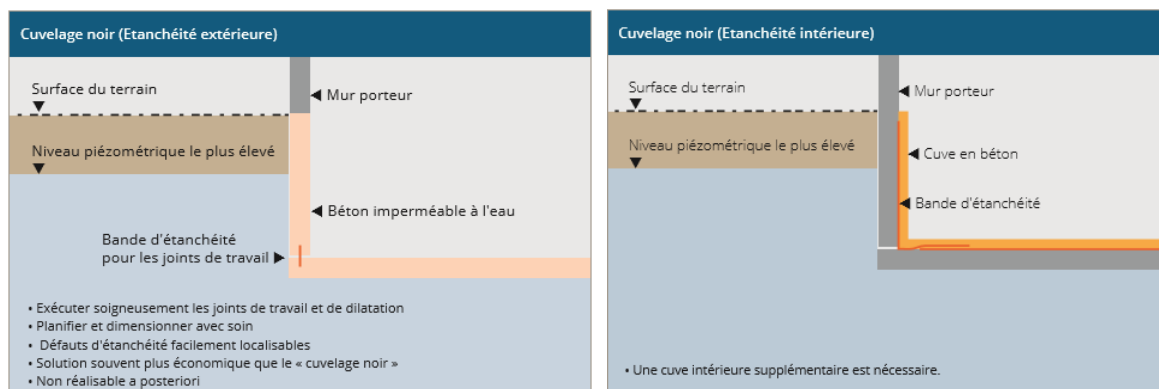


Figure17: « Cuvelage noir » selon DIN 18195. **Source :** Guide pour les projets de construction à l'intérieur des zones inondables.

3.5 Protéger contre la poussée d'Archimède et contre la pression de l'eau :

Il existe des moyens de protéger les bâtiments neufs contre l'effet de la poussée d'Archimède, tels que l'ancrage arrière à l'aide de barres de fixation ou de pieux. Pour les bâtiments existants qui ne résistent pas à la poussée verticale, une protection contre les eaux souterraines peut être assurée par un drainage spécifique afin de prévenir l'humidité ascendante. En outre, il est nécessaire de prévoir des ouvertures d'urgence en cas d'inondation, ainsi que d'installer des systèmes d'évacuation. Pour assurer l'approvisionnement en eau à l'intérieur du bâtiment, des conduites situées sous le radier peuvent être utilisées.⁴¹

⁴¹ Ibid. p. 46

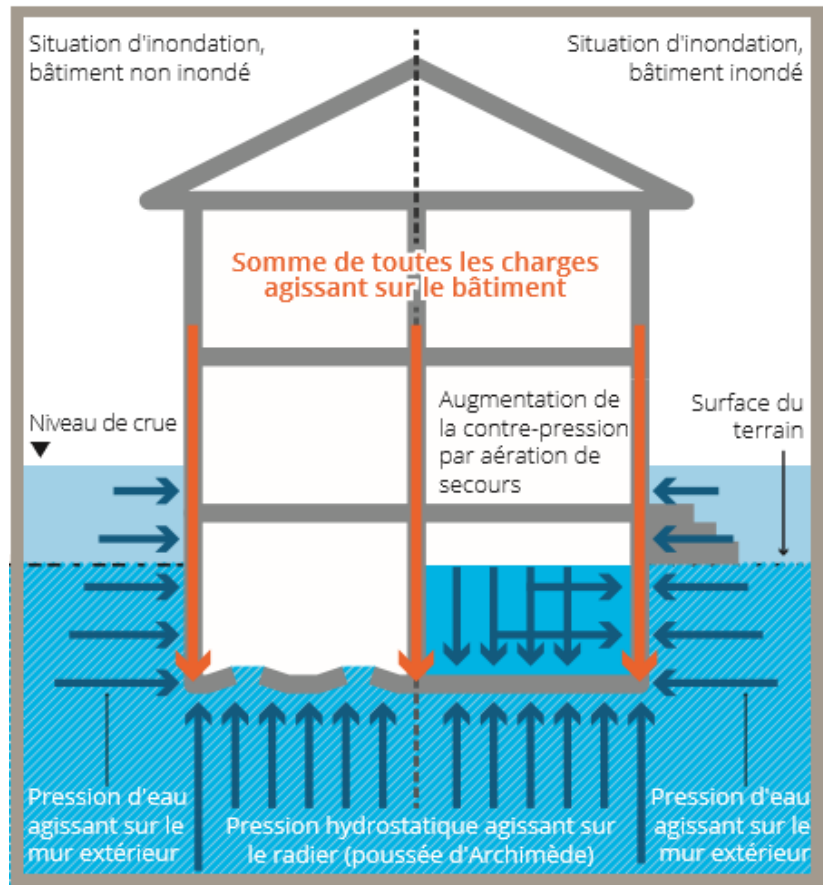


Figure 18: Augmentation de la contre-pression par inondation d'urgence. **Source :**
Guide pour les projets de construction à l'intérieur des zones inondables.

3.6 Compenser la perte de volume de rétention :

La stratégie de « résistance » empêche l'infiltration de l'eau à l'intérieur du bâtiment, tandis que les espaces disponibles pour l'expansion de l'eau se réduisent dans les nouvelles constructions en cas d'inondation. Ainsi, le volume d'eau déplacé par ces bâtiments est transféré vers de nouveaux villages ou d'autres zones, ce qui aggrave les inondations. Ce phénomène est connu sous le nom de perte de volume de rétention, et il est interdit conformément à l'article 39 de la Loi sur l'eau.

Par conséquent, aucun projet ne doit entraîner une réduction du volume de rétention, sauf si cette perte peut être compensée. Les principes suivants s'appliquent à cette compensation :

- L'action compensatoire doit être mise en œuvre parallèlement à la construction du projet.
- L'action doit être réalisée dans des zones non inondées ou sur leurs bords.
- Creuser un trou seul n'est pas suffisant ; il faut créer un espace peu profond et inondable.
- La compensation peut être effectuée dans les zones adjacentes ou sur la rive opposée.

- Si la compensation se fait à une distance plus grande, il est nécessaire de prouver son impact neutre sur les inondations à l'aide de modèles de flux numériques.
- Les projets de réhabilitation ne peuvent pas être considérés comme une mesure compensatoire après la perte de volume.
- Les mesures de réhabilitation peuvent être mises en œuvre pour les projets de construction planifiés, à condition de prouver leur efficacité à l'aide de modèles de flux hydrauliques.⁴²

1.10 Conclusion :

En conclusion, nous tenons à souligner que les inondations constituent un danger menaçant la vie des êtres humains, ce qui nécessite de sensibiliser les individus et d'intensifier les efforts pour limiter ce phénomène, à travers une planification urbaine adéquate et la protection de l'environnement.

⁴² Ibid. p. 47

CHAPITRE N°2

Résiliente urbaine

CHAPITRE N°2 : Résiliente urbaine

2.1 Introduction :

La résiliente est un concept global qui désigne la capacité d'une ville à résister aux catastrophes naturelles, telles que les inondations, et à se rétablir rapidement après leur survenue.

2.2 Définition :

La résilience urbaine représente un modèle moderne d'aménagement urbaine, visant à organiser l'espace de la ville de manière à lui permettre de faire face efficacement aux perturbations et aux catastrophes naturelles diverses. En adoptant ce modèle, la ville acquiert la capacité d'absorber les crises et d'en récupérer, en utilisant des méthodes variées qui s'adaptent à la nature de chaque crise.⁴³

2.3 Les principaux indicateurs de la résilience urbaine :

Les indicateurs varient, mais peuvent généralement être répartis en plusieurs domaines :

2.3.1 Indicateurs des infrastructures :

Qualité des infrastructures : degré de modernité et de solidité des routes, des bâtiments et des systèmes techniques.

Diversité des sources d'énergie : recours aux énergies renouvelables et réduction de la dépendance à une seule source.

Efficacité de la gestion des déchets : existence de systèmes efficaces pour la gestion des déchets solides et liquides.⁴⁴

2.3.2 Indicateurs économiques :

Diversité économique : dépendance à divers secteurs pour minimiser l'impact de la récession d'un secteur spécifique.

Capacité d'absorption des chocs : rapidité de récupération après des crises économiques.

Esprit d'entreprise et innovation : existence d'un environnement favorable à l'entrepreneuriat et à l'innovation.⁴⁵

⁴³ OPENEDITION, La résilience urbaine, Développement durable & territoires, s.d, disponible sur : <https://journals.openedition.org/>

⁴⁴ UNIVERSITE DE KERBALA, Résilience urbaine et indicateurs de la capacité d'adaptation des villes, s.d, disponible sur : <https://cohe.uokerbala.edu.iq/>

⁴⁵ Ibid.

2.3.3 Indicateurs sociaux :

Cohésion sociale : niveau de coopération et de solidarité entre les membres de la société.

- **Justice sociale** : répartition équitable des services et des ressources.
- **Participation communautaire** : implication des citoyens dans la prise de décision.⁴⁶

2.3.4 Gouvernance :

- **Transparence gouvernementale** : existence d'un gouvernement transparent et responsable.
- **Efficacité des services publics** : fourniture de services publics de haute qualité.
- **Flexibilité des institutions** : capacité des institutions à s'adapter aux changements.⁴⁷

2.3.5 Indicateurs environnementaux :

- **Durabilité environnementale** : adoption de pratiques respectueuses de l'environnement.
- **Biodiversité** : préservation de la diversité biologique.
- **Résilience face aux changements climatiques** : capacité d'adaptation aux variations climatiques.⁴⁸

2.4 La résilience face aux inondations comme composante d'une collectivité viable :

Pour développer des communautés viables, il est possible de renforcer la résilience afin de soutenir ce développement. Une communauté durable doit répondre aux besoins de la population, promouvoir sa santé et améliorer sa qualité de vie. La capacité à faire face aux inondations constitue l'un des éléments d'une communauté durable, reflétant la capacité du système à maintenir ou à rétablir ses fonctions essentielles en cas de perturbations. La résilience est un élément clé de l'urbanisme, et pour y parvenir, la construction d'une communauté résiliente nécessite une compréhension globale de toutes ses composantes.

Lorsqu'une inondation se produit, un quartier résilient permet la continuité des activités essentielles et aide les habitants à vivre dans de bonnes conditions. Si ces deux objectifs ne peuvent pas être atteints correctement, le développement résilient facilite l'évacuation des habitants et les aide à retrouver rapidement leur vie normale. Cependant, les gens acceptent plus facilement d'investir dans ce type de développement s'il leur apporte des avantages supplémentaires en plus de la protection.

⁴⁶ Ibid.

⁴⁷ Ibid.

⁴⁸ Ibid.

En pratique, le développement résilient se traduit par un ensemble de pratiques mises en œuvre à différentes échelles spatiales (bâtiments, rues, espaces publics, quartiers, zones urbaines, bassins versants). Les exemples internationaux montrent qu'il est possible d'appliquer cette approche lors de la conception d'un nouveau quartier ou au cours de projets de réaménagement urbain visant à adapter l'environnement de vie existant.⁴⁹

2.5 Cinq principes pour intégrer la résilience dans les pratiques d'aménagement urbain :

Une variété de pratiques peut être adoptée pour réduire la vulnérabilité aux risques dans les milieux de vie. Pour cela, ces pratiques sont regroupées en cinq principes d'aménagement qui contribuent à renforcer la résilience face aux inondations :⁵⁰

1. Une localisation appropriée :

La conception d'un quartier résilient est liée à son environnement, à travers le choix d'un emplacement stratégique favorisant la connexion avec le reste de la ville. L'objectif est d'optimiser l'utilisation des sols tout en réduisant l'impact sur les milieux naturels.⁵¹

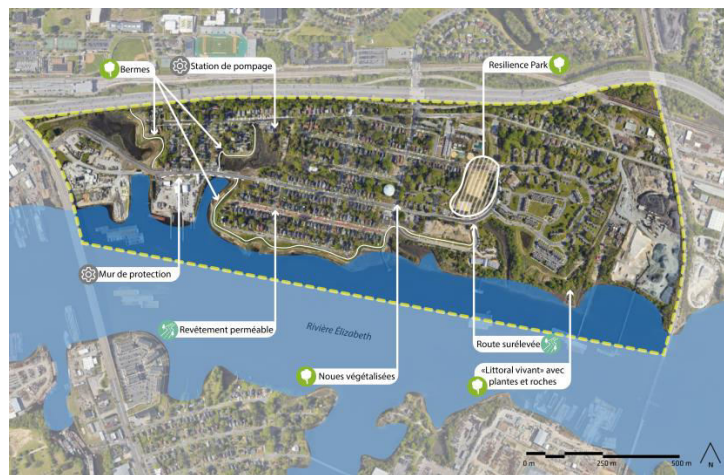


Figure 19 : Interventions dans le cadre de l'Ohio Creek Water shed Project.

Source: <https://carrefour.vivreenville.org/publication/inondations-amenager-des-quartiers-resilients>.

2. La résilience des réseaux de transport :

Les infrastructures de transport figurent parmi les éléments les plus exposés aux inondations. Il est donc essentiel de disposer d'un réseau de transport efficace, fonctionnel même en cas d'inondation, pour garantir la sécurité des déplacements.⁵²

⁴⁹ CARREFOUR, Vivre en Ville, Inondations : aménager des quartiers résilients, s.d, disponible sur : <https://carrefour.vivreenville.org/>

⁵⁰ Ibid.

⁵¹ Ibid.

⁵² Ibid.



Figure 20 : La Marlboro Avenue en pavés perméables et les noues végétalisées sur le trottoir. **Source** : <https://carrefour.Vivre en Ville.org/publication/inondations-aménager-des-quartiers-résilients>.

3. L'adaptation des bâtiments :

Il est nécessaire d'instaurer des lois et réglementations strictes permettant de limiter les dégâts dans les bâtiments lors des inondations et d'assurer la sécurité des habitants.⁵³



Figure 21 : Habitations élevées sur pilotis. **Source** : <https://carrefour.Vivre en Ville.org/publication/inondations-aménager-des-quartiers-résilients>.

4. La valorisation de l'eau et la sensibilisation de la population :

La résilience ne concerne pas uniquement les bâtiments et les infrastructures, mais aussi l'intégration de l'eau comme élément naturel fondamental dans l'aménagement. Cela aide à sensibiliser les citoyens aux risques d'inondation et à mieux s'y préparer.⁵⁴

⁵³ Ibid.



Figure 22 : Le jardin de Sologne, un parc public en période normale. **Source:** <https://carrefour.Vivre en Ville.org/publication/inondations-aménager-des-quartiers-résilients>.

5. La multifonctionnalité des aménagements urbains :

Il est possible de concevoir des espaces à usages multiples pour optimiser leur utilisation. Par exemple, un parc public peut servir à la fois d'espace de loisirs et de zone temporaire de rétention des eaux de pluie.⁵⁵



Figure 23 : Le Résilience Park, un parc public polyvalent et résilient. **Source :** <https://carrefour.Vivre en Ville.org/publication/inondations-aménager-des-quartiers-résilients>.

⁵⁴ Ibid.

⁵⁵ Ibid.

2.6 Conclusion :

Enfin, la résilience constitue une solution idéale pour faire face aux catastrophes naturelles. Elle ne consiste pas à empêcher le danger, mais à permettre à la ville de coexister avec lui.

CHAPITRE N°3

Le Concept De Ville Eponge

Chapitre N°3 : Le concept de ville-éponge.

3.1 Introduction :

Face à la récurrence des inondations, le concept de "ville éponge" a émergé comme une solution innovante pour transformer les zones urbaines en espaces résilients, capables d'absorber les risques et d'y faire face, tout en gérant intelligemment les eaux pluviales.

3.2 Aperçu historique :

Le concept de "ville éponge" est apparu au début des années 2000 dans des publications scientifiques chinoises. Ce concept repose sur l'absorption et la collecte des eaux de pluie tombant sur les zones urbaines, ce qui permet de réduire les inondations, prévenir la pénurie d'eau potable, atténuer l'effet d'îlot de chaleur urbain et améliorer l'environnement naturel ainsi que la biodiversité. Les politiques de ville éponge constituent un ensemble de solutions fondées sur la nature, permettant de stocker et redistribuer l'eau. Ce concept s'inspire de savoirs traditionnels locaux, développés pour s'adapter aux phénomènes climatiques, notamment les moussons qui ont toujours causé d'importants dégâts dans le sud de la Chine.

Les inondations de Pékin survenues le 21 juillet 2012 (ayant causé la mort de 79 personnes) ont marqué un tournant. Elles ont poussé les autorités chinoises à adopter le modèle de la ville éponge dans leur planification urbaine. Entre 2011 et 2014, 62 % des villes chinoises ont connu des inondations, entraînant des pertes économiques de 100 milliards de dollars. Ces chiffres élevés s'expliquent par l'intensification des tempêtes liée au changement climatique, ainsi que par l'urbanisation rapide des trente dernières années. La disparition des zones humides, des forêts et des prairies, ainsi que l'enfermement des rivières dans des canaux en béton, ont empêché l'eau de pluie de s'infiltrer naturellement dans le sol, ce qui a provoqué des accumulations d'eau en surface.

Face à l'échec des infrastructures conventionnelles à contrôler les inondations, la Chine a commencé à créer ou transformer de nombreuses villes selon le modèle des villes éponges. En 2015 et 2016, des projets pilotes ont été lancés avec le soutien des politiques nationales. Ensuite, le ministère central des Finances a introduit un modèle de partenariat public-privé (PPP) pour renforcer le financement de ces projets.

Parmi les premières villes pilotes figurent Zhenjiang (dans la province du Jiangsu), Jiaxing (dans le Zhejiang) et Xiamen (dans le Fujian), toutes situées dans le sud-est de la Chine. Ensuite, 14 autres villes, dont Shenzhen, Shanghai, Tianjin, Chongqing, Wuhan et Pékin, ont rejoint la deuxième vague de villes éponges pilotes. Initialement limité à 16 villes, le programme en compte aujourd'hui plus de trente. D'ici 2030, la Chine prévoit que 80 % de ses villes collecteront et réutiliseront 70 % des eaux de pluie.⁵⁶

⁵⁶ MARTENS. É, La ville éponge, Chine-écologie.org, 5 juillet 2023, disponible sur : <http://www.chine-ecologie.org/protection-de-l-environnement-2/urbanisme/515-la-ville-eponge-un-concept-chinois-qui-s-installe-lentement-en-europe>

3.3 Définition :

La ville éponge est un concept de planification urbaine qui vise à absorber et à stocker localement les eaux pluviales dans les villes, au lieu de simplement les canaliser et les rejeter. Elle permet ainsi de prévenir les inondations en cas de pluies torrentielles, d'améliorer le climat urbain et de favoriser la santé des arbres en ville.⁵⁷

3.4 Le principe de la ville-éponge :

Est relativement simple dans son concept : les eaux pluviales sont absorbées localement par le sol et stockées comme dans une éponge, au lieu d'être évacuées vers les réseaux d'assainissement. Toutefois, la mise en œuvre est moins simple qu'il n'y paraît à première vue. Le concept de ville éponge constitue un système intégré reposant sur plusieurs éléments clés nécessitant une planification professionnelle : depuis les matériaux de revêtement d'une part, jusqu'aux arbres et espaces verts d'autre part, en passant par l'ensemble des systèmes d'irrigation.⁵⁸



Figure 24: Schéma explicatif d'une ville éponge. **Source :** LA FABRIQUE DE LA CITE, Retour sur le programme des villes éponges chinoises, disponible sur : <https://www.lafabriquedelacite.com/publications/retour-sur-le-programme-des-villes-eponges-chinoises/>

⁵⁷ FAO/VSA, Projet « Ville Éponge » – FA_Sicher_F_1021, 2021, p. 2, disponible sur : https://sponge-city.info/wp-content/uploads/2024/04/FA_Sicher_F_1021.pdf

⁵⁸ BURRI. G, Ville éponge : le cycle naturel de l'eau dans les villes, 22 mars 2023, disponible sur : <https://creabeton.ch/>

3.5 La stratégie « ville éponge » du VSA :

3.5.1 Élaborer des « bonnes pratiques » et les répandre :

L'objectif de VSA est de rassembler les meilleures pratiques issues des projets de ville éponge et de les partager sur une plateforme ouverte accessible à tous. Ainsi, les municipalités pourront mettre en œuvre des solutions efficaces pour faire face au changement climatique, comme l'utilisation d'espaces verts et aquatiques, ou la réouverture de rivières en milieu urbain. Des outils et des guides pratiques seront également disponibles pour aider les communes à déployer ces solutions à grande échelle. ⁵⁹

3.5.2 Mettre en œuvre un travail interdisciplinaire et collectif :

Le succès des villes dans l'absorption des eaux pluviales dépend de la coopération de tous dès le départ : administrations, urbanistes et professionnels de divers secteurs. Souvent, les projets de drainage échouent en raison d'une planification fragmentée. Cette stratégie vise à impliquer toutes les parties prenantes dans une planification unifiée et intégrée de la gestion de l'eau au sein de l'aménagement urbain, dès les premières étapes. ⁶⁰

3.5.3 Échange D'expérience et aides concrètes :

Le projet propose des services permettant aux municipalités d'apprendre mutuellement de leurs expériences. Il garantit également une coordination de la planification et de la mise en œuvre dans toute la Suisse, afin que la gestion durable de l'eau devienne une norme. La stratégie inclut aussi les bâtiments anciens, contribuant ainsi à réduire les dommages lors de catastrophes climatiques un avantage même pour les compagnies d'assurance. ⁶¹

3.5.4 Organisation du projet « Ville éponge » :

La direction générale est assurée par le VSA, en collaboration avec l'OFEV, la Fondation de prévention (FP), l'ASIC et la SIA. Un groupe de suivi pluridisciplinaire sélectionne les projets à mettre en œuvre, propose des solutions en cas de difficultés et soutient la communication et la diffusion. La cheffe de projet, expérimentée et trilingue (allemand, français, italien), a pris ses fonctions le 1er février 2022. Le projet s'étend sur trois ans, avec une première réunion du groupe de suivi en février 2022, des échanges annuels et un événement de clôture prévu début 2025. Le coût total est estimé à 750 000 francs, financé par plusieurs partenaires intéressés et engagés dans le projet. ⁶²

3.6 Les éléments clés de la ville éponge :

Le succès des villes éponges repose sur plusieurs éléments essentiels permettant une gestion optimale des eaux pluviales :

⁵⁹ FAO/VSA, Projet « Ville Éponge » – FA_Sicher_F_1021, 2021, p. 3

⁶⁰ Ibid. p. 3

⁶¹ Ibid. p. 3-6

⁶² Ibid. p. 6

3.6.1 Infrastructures végétalisées :

Les parcs publics, jardins privés, toits végétalisés et murs végétaux absorbent les eaux pluviales, réduisant ainsi le volume d'eau acheminé vers les réseaux d'égouts. En plus de prévenir les inondations, ces espaces améliorent la qualité de l'air, favorisent la biodiversité et augmentent le confort des habitants. Par exemple, un toit végétalisé peut retenir entre 50 % et 80 % des précipitations annuelles, tout en libérant l'eau progressivement pour assurer son infiltration naturelle dans le sol. ⁶³

3.6.2 Bassins de rétention et zones humides :

Ces bassins qu'ils soient naturels ou artificiels stockent temporairement les eaux pluviales avant de les relâcher de manière contrôlée. Les zones humides adjacentes agissent comme des filtres naturels et offrent des habitats pour la biodiversité locale. ⁶⁴

3.6.3 Revêtements perméables et canaux végétalisés :

Les trottoirs et chaussées perméables conçus avec des matériaux permettant l'infiltration de l'eau absorbent les eaux pluviales, réduisant ainsi le ruissellement vers les réseaux d'assainissement. Quant aux canaux végétalisés à ciel ouvert, ils dirigent et purifient l'eau vers les zones de stockage dédiées. ⁶⁵

⁶³ ÉCOTIME, Les villes éponges pour faire face aux inondations urbaines, 2 décembre 2024, disponible sur : <https://ecotime.ca/>

⁶⁴ Ibid.

⁶⁵ Ibid.



- | | |
|---|---|
| <p>① Infiltration
Le sol stocke l'eau comme une éponge.</p> <p>② Évaporation
Effet rafraîchissant en cas de chaleur.</p> <p>③ Surfaces désimperméabilisées
Les revêtements perméables permettent l'infiltration de l'eau.</p> <p>④ Végétalisation des bâtiments
Préservation de la biodiversité et amélioration du microclimat.</p> | <p>⑤ Des arbres pour la gestion des eaux
Fosses de plantation reliées entre elles et au fond étanche.</p> <p>⑥ Réservoir d'eau de pluie
Collecte des eaux provenant des toitures et des routes, par exemple pour l'irrigation.</p> <p>⑦ Cuvette
L'eau de pluie peut s'infiltrer et s'évaporer lentement.</p> <p>⑧ Bassin de rétention temporaire
Le terrain de sport recueille l'eau en cas de fortes pluies.</p> |
|---|---|

Figure 25: Schéma illustrant les différents éléments pris en compte dans les projets de villes éponges.
Source : LA MOBILIERE, Ville éponge, dans Engagement sociétal – La Mobilière, [en ligne], s.d, disponible sur : <https://www.mobiliere.ch/a-propos/engagement-durabilite/engagement-societal/ville-eponge>

3.7 Objectifs :

Les villes éponges incarnent une approche moderne de l'urbanisme, intégrant des infrastructures vertes innovantes pour répondre aux enjeux suivants :⁶⁶

⁶⁶ DISTRELEC, Les villes éponges : Une solution innovante contre les inondations urbaines ? , 9 mai 2024, disponible sur : <https://knowhow.distrelec.com/>

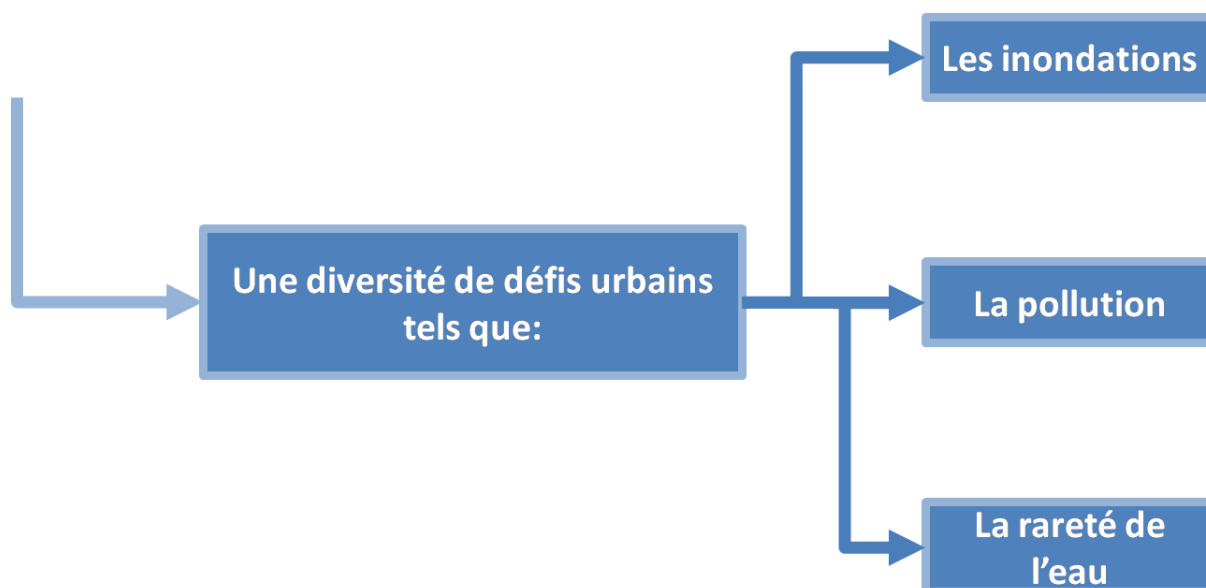


Figure 26 : Schéma d'un objectif de ville éponge. **Source :** DISTRELEC, Les villes éponges : Une solution innovante contre les inondations urbaines ? , 9 mai 2024, disponible sur : <https://knowhow.distrelec.com/>

3.8 Les Avantages :

Les villes éponges offrent des solutions pratiques aux problèmes urbains, contribuent à protéger l'environnement et améliorent la qualité de vie des habitants, tout en apportant des bénéfices économiques. Voici leurs principaux avantages :⁶⁷

3.8.1 Réduction des inondations:

Les villes éponges absorbent les eaux pluviales grâce à des revêtements perméables, des toits végétalisés, des jardins et des zones humides. Elles les redirigent pour limiter le ruissellement lors de fortes pluies, réduisant ainsi la pression sur les réseaux d'égouts.⁶⁸

3.8.2 Amélioration de la qualité de l'eau :

Les plantes et les sols des villes éponges filtrent les polluants des eaux de pluie, améliorant la qualité des eaux qui rejoignent les rivières ou alimentent les nappes phréatiques.⁶⁹

⁶⁷ Ibid.

⁶⁸ Ibid.

⁶⁹ Ibid.

3.8.3 Augmentation de la biodiversité :

Les espaces verts comme les parcs et les corridors écologiques attirent diverses espèces végétales et animales, leur offrant des habitats naturels. Cela renforce l'équilibre écologique et aide les écosystèmes à s'adapter.⁷⁰

3.8.4 Adaptation au changement climatique:

En stockant les eaux pluviales et en réduisant la dépendance aux réseaux de drainage traditionnels, les villes éponges aident à faire face aux changements climatiques.⁷¹

3.8.5 Avantages économiques:

Elles réduisent les coûts de réparation des dommages causés par les inondations, augmentent la valeur immobilière et encouragent le tourisme et les investissements dans les zones vertes.⁷²

3.9 Exemple :

Wuhan, pionnière du concept de ville éponge en Chine

Wuhan figure parmi les premières villes modèles du programme "ville éponge" lancé par le gouvernement chinois. La métropole s'est imposée comme précurseur dans la lutte contre les inondations urbaines et la pollution hydrique en déployant diverses infrastructures écologiques :

- Des zones humides artificielles
- Des chaussées perméables
- Des jardins de pluie

Ces installations innovantes poursuivent trois objectifs clés :

1. L'absorption optimale des eaux pluviales.
2. La réduction du ruissellement urbain.
3. L'amélioration significative de la qualité des ressources en eau.⁷³

⁷⁰ Ibid.

⁷¹ Ibid.

⁷² Ibid.

⁷³ TECH-MAG (Monde des Technologies), Les villes éponges... sont-elles la solution optimale contre les inondations en milieu urbain ?, 16 mai 2023, disponible sur : <https://www.tech-mag.net/الحل-هي-هل-الإسفنجية-المدن/اللف-الأمثل>



Figure 27 : Wuhan, un ville- éponge de chine.
Source : <https://knowhow.distrelec.com/fr/du-rabilite/les-villes-eponges-une-solution-innovante-contre-les-inondations-urbaines/>



Figure 28: Wuhan, un ville- éponge de chine. **Source :** [chine-écologie.org](http://chine-ecologie.org)

3.10 Conclusion :

En conclusion, la ville éponge représente un modèle innovant pour faire face aux inondations ; elle combine des solutions environnementales et architecturales pour gérer les eaux pluviales et améliorer la qualité de vie. Il est désormais essentiel d'adopter cette approche afin de construire des villes plus résilientes à l'avenir.

CHAPITRE N°4

Gestion Des Eaux Pluviales

Chapitre N°4 : Gestion des eaux pluviales

4.1 Introduction :

La gestion des eaux pluviales est un processus essentiel dans l'aménagement des zones urbaines, notamment face aux changements climatiques et à l'expansion urbaine non planifiée, afin d'assurer un développement urbain résilient et durable.

4.2 Les enjeux de la gestion des eaux pluviales :

Une gestion efficace des eaux pluviales contribue à :

1. **Améliorer l'urbanisme** : Permet le développement de nouvelles zones, même lorsque les réseaux d'assainissement anciens sont saturés.
2. **Améliorer l'environnement urbain** : En intégrant des bassins de rétention d'eau avec les parcs, les promenades et les zones récréatives, ce qui embellit la ville et améliore le confort des habitants.
3. **Réduire les risques d'inondation** : En limitant les surfaces imperméables et en adoptant des solutions alternatives pour soulager les réseaux d'assainissement vieillissants et coûteux, qui peuvent accélérer le ruissellement et aggraver les problèmes.
4. **Protéger l'environnement** : En préservant les ressources en eaux souterraines, les rivières et les écosystèmes naturels récepteurs des eaux pluviales.
5. **Réduire les coûts** : Les études montrent que les solutions alternatives sont moins coûteuses que les méthodes traditionnelles et diminuent le besoin de construire de nouvelles stations d'épuration. ⁷⁴

4.3 L'histoire des techniques alternatives ou compensatoires :

L'idée des réseaux d'assainissement est née suite aux épidémies de choléra qui ont frappé Paris en 1832 puis à nouveau en 1849. À cette époque, le principe d'évacuer rapidement les eaux hors des villes fut adopté, et ce principe fut institutionnalisé par une loi en 1894, connue sous le nom de "système d'assainissement unitaire".

Dans les années 1960 et 1970, avec l'expansion automobile, la construction massive de logements individuels et de centres commerciaux, les villes se sont considérablement étendues, augmentant les surfaces imperméabilisées. Cette urbanisation a révélé les limites des anciens réseaux, alors que les eaux commençaient à s'accumuler et à ruisseler des nouvelles zones développées vers les centres-villes, provoquant des inondations récurrentes.

⁷⁴ CHETTAH. S, Élaboration d'un protocole pour la gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagement, Mémoire de master, École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, 2011, p 12, disponible sur : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01661944>

Face à ce problème, de nouvelles solutions furent développées, comme la création de bassins de rétention pour stocker les eaux et ralentir leur écoulement, conformément aux directives techniques publiées en 1977.

Après plusieurs catastrophes naturelles comme des inondations, de nouveaux concepts de gestion des eaux pluviales, différents du système traditionnel, ont émergé. Ces approches sont aujourd'hui au cœur des préoccupations des décideurs et des urbanistes.⁷⁵

4.4 La définition des techniques alternatives :

Ce sont des méthodes innovantes de gestion des eaux pluviales qui diffèrent de leur simple évacuation vers les réseaux d'assainissement. Le principe fondamental consiste à retarder l'arrivée des eaux dans les réseaux de drainage, en les gérant dès leur point de chute, tout en reproduisant au maximum leur cycle naturel.⁷⁶



Figure 29 : Exemple de différentes techniques alternatives possibles pour gérer les eaux pluviales d'une maison. **Source** : SYMASOL, Gestion des eaux pluviales : Guide pour la mise en œuvre de techniques alternatives, 2016.

4.5 Présentation des différents systèmes alternatifs de gestion des eaux pluviales :

➤ Les ouvrages aériens de gestion des eaux pluviales :

La description de ce type d'ouvrages se résume dans le schéma ci-dessous :

⁷⁵ Ibid. p. 12-13

⁷⁶ Ibid. p. 13

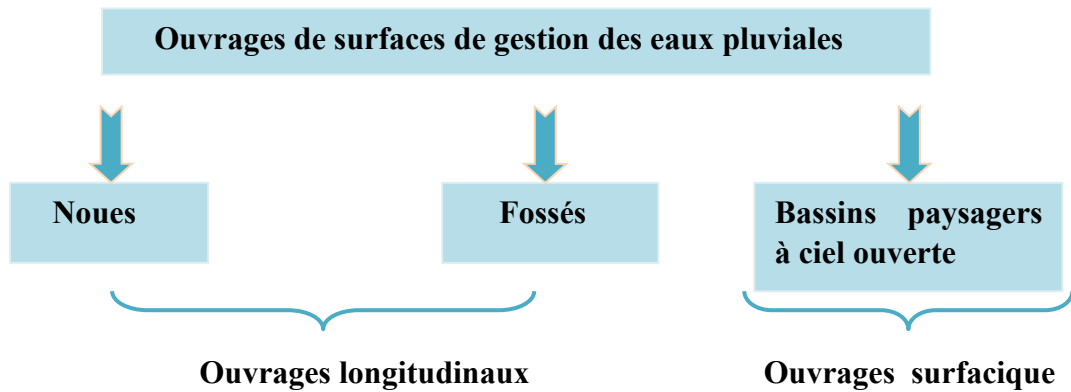


Figure 30 : Schéma d'un ouvrage de surfaces de gestion des eaux pluviales. **Source** : CHETTAH. S, Élaboration d'un protocole pour la gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagement, Mémoire de master, École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, 2011, disponible sur : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01661944>

➤ **Ces ouvrages permettent :**

1. Collecte des eaux pluviales en zones ouvertes pour réduire les risques d'inondation, leur épuration des impuretés par décantation, puis évacuation d'une partie vers le réseau d'assainissement ou vers le milieu naturel.
2. Traitement des eaux pluviales polluées par ruissellement sur les surfaces et chaussées, contenant des substances nocives telles que :
 - Métaux lourds.
 - Huiles et graisses.
3. Gestion du drainage des eaux à travers :
 - Leur orientation vers le réseau d'assainissement.
 - Leur déviation vers des bassins de rétention ou cours d'eau.
 - Leur infiltration dans le sol.
4. Enrichissement de l'esthétique urbaine par :
 - Une conception harmonieuse avec l'environnement bâti.
 - Une intégration avec des éléments mettant en valeur le rôle de l'eau dans la composition de l'espace public.⁷⁷

⁷⁷ Ibid. p. 13



Figure 31 : Exemple de différentes techniques alternatives possibles pour gérer les eaux pluviales D'une maison. **Source** : SYMASOL, Gestion des eaux pluviales : Guide pour la mise en œuvre de techniques alternatives, 2016.

➤ Les noues et fossés :

- ✓ **Principe de fonctionnement** : Les fossés et noues sont utilisés pour collecter les eaux pluviales, soit par des canalisations, soit par ruissellement de surface, tout en réduisant leur vitesse d'écoulement. Les eaux sont stockées puis évacuées soit par infiltration dans le sol, soit vers un exutoire final à un débit régulé (comme un réseau de drainage ou un cours d'eau). La différence entre eux réside dans leur conception et leur forme.
 - **Les fossés** : Ce sont des structures linéaires, relativement profondes, avec des parois abruptes. Ils évacuent les eaux pluviales par écoulement vers l'exutoire ou par infiltration si le sol le permet.
 - **Les noues** : Ce sont des fossés larges, peu profonds et aux pentes douces. Il existe plusieurs types de noues, chacun ayant un mode de fonctionnement différent. Elles peuvent être utilisées comme suit :
 - Comme bassins de rétention, de rétention/infiltration, ou uniquement d'infiltration.
 - Comme exutoires finaux autonomes.
 - Comme capacité de stockage supplémentaire alimentée en cas de remplissage du réseau ou de l'ouvrage alternatif par débordement. ⁷⁸

⁷⁸ SYMASOL, Gestion des eaux pluviales : Guide pour la mise en œuvre de techniques alternatives, 2016. P. 8

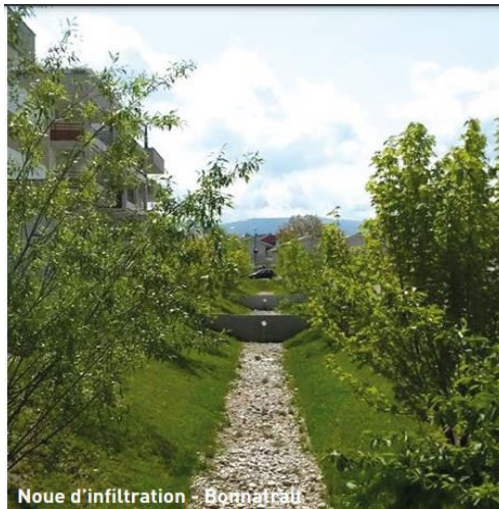


Figure 32 : Noues d'infiltration .**Source :** SYMASOL, Gestion des eaux pluviales : Guide pour la mise en œuvre de techniques alternatives, 2016.

✓ **Conseils sur la conception :**

- **Implantation :** Les fossés et les noues peuvent être placés soit dans le sens de l'écoulement des eaux de ruissellement, soit perpendiculairement à celui-ci, afin d'intercepter l'eau et de ralentir la vitesse d'écoulement.⁷⁹

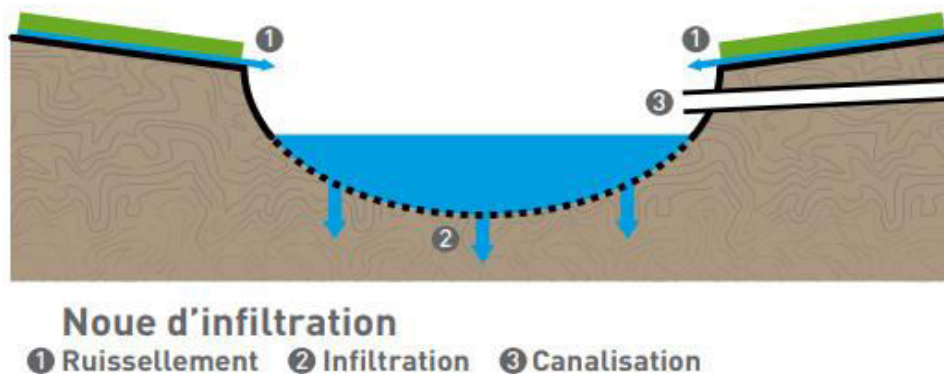


Figure 33 : Coupe d'un Noue d'infiltration. **Source :** SYMASOL, Gestion des eaux pluviales : Guide pour la mise en œuvre de techniques alternatives, 2016.

- **Matériaux et végétaux :**

- **Les Matériaux :**

- ✓ Pour l'étanchéité de la noue ou du fossé :

- Membrane étanche (recouverte d'une couche de terre végétale)
- Argile

⁷⁹ Ibid. p 9

- Béton
- ✓ Pour stabiliser les talus du fossé :
 - Végétalisation des berges
 - Poteaux verticaux (ex : troncs d'arbres)
 - Gros rochers
 - Géotextile
 - Géogrille
- ✓ Pour éviter la stagnation d'eau dans la noue :
 - Un drain doit être installé au fond de l'ouvrage.⁸⁰
- **Les Végétaux :**
 - ✓ **Gazon:** Espèces résistantes à l'immersion et à l'érosion (Herbe des Bermudes, Puéraire hirsute, Pâturin des prés, Brome inerme).
 - ✓ **Arbres et arbustes:** Privilégier les espèces à feuillage persistant (résineux ou feuillus persistants) pour stabiliser les berges et éviter l'obstruction des dispositifs par les feuilles mortes.
 - ✓ **Système racinaire :** Sélectionner des végétaux avec racines pivotantes, fasciculées ou charnues pour une meilleure stabilisation des sols.⁸¹
- **Entretien :**
 - **Entretien préventif:**
 - ✓ Tonte régulière du gazon.
 - ✓ Ramassage des feuilles et détritiques.
 - ✓ Curage des orifices après les épisodes pluvieux importants.
 - **Entretien curatif :**
 - ✓ Remplacement de la couche de terre végétale colmatée.⁸²
- **Les bassins à ciel ouvert :**
 - **Principe de fonctionnement :**
Les bassins ouverts sont des ouvrages hydrauliques utilisés pour :
 - La collecte et le stockage des eaux pluviales.
 - La décantation des sédiments.
 - L'infiltration des eaux dans le sol (selon les conceptions).
 - **Types de bassins :**
 - **Bassins permanents :** maintiennent un volume d'eau constant.

⁸⁰ Ibid. p. 9

⁸¹ Ibid. p. 9

⁸² Ibid. p. 9

- **Bassins secs** : se vident complètement après chaque épisode pluvieux.
- **Bassins d'infiltration** : spécialement conçus pour l'infiltration vers les couches souterraines.
- **Sources d'alimentation en eau** :
 - Ruissellement direct.
 - Déversement des réseaux pluviaux (lorsque le bassin est le point le plus bas).
 - Débordements dus aux surpressions dans les réseaux.
- **Fonctions principales** :
 - Réduction du débit des eaux pluviales.
 - Maîtrise du ruissellement pendant les précipitations modérées.
 - Évacuation des eaux par :
 - Infiltration dans le sol.
 - Écoulement régulé vers les exutoires finaux (réseaux de collecte ou cours d'eau).⁸³



Figure 34 : Bassin de rétention. **Source** : SYMASOL, Gestion des eaux pluviales : Guide pour la mise en œuvre de techniques alternatives, 2016.

✓ **Conseils sur la conception :**

- **Implantation** :
 - **Pour les installations publiques** :
 - Intégrer harmonieusement le bassin dans le paysage naturel environnant.
 - Prévoir des mesures de sécurité comprenant :
 - Panneaux d'avertissement et de signalisation.
 - Clôtures ou barrières de protection pour les équipements.
 - Maintenir une pente adaptée (maximum 30%) pour faciliter l'évacuation en cas d'urgence.
 - Aménager un accès ou une rampe d'accès au fond pour la maintenance.

⁸³ Ibid. p. 12

- **Pour les bassins d'infiltration :**
 - Vérifier la perméabilité du sol avec une capacité d'absorption complète dans les 6 heures après précipitation.⁸⁴

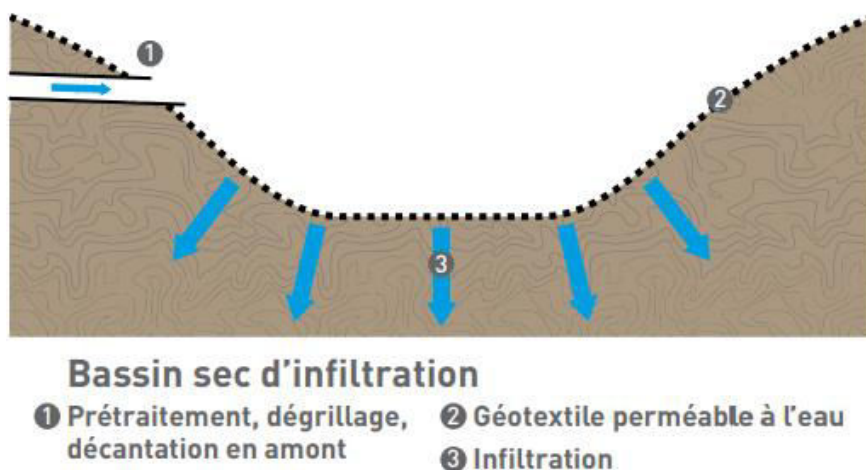


Figure 35 : Coupe d'un Bassin sec d'infiltration. **Source :** SYMASOL, Gestion des eaux pluviales : Guide pour la mise en œuvre de techniques alternatives, 2016.

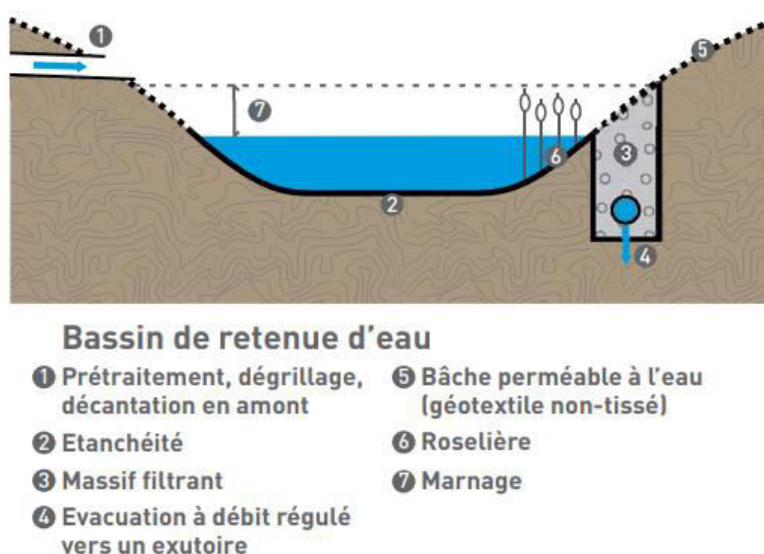


Figure 36 : Coupe d'un bassin retenue d'eau. **Source :** SYMASOL, Gestion des eaux pluviales : Guide pour la mise en œuvre de techniques alternatives, 2016.

- **Entretien :**

Les bassins secs : Tonte, fauche, ramassage des feuilles et détritux.

Gestion des dépôts : curage, par voie hydraulique ou à sec (au bout de 20 ans pour les particuliers). Evacuation, par voie hydraulique ou autre, vers la STEP ou un autre site.

⁸⁴ Ibid. p. 13

Conditionnement et valorisation, en tenant compte de leur charge polluante spécifique.
Les bassins en eau : Suivi de la qualité de l'eau et de son renouvellement. Ramassage des flottants. Maîtrise des risques d'eutrophisation. Surveillance de la faune et de la flore.

Les bassins d'infiltration : Suivi de la perméabilité primordiale.
Si absorption insuffisante : renouvellement de la couche superficielle.⁸⁵

➤ **Les ouvrages enterrés de gestion des eaux pluviales :**

À l'instar des ouvrages en surface, les ouvrages enterrés ont pour objectif la gestion des eaux pluviales. Ils permettent de stocker les eaux de ruissellement afin de limiter les inondations, de les traiter, puis de les restituer avec un débit de fuite contrôlé vers le point de rejet final. Ces ouvrages peuvent prendre différentes formes (ponctuels, longitudinaux ou surfaciques) et peuvent être implantés sous les voiries ou dans les espaces verts. Le schéma suivant illustre les principaux types de ces ouvrages :⁸⁶

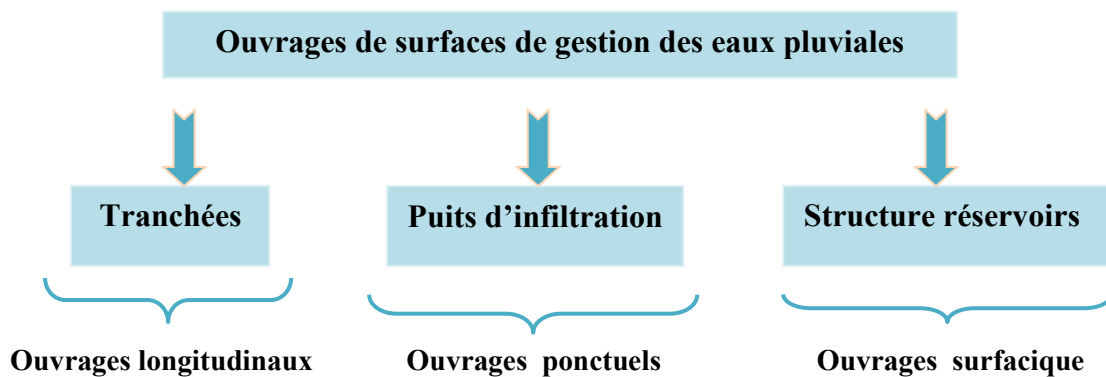


Figure 37: Schéma d'un ouvrage enterré de gestion des eaux pluviales. **Source :** CHETTAH. S, Élaboration d'un protocole pour la gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagement, Mémoire de master, École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, 2011, disponible sur : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01661944>

➤ **Les tranchées :**

✓ **Principe de fonctionnement :**

Ce sont des ouvrages linéaires et superficiels remplis de matériaux poreux comme le gravier ou les cailloux. Les eaux pluviales sont collectées par ruissellement superficiel ou via des canaux. Selon le type de fossé, les eaux pluviales sont soit retenues et évacuées vers un exutoire, soit infiltrées dans le sol. Il est possible de combiner ces deux techniques.

⁸⁵ Ibid. p 13

⁸⁶ CHETTAH. S, Élaboration d'un protocole pour la gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagement, Mémoire de master, École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, 2011. P. 14

- **La tranchée drainante** : système de rétention des eaux. L'eau de pluie est évacuée par un drain, selon un débit régulé vers un exutoire (réseau de collecte, cours d'eau, bassin de rétention/infiltration).
- **La tranchée infiltrant** : système d'infiltration des eaux. L'évacuation de l'eau de pluie se fait par infiltration directe dans le sol.⁸⁷

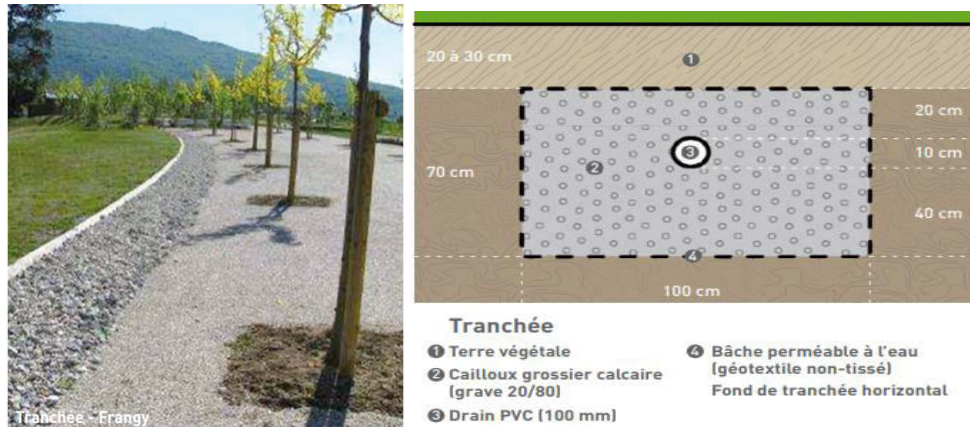


Figure 38, 39 : Tranchée vue et coupe. **Source** : SYMASOL, Gestion des eaux pluviales : Guide pour la mise en œuvre de techniques alternatives, 2016.

✓ **Conseils sur la conception :**

- **Implantation :**

La tranchée doit être perpendiculaire au sens d'écoulement des eaux de ruissellement. Le fond de la tranchée doit être horizontal pour faciliter la diffusion de l'eau dans la structure.⁸⁸

- **Matériaux et équipements :**

- **Couche de surface :**

- Dalles ou pierres poreuses.
- Gravier.
- Enrobé drainant.
- Gazon.
- Un géotextile ou une couche de sable sous ces matériaux pour filtrer les polluants.
- Le canal d'alimentation de la tranchée en eaux pluviales doit être relié à une chambre de décantation.

- **À l'intérieur de la tranchée :**

- Gravier.
- Cailloux.
- Granulats.

⁸⁷ SYMASOL, Gestion des eaux pluviales : Guide pour la mise en œuvre de techniques alternatives, 2016. P. 10

⁸⁸ Ibid. p. 11

- Matériaux granulaires concassés avec une porosité supérieure à 30%.
 - Ou matériaux cellulaires avec une porosité supérieure à 90%.
- **Système de drainage :**
 - Au fond de la tranchée : se remplit d'eau et alimente une chambre de décharge à l'aval (fonction de rétention).
 - En haut de la tranchée : pour distribuer les eaux pluviales sur l'ensemble de l'ouvrage et faciliter l'infiltration (fonction d'infiltration).
- **Interface tranchée/sol :**
 - ✓ **Dans le cas d'infiltration :**
 - Géotextile servant de filtre anti-pollution.
 - Limite la migration des particules fines dans la structure.
 - ✓ **Dans le cas de rétention :**
 - Si nécessaire, une membrane étanche (géo membrane) pour protéger la nappe phréatique ou le sol.
 - Système anti-racines en présence d'arbres à proximité de la tranchée pour prévenir la détérioration de la structure.⁸⁹

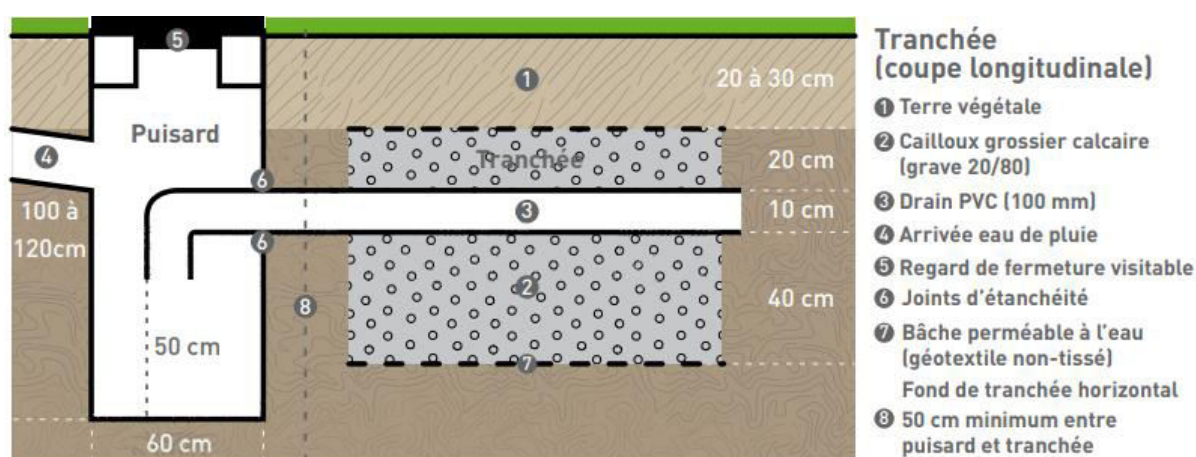


Figure 40 : Tranchée d'infiltration coupe longitudinale. **Source :** SYMASOL, Gestion des eaux pluviales : Guide pour la mise en œuvre de techniques alternatives, 2016.

⁸⁹ Ibid. p. 11

- **Entretien Préventif :**
 - **Nettoyage de la couche superficielle de la tranchée :**
 - Dépôts divers.
 - Feuilles mortes.
 - **Vérification :**
 - Absence d'obstructions.
 - Bon écoulement des eaux.

- **Entretien curatif :**
 - **En cas de défaillance du fonctionnement hydraulique :**
 - Procéder au décolmatage de la surface drainante de la tranchée.
 - Remplacer les matériaux de surface ainsi que ceux situés à l'intérieur de la structure.⁹⁰

➤ **Les puits d'infiltration :**

- Collectent et stockent temporairement les eaux pluviales
- Permettent une infiltration progressive dans le sol
- Parcours des eaux :
 - Entrée par canalisations ou surface.
 - Passage par une chambre de décantation.⁹¹

✓ **Puits d'infiltration dans le sol :**

- **Composition :**
 - Matériau poreux (graviers) pour :
 - Filtration des eaux.
 - Faciliter l'infiltration.
 - Revêtement intérieur en géotextile pour empêcher :
 - Le mélange avec les particules fines du sol.
 - Le colmatage des pores.

- **Types principaux :**
 1. Puits comblé (de graviers ou matériaux poreux).
 2. Puits creux (avec cavité interne).⁹²

⁹⁰ Ibid. p. 11

⁹¹ Ibid. p. 14

⁹² Ibid. p. 14



Figure 41 : Puits d'infiltration .Source : SYMASOL, Gestion des eaux pluviales : Guide pour la mise en œuvre de techniques alternatives, 2016.

✓ **Conseils sur la conception :**

• **Implantation :**

- Le puits d'infiltration ne doit pas être installé dans une zone où l'infiltration est interdite (comme les zones de captage d'eau potable).
- Il est préférable de l'implanter dans la partie basse du terrain.
- La perméabilité du sol doit être suffisante, permettant une infiltration des eaux pluviales en environ 6 heures après un orage.
- Le puits doit être situé à une distance minimale de 3 mètres de tout arbre ou arbuste (pour éviter les dommages causés par les racines), et à plus de 5 mètres des bâtiments.
- Le fond du puits doit se trouver à au moins 2 mètres au-dessus du niveau le plus élevé de la nappe phréatique.⁹³

⁹³ Ibid. p. 15

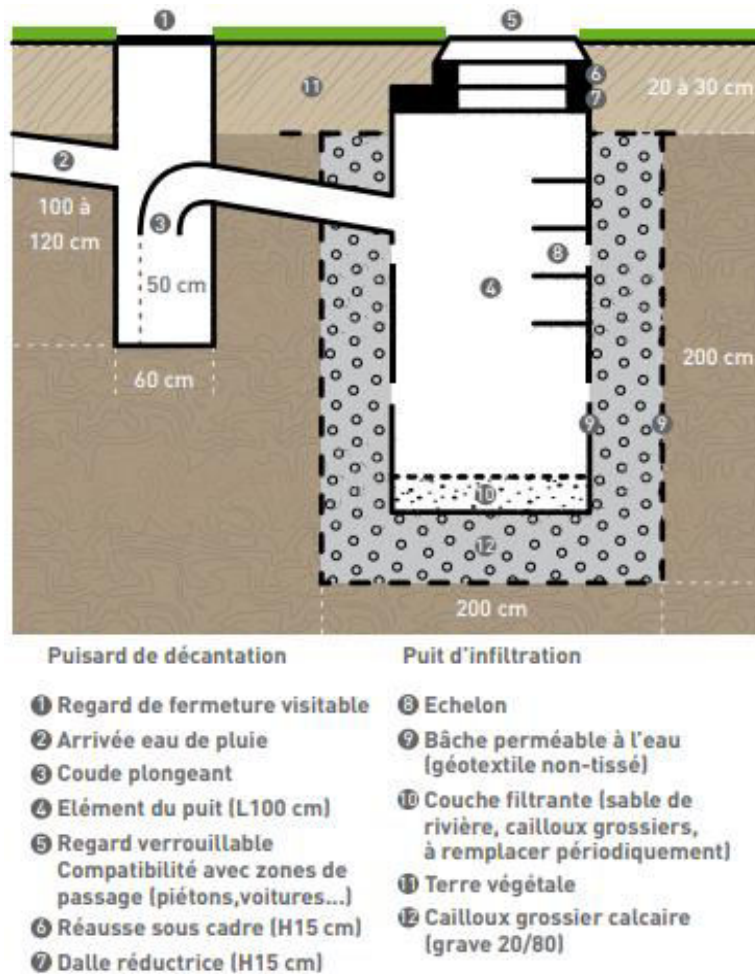


Figure 42 : Coupe d'un Puits d'infiltration .Source : SYMASOL, Gestion des eaux pluviales : Guide pour la mise en œuvre de techniques alternatives, 2016.

- **Matériaux et équipements :**

- **Revêtement de surface du puits comblé :**

- Lorsqu'il est alimenté par ruissellement : les surfaces doivent être aménagées en pente orientée vers le puits, telles que : gazon, galets, enrobés drainants, ou dalles/pavés poreux.
 - Lorsqu'il est alimenté par canalisation : une chambre de décantation (séparateur de sédiments) doit être présente en amont, avant l'entrée de l'eau dans le puits.

- **Puits creux :**

Alimenté par une canalisation avec chambre de décantation en amont.

- ✓ **À l'intérieur du puits comblé :**

- Galets, pierres, graviers, ou granulats concassés avec une porosité supérieure à 30 %.
 - Matériaux alvéolaires (structure en nid d'abeille) avec une porosité supérieure à 90 %.

- Géotextile recouvrant l'ensemble des matériaux.
- ✓ **Interface puits/sol :**
 - **Dans le puits comblé :**
 - Géotextile jouant le rôle de filtre antipollution, empêchant la migration des fines.
 - Système anti-racines pour éviter la détérioration du puits en cas de proximité d'arbres.
 - **Dans le puits creux :**
 - Crépine.
 - Buse perforée de diamètre compris entre 200 et 800 mm, en béton ou en PEHD (polyéthylène haute densité).⁹⁴
- **Entretien :**
 - **Entretien préventif :**
 - Inspection de l'ouvrage tous les six mois pour éviter l'obstruction par les déchets.
 - Retrait des feuilles et déchets de la grille de la chambre de décantation pour assurer un bon écoulement.
 - Nettoyage de la chambre de décantation une à deux fois par an.
 - Vérification du bon fonctionnement du système de trop-plein.
 - Remplacement du géotextile si nécessaire.
 - **Entretien curatif :**

Remplacement complet du massif filtrant en moyenne tous les 5 ans pour maintenir une capacité d'infiltration optimale.⁹⁵
- **Les toitures stockantes :**
 - ✓ **Implantation :**
 - Ce sont des surfaces planes ou légèrement inclinées (avec une pente comprise entre 0,1 % et 5 %), dotées d'un rebord périphérique permettant le stockage temporaire des eaux pluviales.
 - L'évacuation de l'eau est réglée par un système de drainage, en plus de l'évaporation et de l'absorption (dans le cas des toitures végétalisées).
 - Les toitures à faible pente peuvent être aménagées avec des caissons divisant la surface (pour former des barrières de rétention d'eau).
 - Les toitures de rétention peuvent être végétalisées avec différents types de plantes, tels que :
 - ✓ Plantes à couverture légère (culture extensive) : comme les mousses, les plantes vivaces et les sedums.
 - ✓ Plantes semi-intensives : comme les vivaces et les herbes.

⁹⁴ Ibid. p. 15

⁹⁵ Ibid. p. 15

- ✓ Plantes intensives : comme le gazon, les plantes basses, les arbustes et les jeunes arbres.⁹⁶



Figure 43 : Toiture végétalisée .source : SYMASOL, Gestion des eaux pluviales : Guide pour la mise en œuvre de techniques alternatives, 2016.



Figure 44 : Toiture Stockant .source : SYMASOL, Gestion des eaux pluviales : Guide pour la mise en œuvre de techniques alternatives, 2016.

✓ **Conseils sur la conception :**

- **Règles techniques :**

La mise en œuvre des toitures de rétention (qu'il s'agisse de constructions neuves ou de rénovations) est soumise à plusieurs règles techniques :

- Documents Techniques Unifiés : DTU 43.1 (Isolation des toitures-terrasses) et DTU 60.11 (Évacuation des eaux pluviales des toitures).
- Avis techniques concernant les toitures gravillonnées.
- Règles professionnelles pour l'isolation des toitures en réparation (octobre 1987).
- Classement FIT des matériaux d'étanchéité (Cahier CSTB n°2358 de septembre 1989).

Les techniques utilisées pour les toitures de rétention sont similaires à celles des toitures-terrasses traditionnelles. Le DTU 60.11 définit les règles spécifiques pour l'évacuation des eaux pluviales :

⁹⁶ Ibid. p. 16

- Tout point d'une toiture-terrasse doit se trouver à moins de 30 mètres d'un exutoire.
- Chaque orifice doit évacuer les eaux d'une surface maximale de 700 m².
- Les conduites doivent avoir un diamètre minimum de 60 mm pour éviter les obstructions, avec des dimensions conformes au DTU 60.11.
- En cas de volume d'eau important, la stabilité de la structure doit être garantie, la toiture devant pouvoir évacuer 3 litres/minute/m² via un trop-plein.⁹⁷
- **Implantation :**
L'installation doit se faire sur des toitures neuves ou existantes (à l'exception des toitures végétalisées intensives) après vérification de la portance de la structure et de la qualité de l'étanchéité. Des zones tampons doivent être aménagées autour des éléments près des bordures. Pour les toitures végétalisées, l'épaisseur du substrat varie selon le type de végétation :
 - Végétation extensive : de 4 à 15 cm.
 - Végétation semi-intensive : de 12 à 30 cm.
 - Végétation intensive : plus de 30 cm.⁹⁸

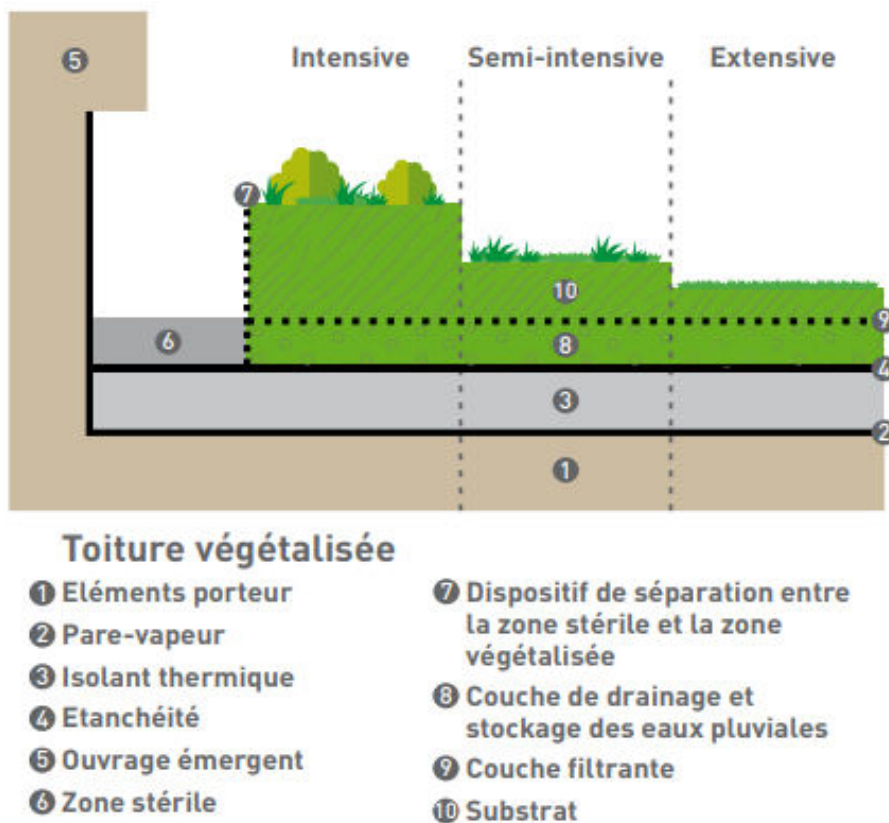


Figure 45 : Schéma d'une coupe de toiture végétalisée. **Source :** SYMASOL, Gestion des eaux pluviales : Guide pour la mise en œuvre de techniques alternatives, 2016.

⁹⁷ Ibid. p. 17

⁹⁸ Ibid. p. 17

- **Matériaux et équipements :**
 - **Toiture de rétention d'eau (Toiture stockant) :**
 - **Structure porteuse :** En béton, bois ou acier
 - **Pare-vapeur :** Empêche l'infiltration de vapeur d'eau
 - **Isolation thermique :** Similaire aux toitures classiques
 - **Étanchéité :** Deux couches d'étanchéité (bitume ou asphalte)
 - **Protection de l'étanchéité :** Gravier assurant ventilation et protection des évacuations.
 - **Système de drainage :**
 - ✓ Régulateur de débit : Permet un écoulement contrôlé.
 - ✓ Évacuations de sécurité : Pour les excédents d'eau.
 - ✓ Grilles de protection : Anti-obstruction par feuilles ou débris.⁹⁹

 - **Toiture végétalisée (Toiture végétalisée) :**
 - **Structure :** Béton, bois ou acier (bois/acier pour végétation légère uniquement).
 - **Complexe d'étanchéité :** Pare-vapeur, isolation, étanchéité avec anti-racines.
 - **Couche drainante :** Gravier ou matériaux synthétiques.
 - **Couche filtrante :** Protection du drainage.
 - **Substrat :** Mélange organo-minéral.

 - **Végétation :**
 - ✓ **Extensive :** Faible entretien.
 - ✓ **Semi-intensive :** Entretien modéré.
 - ✓ **Intensive :** Fort entretien (type jardins).

 - **Séparation zones végétalisées/non végétalisées :** Profilés métalliques ou bordures préfabriquées.
 - **Protection étanchéité zones nues :** Gravier ou dalles.¹⁰⁰

- **Entretien Préconisation de la Chambre syndicale nationale d'étanchéité :**
 - **Biannuel :**
 - **Avant l'été :** Contrôle des évacuations.
 - **Après l'automne :** Nettoyage feuilles/mousses.
 - **Entretien végétal :** Arrosage, taille, désherbage.
 - **Tous les 3 ans :** Nettoyage mousses autour des évacuations.¹⁰¹

⁹⁹ Ibid. p. 17-18

¹⁰⁰ Ibid. p. 18

¹⁰¹ Ibid. p. 18

➤ **Les structures réservoirs :**

✓ **Principe de fonctionnement :**

Les structures de rétention sont utilisées pour stocker temporairement les eaux pluviales dans un ouvrage enterré (corps de la structure). Ensuite, les eaux sont évacuées soit par infiltration directe dans le sol, soit par retour vers un point de rejet comme un réseau de collecte des eaux ou le milieu naturel.¹⁰²

▪ **La surface de la structure peut être :**

- **Perméable (poreuse) :** Les eaux s'infiltrent directement dans la structure.
- **Imperméable (étanche) :** Les eaux sont injectées dans la structure via des canalisations de drainage reliées à des orifices d'évacuation (bouches d'égout).

▪ **Localisation de ces ouvrages :**

Ils sont généralement situés sous les routes, parkings, trottoirs, passages piétons et autres espaces publics.¹⁰³



Figure 46 : Structure réservoir. **Source :** SYMASOL, Gestion des eaux pluviales : Guide pour la mise en œuvre de techniques alternatives, 2016.

¹⁰² Ibid. p. 19

¹⁰³ Ibid. p. 19

✓ **Conseils sur la conception :**

• **Implantation :**

Emplacement approprié :

- Privilégier une installation sur des routes à faible pente.
- Éviter leur utilisation dans les ronds-points et zones de ralentissement.
- Adaptées aux parkings, cours de maisons ou terrasses.¹⁰⁴

• **Matériaux et équipements :**

- Installation d'orifices de ventilation pour évacuer l'air du réservoir.
- Pose d'un grillage d'avertissement au-dessus des canalisations de drainage pour signaler leur présence (surtout sur les routes).

▪ **Couche superficielle (revêtement extérieur) :**

✓ **Surface imperméable (étanche) :**

- Comme le béton étanche, les dalles ou les pierres.
- Doit comporter un regard de visite et un orifice d'injection d'eau équipé d'un filtre.

✓ **Surface perméable (poreuse) :**

- Dalles ou marches en béton poreux.
- Dalles engazonnées.
- Graviers non traités poreux (GnT).
- Béton bitumineux.

▪ **À l'intérieur de la structure (réservoir) :**

✓ **Matériaux de remplissage :**

- Graviers, roches ou granulats concassés avec un taux de porosité supérieur à 35%.
- Matériaux cellulaires (type caissons ou alvéoles en nid d'abeille).

✓ **Canalisations de drainage :**

- Au fond du réservoir : pour évacuer l'eau vers un point de sortie.
- Conduite d'alimentation : transporte l'eau depuis le regard de visite ou l'orifice d'injection.
- Au centre de la structure : conduit évacuant l'excédent d'eau vers une sortie de sécurité en cas de défaut d'infiltration.

¹⁰⁴ Ibid. p. 20

- ✓ **Pour les dalles ou marches engazonnées :**
 - Les couches inférieures doivent être fertiles pour assurer une croissance pérenne du gazon.
- ✓ **Interface réservoir/sol :**
 - Pour l'infiltration dans le sol : utiliser un géotextile.
 - Pour la rétention d'eau sans infiltration : utiliser une géo membrane étanche.¹⁰⁵



Figure 47 : Structure réservoir sous trottoir. **Source :** CHETTAH. S, Élaboration d'un protocole pour la gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagement, Mémoire de master, École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, 2011, disponible sur : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01661944>

- **Entretien :**
 - ✓ **Entretien préventif**
 - Surface imperméable (étanche) :**
 - Nettoyer et inspecter les canalisations de drainage par caméra (le diamètre et la longueur appropriés des tuyaux doivent être sélectionnés).
 - Pour éviter le colmatage des orifices d'injection, des bouches d'égout et des regards de visite, un nettoyage semestriel et un remplacement annuel du filtre sont recommandés.
 - Surface perméable (poreuse) :**
 - **En hiver :** répandre suffisamment de sel de catégorie A pour prévenir la formation de glace.
 - **Pour prévenir les obstructions :** nettoyage par hydrodécapage haute pression ou par aspiration (lavage à l'eau sous pression).¹⁰⁶

¹⁰⁵ Ibid. p. 20

¹⁰⁶ Ibid. p. 20

✓ **Entretien curatif :**

▪ **Revêtement poreux :**

- Nettoyage utilisant des techniques de haute pression ou d'aspiration.
- En cas de contamination accidentelle :
- Pour les systèmes de rétention d'eau : confiner le contaminant et l'aspirer via les regards de visite.
- Pour les systèmes permettant l'infiltration : aspirer le contaminant le plus rapidement possible (soit du sol, soit des orifices d'injection), puis procéder à la désinfection du sol.¹⁰⁷

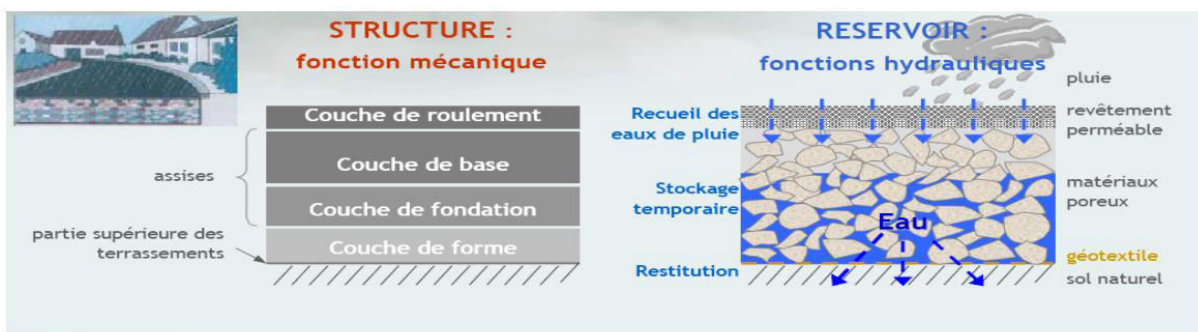


Figure48 : Structure de chaussée (fonction mécanique et fonction de stockage). **Source** : CHETTAH. S, Élaboration d'un protocole pour la gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagement, Mémoire de master, École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, 2011, disponible sur : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01661944>

¹⁰⁷ Ibid. p. 21

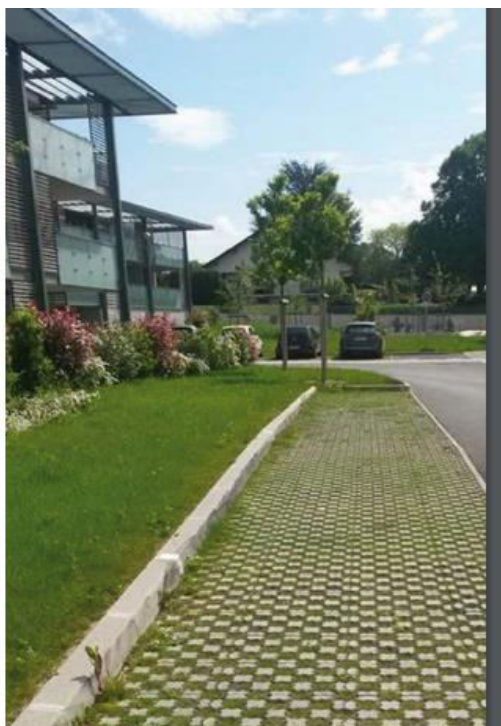


Figure 49 : Dalle en gazon .source : SYMASOL, Gestion des eaux pluviales : Guide pour la mise en œuvre de techniques alternatives, 2016.

➤ **Autres systèmes d'une technique alternative :**

➤ **Le jardin de pluie :**

- Il s'agit d'un îlot de filtration conçu pour évacuer les eaux pluviales de faible à moyenne intensité (les premiers 10 à 20 mm de précipitations) et réguler l'écoulement des pluies modérées à intenses en ralentissant le débit au point de rejet.
- Les eaux pluviales se contaminent principalement lorsqu'elles atteignent les réseaux d'assainissement collectif (réseau pluvial ou réseau unitaire selon la commune), au contact de dépôts accumulés de polluants qui se concentrent essentiellement sur les chaussées.¹⁰⁸

¹⁰⁸ TUTORIEL, Réaliser un jardin de pluie, 2021. P. 1, disponible sur : https://www.loiret-nature-environnement.org/images/Zero_pesticide/Bienvenue/Am%C3%A9nager_un_jardin_de_pluie_-_BMJN_2021.pdf



Figure 50 : Schéma d'un jardin de pluie. **Source** : TUTORIEL, Réaliser un jardin de pluie, 2021, disponible sur : https://www.loiret-nature-environnement.org/images/Zero_pesticide/Bienvenue/Am%C3%A9nager_un_jardin_de_pluie_-_BMJN_2021.pdf

Le jardin de pluie contribue à la dépollution des eaux de ruissellement en permettant une gestion in situ des eaux pluviales par infiltration, particulièrement durant les épisodes orageux où les stations de traitement peuvent atteindre leur capacité maximale. Ce processus s'effectue par :

1. La rétention des polluants dans les premiers centimètres du sol.
2. L'action du substrat filtrant.
3. L'activité des bactéries et champignons associés aux racines des plantes (selon le principe de phytoépuration).

Une épaisseur de 30 cm de sol peut :

- Stocker 120 mm d'eau.
- Intercepter 90% des métaux lourds.

Ce jardin pluvial est orné de strates végétales variées (plantes vivaces, arbustes et espèces semi-aquatiques), adaptées à un environnement humide et gorgé d'eau.¹⁰⁹

✓ Exemples des jardins de pluie :

¹⁰⁹ Ibid. p. 1



Figure 51: Jardin de pluie récupérant l'eau des voiries Noisy-le-Sec (Parc des Guillaumes)
©Urban Water – Christian Piel



Figure 52: Jardin de pluie en descente de gouttière Richemond, Province du Québec.



Figure53 : Jardin de pluie ornemental
Burnsville, Minnesota (USA).



Figure54 : Jardin de pluie ©Aquatirais -
showroom



Figure 55 : Jardin de pluie en cours de création ©Aquatirais

Figure 51, 52, 53, 54,55 : Exemples des jardins de pluie. **Source :** TUTORIEL, Réaliser un jardin de pluie, 2021, disponible sur : https://www.loiret-nature-environnement.org/images/Zero_pesticide/Bienvenue/Am%C3%A9nager_un_jardin_de_pluie_-BMJN_2021.pdf

✓ **Réalisation technique :**

1. Choix de l'emplacement Choisir l'emplacement en fonction des contraintes du terrain :

Le site est sélectionné en fonction des contraintes et conditions du terrain, en tenant compte des éléments suivants :

- Présence de drains pour les eaux pluviales à proximité,
- Disponibilité d'une superficie suffisante,
- Existence d'un sol à perméabilité adaptée (si le site choisi est sujet à la saturation en eau et à la formation de flaques lors de fortes précipitations, la capacité d'infiltration sera insuffisante ; dans ce cas, il est préférable de créer un petit bassin plutôt qu'un jardin pluvial),
- Absence d'infrastructures souterraines (réseaux d'eau, de gaz, d'électricité...).¹¹⁰

2. Dimensionner son jardin de pluie - Calculer sa surface de collecte d'eau pluviale :

Il faut calculer l'emprise au sol des parties du bâti (et non la surface de toiture) drainant vers les descentes pluviales concernées par le projet (en m²).

Exemple: une toiture couvrant 6m × 4m = 24m² d'emprise au sol.

✓ **Calcul du volume de rétention nécessaire (objectif: absorber des précipitations de 20mm):**

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = \text{Surface au sol (m}^2\text{)} \times 0.02$$

(20mm = 0.02m)

Exemple: 24m² × 0.02 = 0.48m³

✓ **Calcul du volume total de fouille compte tenu du gravier:**

Les interstices du gravier n'offrent que 30-40% de capacité utile (environ 1/3).

Le volume de fouille doit donc être triple du volume de rétention.

$$\text{Volume total (m}^3\text{)} = \text{Volume de rétention} \times 3$$

✓ **Considérations de sécurité dimensionnelle:**

1. Ce calcul détermine l'espace nécessaire pour le stockage temporaire avant infiltration.
2. Les parois latérales contribuent à l'infiltration, augmentant la capacité réelle.
3. La capacité effective dépend des caractéristiques du sol.
4. Les 20mm ne tombent pas instantanément: l'infiltration commence dès les premières gouttes.
5. Ces facteurs combinés créent une marge de sécurité importante, permettant au jardin d'absorber le ruissellement toiture.¹¹¹

¹¹⁰ Ibid. p. 3

¹¹¹ Ibid. p. 3-4

3. Creuser la « fosse» du jardin de pluie – Délimiter l'espace et creuser :

- Le site est d'abord délimité puis excavé (manuellement ou mécaniquement) selon les dimensions calculées.
- En présence de végétaux à racines profondes à proximité, la pose d'un géotextile est recommandée pour empêcher la pénétration racinaire.
- Si le jardin pluvial est implanté dans une zone gazonnée, ce tissu n'est pas nécessaire.¹¹²

4. Détourner la gouttière – Couper la gouttière :

- La descente pluviale est coupée et équipée d'un coude flexible pour rediriger l'eau vers le jardin.
- L'entrée d'eau doit idéalement se situer à mi-hauteur de la fosse.
- Pour optimiser la distribution, un drain agricole perforé peut être installé depuis l'entrée jusqu'au fond.
- La sortie originale doit être conservée comme déversoir de sécurité, en y connectant un tuyau supplémentaire depuis le point le plus haut du jardin.¹¹³

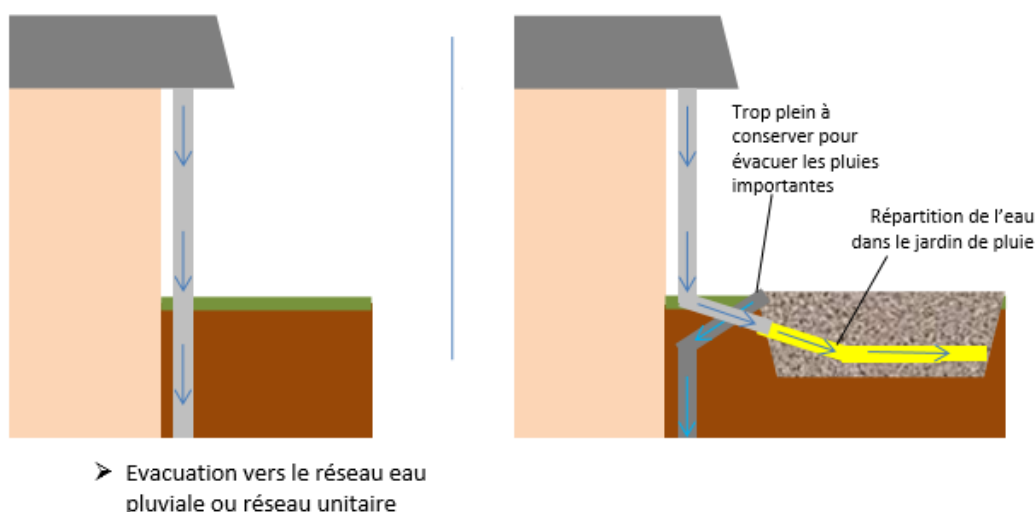


Figure 56 : Détourner la gouttière - Couper la gouttière. **Source :** TUTORIEL, Réaliser un jardin de pluie, 2021, disponible sur : https://www.loiret-nature-environnement.org/images/Zero_pesticide/Bienvenue/Am%C3%A9nager_un_jardin_de_pluie_-_BMJN_2021.pdf

5. Remplir la fosse - Remplir de cailloux de gros calibre :

¹¹² Ibid. p. 4

¹¹³ Ibid. p. 4

- La fosse est remplie de graviers de gros calibre type 20/70 (diamètres compris entre 20 et 70 mm).

Remarque : Les éléments de moins de 20 mm sont à proscrire car ils pourraient combler les vides et réduire la capacité de rétention d'eau.

- Le compactage des graviers est interdit, car il diminuerait la porosité et altérerait la capacité de stockage.
- L'installation de bordures pour délimiter le jardin pluvial est optionnelle et relève d'un choix esthétique.
- Une couche de terre végétale peut être ajoutée en surface pour les plantations, ou les plants peuvent être disposés uniquement aux emplacements prévus.
- Pour un aspect plus esthétique, une couche de paillage (organique ou minéral) peut recouvrir la surface.¹¹⁴

6. Végétaliser son jardin de pluie Installer des végétaux adaptés :

- Des plantes adaptées aux milieux humides sont installées dans le jardin.
- Il est recommandé de privilégier des plantes héliophytes (plantes tolérant l'engorgement et poussant en sol saturé en eau, sans immersion complète de la base des tiges).¹¹⁵

✓ Mise en œuvre :

- **Les formes :** Les formes courbes comme les demi-lunes, haricots ou ovales permettent une meilleure distribution de l'eau et s'intègrent plus facilement au paysage. Il est recommandé que la longueur du bassin de jardin pluvial soit environ le double de sa largeur (voir figure).¹¹⁶

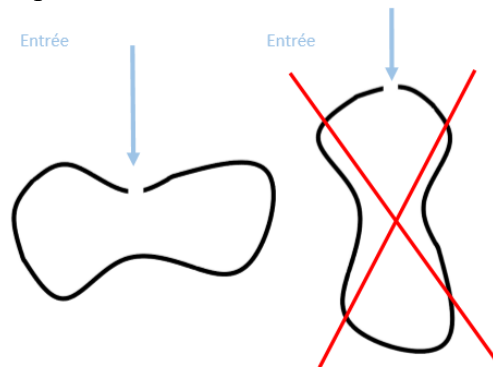


Figure 57 : Schéma de l'orientation et de la forme du jardin de pluie .**Source :** UNIVERSITE DE NEBRASKA, Guide de conception pour les jardins de pluie. Basé sur le guide de l'université du Nebraska « la conception des jardins de pluie ». 2021 .pdf

¹¹⁴ Ibid. p. 5

¹¹⁵ Ibid. p. 5

¹¹⁶ UNIVERSITE DE NEBRASKA, Guide de conception pour les jardins de pluie. Basé sur le guide de l'université du Nebraska « la conception des jardins de pluie ». 2021, p. 5 .pdf

- **Les substrats et les composantes :** Le jardin de pluie est constitué de plusieurs couches de substrats qui lui permettent de retenir l'eau et de favoriser son infiltration progressive sur une période de 24 à 48 heures.

✓ **Matériaux utilisés :**

- **Pour la berme/barrière :** Pierres de gros calibre, briques
- **Pour le canal de guidage :** Pierres concassées ou béton, gravier, géotextile et gravier fin
- **Pour le fond :** Mélange de terre locale et de compost avec une couche de paillage.¹¹⁷

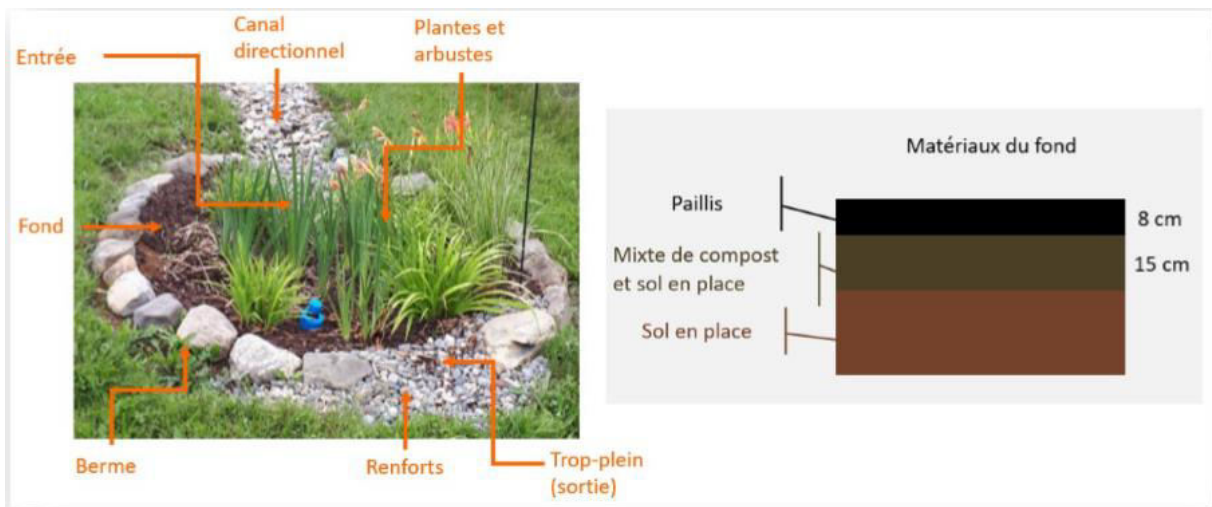


Figure 58: Schéma des composantes et substrats du jardin de pluie. **Source :** UNIVERSITE DE NEBRASKA, Guide de conception pour les jardins de pluie. Basé sur le guide de l'université du Nebraska « la conception des jardins de pluie ». 2021 .pdf

- **Plantes :** Il est préférable de choisir des plantes locales, telles que les graminées, les plantes herbacées et les arbustes, capables de tolérer à la fois la sécheresse et l'humidité. Ces plantes nécessitent peu d'entretien, comme la fertilisation ou la taille.¹¹⁸

✓ **Liste :**

1-Angelica atropurpurea ,2-Apocynum cannabinum ,3-Chelone glabra ,4-Desmodium canadense , 5-Hypericum ascyron , 6-Iris hookeri ,7-Iris versicolore , 8-Penthorum sedoïdes, 9-Solidago semperviren, 10-Andropogon gerardii ,11-Carex aurea ,12-Trichophorum alpinum.¹¹⁹

¹¹⁷ Ibid. p. 5

¹¹⁸ Ibid. p. 6

¹¹⁹ Ibid. p. 6

✓ **Et bien d'autres....**

Les plantes utilisées pour la végétalisation des berges possèdent des caractéristiques idéales pour les jardins pluviaux.¹²⁰

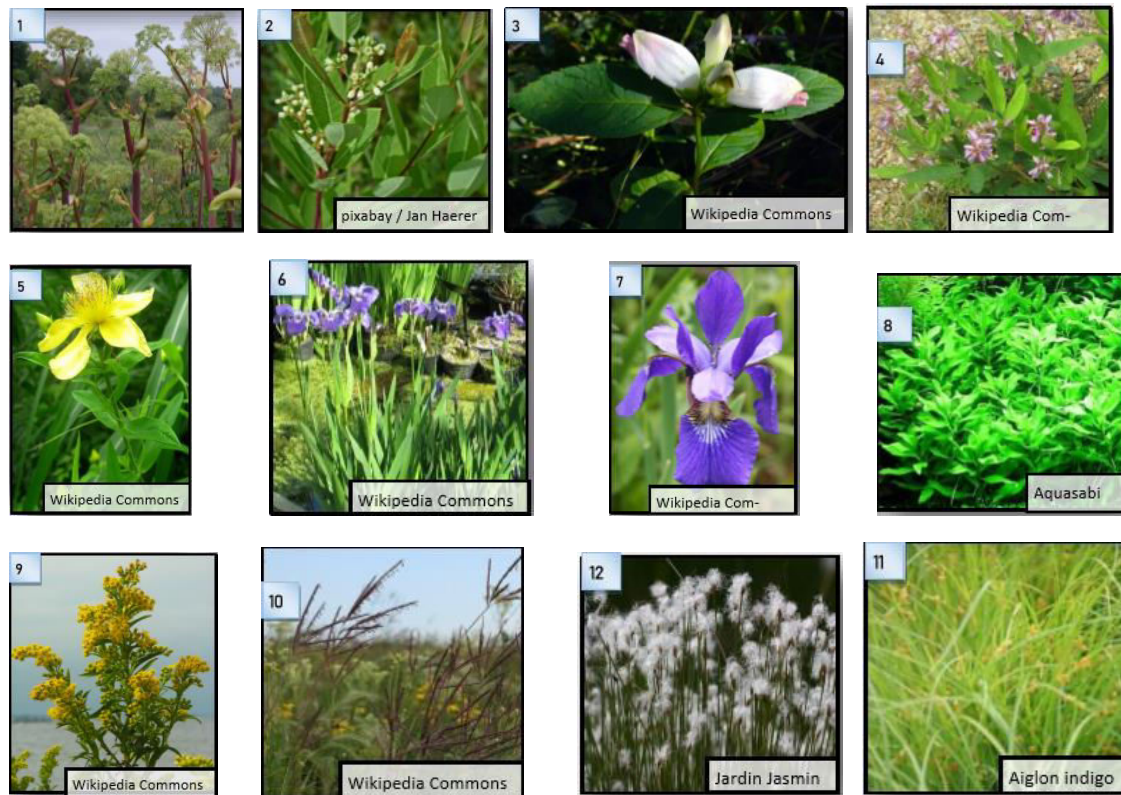


Figure 59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70 : Les plantes utilisées pour la végétalisation pour jardins de pluie. **Source** : UNIVERSITE DE NEBRASKA, Guide de conception pour les jardins de pluie. Basé sur le guide de l'université du Nebraska « la conception des jardins de pluie ». 2021 .pdf

➤ **La végétalisation des surfaces :**

La végétalisation des surfaces représente des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales, utilisant :

- Toitures végétalisées.
- Murs végétaux.
- Aires de stationnement perméables.
- Fossés végétalisés.
- Jardins de pluie.
- Et autres aménagements similaires.
- **Avantages clés :**
 - Réduction des risques d'inondation
 - Amélioration de la biodiversité
 - Atténuation des îlots de chaleur urbains

¹²⁰ Ibid. p. 6

- Embellissement du paysage urbain par l'intégration de végétation.¹²¹



Figure71 : Végétalisation des espaces urbains. **Source** : BOUDIAF. S, Gestion des eaux pluviales et développement durable : Cas de la région d'Aïn Temouchent, Mémoire de master, Université de Temouchent, 2024, disponible sur : <https://dspace.univ-temouchent.edu.dz/handle/123456789/4920>

➤ **Les murs végétalisés :**

- **Définition** : Le mur végétal désigne une paroi verticale installée parallèlement à la façade d'un bâtiment. Il est généralement équipé d'un support pour la végétation, d'un système d'irrigation, et d'un revêtement porteur.¹²²
- **Composition du mur végétalisé** : De l'extérieur vers l'intérieur, le mur végétalisé se compose généralement des couches suivantes :
 1. **La couche de végétation** : Elle est généralement constituée de plantes grimpantes, qu'elles soient persistantes ou caducifoliées, plantées pour recouvrir naturellement la façade.
 2. **La structure de soutien** : Elle peut être constituée de lattes en bois, de treillis métalliques, de câbles en acier ou de cordes en

¹²¹ BOUDIAF. S, Gestion des eaux pluviales et développement durable : Cas de la région d'Aïn Temouchent, Mémoire de master, Université de Temouchent, 2024, p. 10-11, disponible sur : <https://dspace.univ-temouchent.edu.dz/handle/123456789/4920>

¹²² KHERNACHE. S. B. A, Contribution des infrastructures vertes à la résilience urbaine face aux inondations : Cas de la ville de Batna, (Mémoire de master, Université Mohamed Khider Biskra). Université de Biskra. 2022, p. 34 disponible sur : http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/22386/1/Salah_Bey_Ahmed_Khernache.pdf

plastique. Elle sert à soutenir et stabiliser les plantes sans endommager la structure d'origine du bâtiment.

3. **La couche d'air** : L'espace entre la végétation et la façade du bâtiment agit comme une zone tampon. En plus de fournir de l'ombre contre le rayonnement solaire, cette couche contribue à modifier les propriétés de l'air traversant les plantes, améliorant ainsi sa qualité et réduisant sa température, notamment en été.
4. **Le mur extérieur** : Généralement construit en briques ou en béton, il constitue le support principal du système végétalisé.¹²³



Figure 72: Mise en place des murs végétalisés dans l'école Robert Desnos Tunis, conçu et réalisé par la société SICAP. (Eco Végétal). **Source :** BOUDIAF. S, Gestion des eaux pluviales et développement durable : Cas de la région d'Aïn Temouchent, Mémoire de master, Université de Temouchent, 2024, disponible sur : <https://dspace.univ-temouchent.edu.dz/handle/123456789/4920>

➤ **Matériaux Utilisée :**

- **Matériaux structure et de stockage de l'eau :**

¹²³ Ibid. p. 35-36

	Matériaux	Porosité utile	Applications
	Grave non traitée poreuse (GNTP) d/D	30 à 40 %	Chaussées à structure réservoir, tranchées drainantes, puits ...
	Graves bitumes poreuses	10 à 20 %	Chaussées à structure réservoir...
	Béton de ciments poreux	10 à 20 %	Chaussées à structure réservoir...
	Produits creux en béton	50 à 60%	Chaussées à structure réservoir à faible trafic, tranchées...
	Structures alvéolaires ultra- légères (SAUL)	90 à 95%	Chaussées à structure réservoir, tranchées, bassins ...
	Pneumatiques	60 à 70%	Tranchées non circulées, bassins ...

Tableau 01 : Différents matériaux de structure et de stockage. **Source** : CHETTAH. S, Élaboration d'un protocole pour la gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagement, Mémoire de master, École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, 2011, p. 69, disponible sur : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01661944>

- **Matériaux de surfaces (perméables) :**

	Matériaux	Applications
	Pavés poreux (& non poreux) : perméabilité de joints	Voies d'accès très peu circulées, parking, voies piétonnes, tranchée non circulée...
	Dalles poreuses	Voies d'accès très peu circulées, parking, voies piétonnes, ...
	Graves non traitées poreuses (GNTP)	Zones non circulées : espaces piétons, voies d'accès, parking ; surf de puits, tranchée, etc.
	Béton bitumineux drainant (BBDr)	Chaussée à structure réservoir (voirie circulée ou piétonne, parking), tranchée.
	Béton de ciment drainant	Chaussée à structure réservoir (voirie circulée ou piétonne, parking).
	Autres matériaux : dalles minérales, gazon, etc.	Voies d'accès, parkings, aires de jeux, espaces piétons.

Tableau 02 : Différents matériaux de surface .**Source** : CHETTAH. S, Élaboration d'un protocole pour la gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagement, Mémoire de master, École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, 2011, p. 70, disponible sur : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01661944>

- **Autres matériaux :**

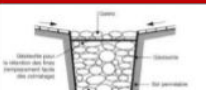



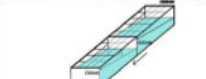
	Matériaux	Applications
	Géosynthétiques, géotextile et géomembrane	Géotextile séparation, filtration, drainage. Dispositif d'étanchéité par géomembrane (DEG)
	Systèmes d'évacuation et de drainage	Diffusion des eaux pluviales dans les matériaux de stockage (recueil localisé) ; évacuation des eaux pluviales (restitution localisée).
	Dispositifs de dépollution des eaux pluviales	En amont du stockage (recueil localisé) : dégrilleurs, dessableurs, décanteurs... >>> prévention colmatage, protection
	Systèmes de régulation et de délimitation de débit	En aval des ouvrages de stockage à restitution localisée vers un exutoire
	Autres fournitures	Cloisons, événements, systèmes anti-racines, etc.

Tableau 03: Autres matériaux .Source : CHETTAH. S, Élaboration d'un protocole pour la gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagement, Mémoire de master, École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, 2011, p. 71, disponible sur : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01661944>

4.6 Récupération et utilisation des eaux pluviales :

La collecte des eaux de pluie est une méthode ancienne utilisée dans le monde entier, et elle suscite un intérêt croissant de la part de nombreux pays, car elle constitue l'une des pratiques les plus efficaces dans la gestion durable des ressources en eau.¹²⁴

Les eaux perdues, qui provoquent parfois l'obstruction des canalisations d'égouts en raison des fortes pluies et peuvent entraîner des inondations, peuvent, au lieu d'être gaspillées, être collectées et acheminées vers des réservoirs, puis réutilisées pour l'irrigation, le nettoyage et les sanitaires.¹²⁵

4.6.1 Les réservoirs :

Les réservoirs varient selon la forme, l'emplacement et le matériau de fabrication. Les plus couramment utilisés pour la collecte des eaux de pluie sont en acier galvanisé, en béton ou en plastique. Le choix du réservoir approprié dépend de plusieurs facteurs tels que le budget, l'espace disponible, la quantité d'eau souhaitée, la durée de vie, la qualité de l'eau et le goût souhaité.

Les réservoirs sont classés selon :

Le matériau : polyéthylène haute densité (PEHD), béton armé, acier galvanisé ou bois.

¹²⁴ GUEBAIL. A, Approche non conventionnelle (récupération des eaux de pluie des toits des maisons), Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de doctorat en sciences en : hydraulique, 2017. p. 11, disponible sur : http://thesis.univ-biskra.dz/3004/1/Th%C3%A8se_142_2017.pdf

¹²⁵ Ibid. p. 11

L'emplacement : aérienne extérieure, aérienne intérieure ou enterrée.¹²⁶

4.6.2 Pompe de distribution :

Sa fonction est d'augmenter la pression de l'eau stockée pour la distribuer aux points d'utilisation. Cela peut se faire par gravité, grâce à un réservoir en hauteur, ou par une pompe de distribution. B. de Gouvello a proposé quatre types de pompes : pompe manuelle, pompe émergée, pompe de surface et pompe sur-presseur.¹²⁷

4.6.3 Filtres :

Les filtres pour l'eau de pluie visent à éliminer les impuretés telles que les feuilles, le sable, les mousses et la terre qui peuvent échapper à la phase de déviation. Ils doivent être nettoyés manuellement ou être autonettoyants.¹²⁸

Exemples:

➤ Filtres à panier :

Le filtre à panier est fabriqué en acier au carbone ou en acier inoxydable. Il retient les impuretés dans un panier amovible et nettoyable, ce qui facilite son utilisation et son entretien. Il est largement utilisé dans des secteurs tels que la pétrochimie, la pharmacie, l'énergie, le traitement de l'eau, l'automobile et l'électronique.¹²⁹



Figure73 : Filtre à panier. **Source :** <https://www.filsonfilters.com/fr/basket-strainer-ultimate-guide/>

¹²⁶ Ibid. p. 22

¹²⁷ Ibid. p. 27

¹²⁸ Ibid. p. 26

¹²⁹ SNOWATE, disponible sur : <https://www.snowate.com/ar/parts/self-cleaning-filter-housing/category/basket-filter.html>

➤ Filtre à sable :

Le filtre à sable purifie l'eau contenant des impuretés et des matières organiques comme les algues et la boue. Le sable retient les particules à l'intérieur du filtre, ce qui en fait un moyen efficace pour traiter l'eau chargée en impuretés.¹³⁰

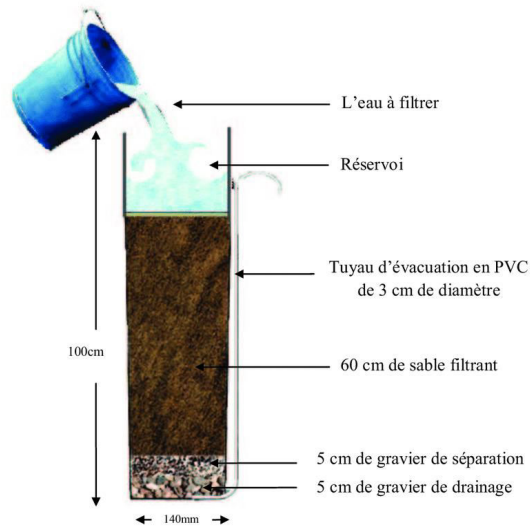


Figure 74 : Filtre à sable. **Source :** https://www.researchgate.net/figure/Schematic-representation-of-the-MBR-MBfR-set-up_fig1_356638030

4.7 Conclusion :

En conclusion, la gestion des eaux pluviales intègre à la fois des techniques traditionnelles comme les réseaux de drainage et des méthodes durables telles que la rétention et la réutilisation des eaux. Elle s'avère efficace pour lutter contre les inondations lorsqu'elle est correctement planifiée, alors qu'elle peut entraîner des conséquences négatives si sa planification est négligée. Il est donc essentiel d'en garantir l'efficacité pour assurer un avenir sécurisé.

¹³⁰ ARROSAGE DISTRIBUTION, disponible sur : <https://www.arrosage-distribution.fr/category/filtres-a-sable>

Partie Analytique

CHAPITRE N°5

Analyse de site

Chapitre N°5 : Analyse de site

5.1 Motivation de choix :

- Le Vallée des jardins se trouve dans une dépression du plateau de Mostaganem.
- C'est un point élevé qui recueille les eaux de pluie.
- Des inondations se produisent fréquemment.

5.2 Présentation de ville de Mostaganem :

La wilaya de Mostaganem est située au nord-ouest de l'Algérie. Elle s'étend sur une superficie d'environ 226 900 hectares, et sa population était estimée à environ 877 450 habitants selon les statistiques de 2018, ce qui donne une densité démographique d'environ 335 habitants par kilomètre carré. Les zones montagneuses représentent près de 11 % de la population totale de la wilaya.

La wilaya de Mostaganem est divisée en deux zones géographiques distinctes :

- Le plateau de Mostaganem, qui couvre une superficie de 88 629 hectares ;
- La région de Dahra, avec une superficie estimée à 55 060 hectares.

Elle est bordée par les wilayas suivantes :

- À l'est : Chlef et Relizane ;
- Au sud : Mascara ;
- À l'ouest : Oran ;
- Au nord : elle est baignée par la mer Méditerranée.¹³¹

¹³¹ BENABOUCHA. K, CHAKER. F.Z, et DAHAM. I, Contribution à la gestion des ressources en eau dans la wilaya de Mostaganem, Mémoire de master, Université de Tiaret, 2021, p. 3, disponible sur : <http://dspace.univ-tiaret.dz/>

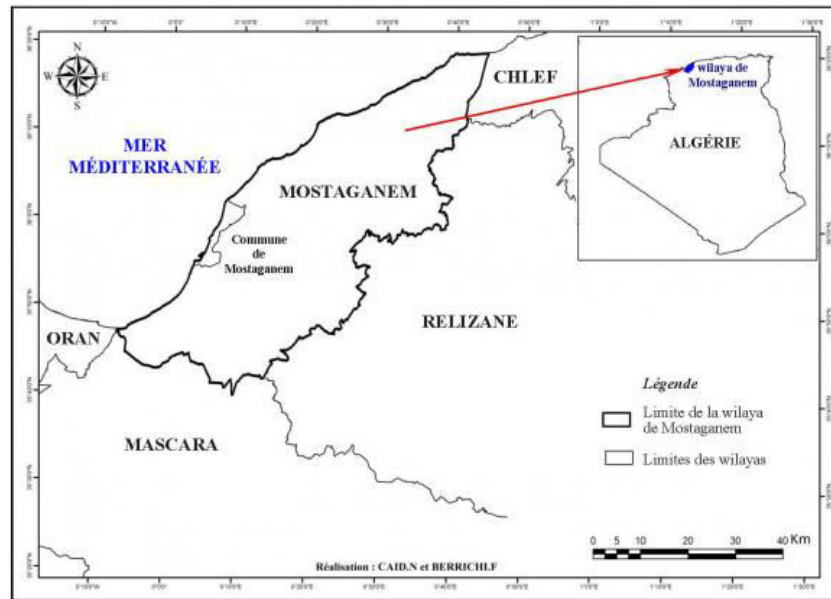


Figure 75 : Carte de ville de Mostaganem. **Source :** Analyse spatiale diachronique de l'occupation du vignoble algérien depuis 60 ans : cas de la wilaya de Mostaganem. <https://www.google.com>

5.3 Situation Géographique de la région de vallée des jardins en Mostaganem :

Le périmètre d'étude de Debdaba fait partie de la zone éparse de la commune de Sayada.

- ✓ Il s'étend sur une superficie de **85,65ha**, et il est situé au Sud de la ville de Mostaganem.
- ✓ Il est limité :
 - Au Sud, par des vergers et Debdaba centre.
 - Au Nord par un tronçon de la RN 11 et un tronçon de la RN23A, reliant la ville de Mostaganem à Alger vers l'Est et Oran vers l'Ouest
 - A l'Ouest par la route nationale 23 Reliant la ville de Mostaganem à Relizane.
 - A l'Est par des terres agricoles.¹³²

¹³² URBOR – Agence de Mostaganem, Plan d'occupation du sol (POS) de Debdaba – Commune de Sayada, phase III, édition finale, 2023. P. 7

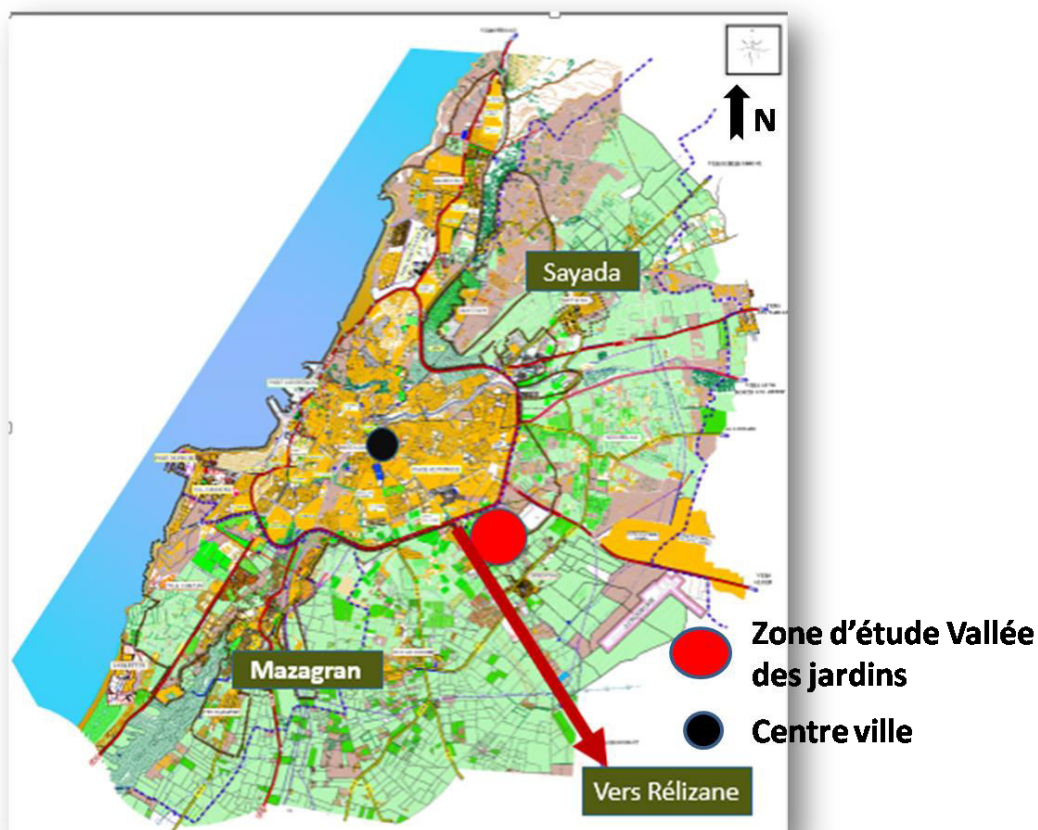


Figure 76 : Situation Géographique de la région de vallée des jardins en Mostaganem. **Source :** LYAZID. H, et KADI. M. k, Adaptation : Habiter à l'inondable. Cas de vallée des jardins, Mostaganem, Mémoire de fin d'étude, Faculté des sciences et technologies, Département d'architecture, Université de Mostaganem, 2020.

5.4 Morphologie du site :

Le site qui appartient à la zone de la vallée des jardins, constitue une dépression intégrée au plateau de Mostaganem entre l'aire urbaine de Mostaganem et l'agglomération secondaire de Debdaba. Le site constitue une zone inondable, en effet c'est un point culminant qui draine les eaux pluviales ce qui provoque souvent des inondations. De plus, compte tenu du caractère argileux du site le lit de l'écoulement des eaux subsiste dans la plupart des cas. De ce fait la plantation d'arbres est fortement recommandée pour la protection de ce site.¹³³

➤ Topographie :

La zone d'étude présente une dépression naturelle favorisant l'accumulation des eaux de pluie, avec une profondeur comprise entre 7m et 57m, 63m.

¹³³ Ibid. p. 7

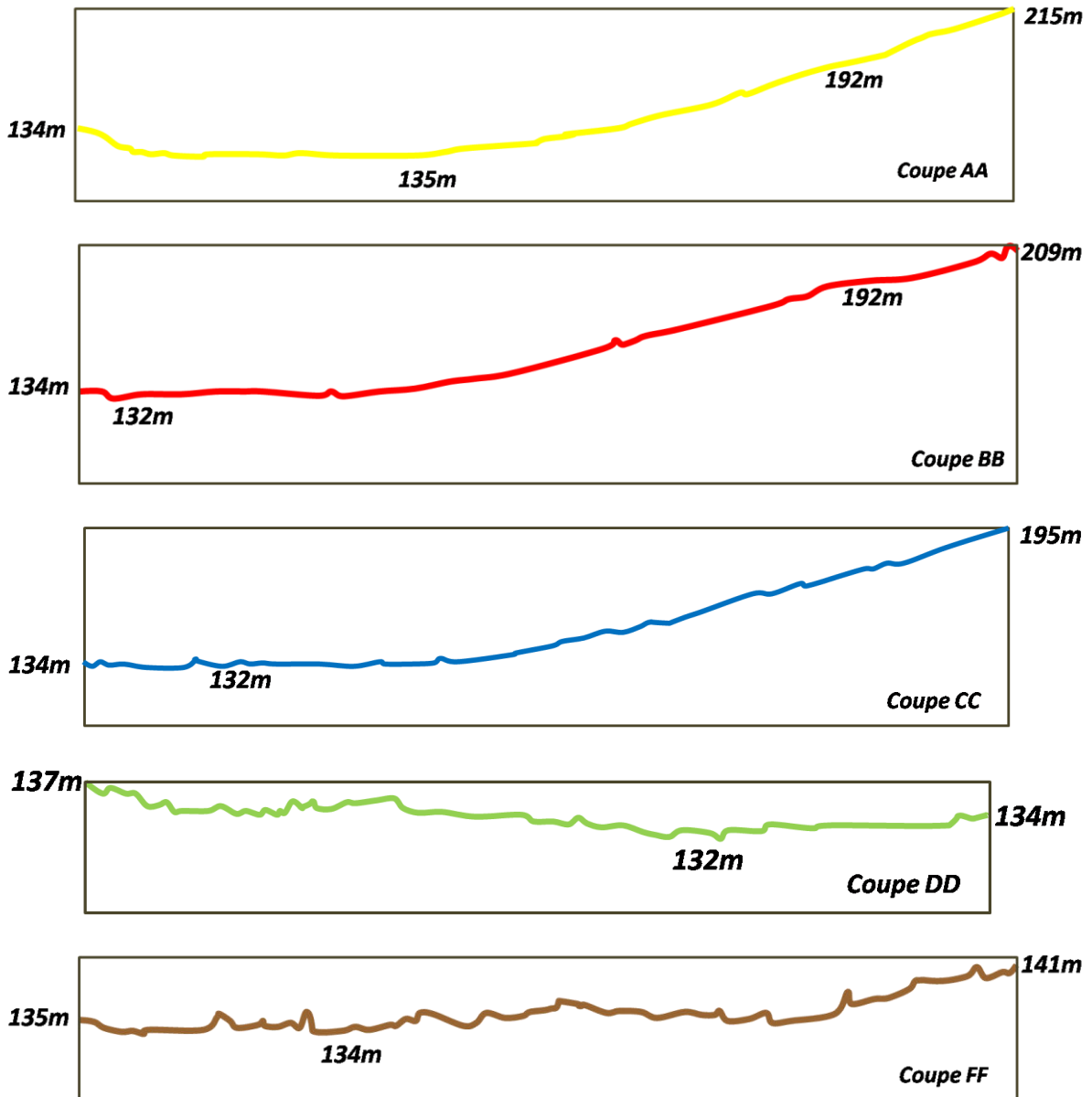
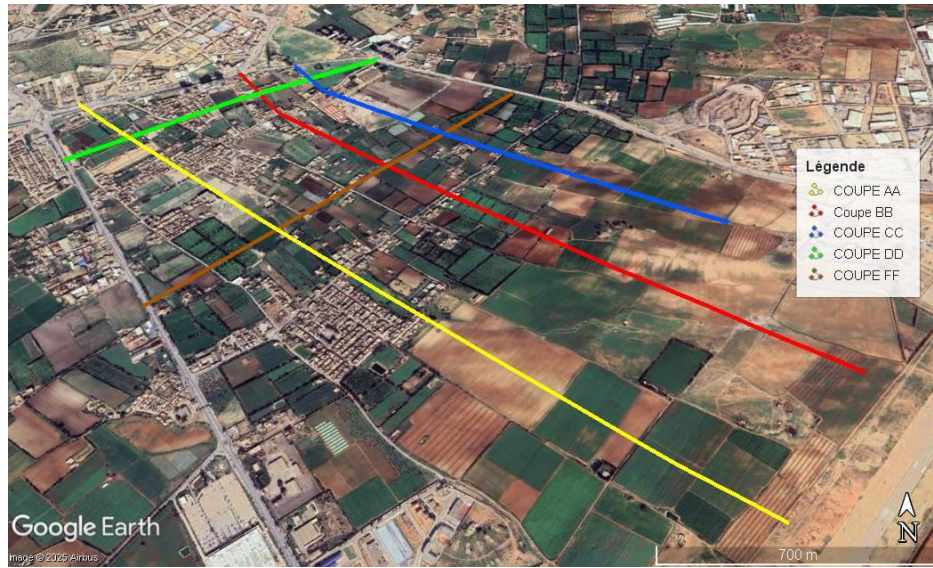


Figure 77. Image Google earth, Topographie du site. **Source:** Google earth schématisée par auteur.

5.5 Aperçu Historique :

Le nom "Dabdaba" dérive de la configuration irrégulière de son sol, formé par l'accumulation de pierres sur la terre.

Autrefois, Dabdaba était une région principalement agricole, traversée par un ruisseau, l'Oued", qui prenait sa source du mont "Aéroport". Cette caractéristique géographique lui a valu le surnom de "Vallée des jardins". Les terres étaient exploitées par cinq tribus principales : "Ben Takali", "Bouchaâchi", "Ben Moussa", "Ben Ayachi". Avec le temps, des ouvriers agricoles se sont installés dans la région, ce qui a conduit à la création de la commune de Dabdaba.¹³⁴

➤ Historique des inondations dans la région :

- « Crue de 1927 de l'oued Aïn Sefra ayant causée de gros dégâts matériels ainsi que des pertes humaines ». ¹³⁵
- « Crue du 07 novembre 2008 provoquant de nuit, des inondations dans la vallée des jardins dues à de fortes précipitations, contraignant plusieurs familles à quitter leurs demeures pour éviter le pire ». ¹³⁶
- Inondation en 2021 « la profondeur d'eaux : presque 1m ». ¹³⁷

5.6 Géologie :

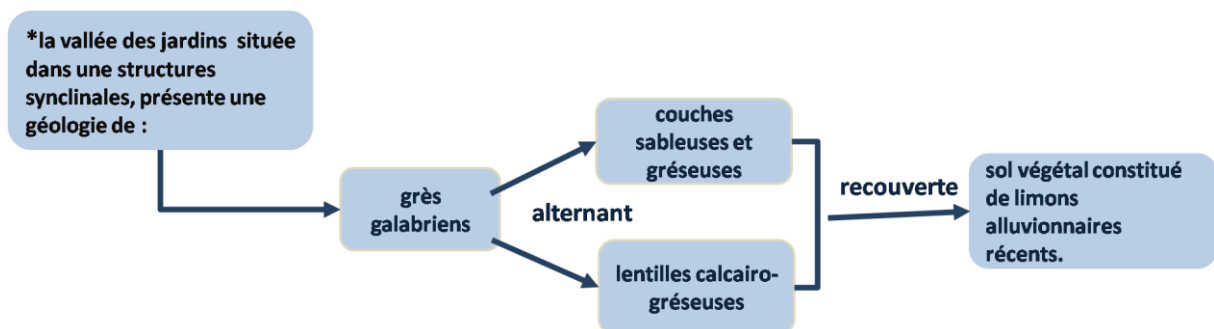


Figure 78 : Schéma d'un Géologie du site. **Source :** TIGHZER.S, et BOURAI. S, Schéma directeur d'assainissement de la vallée des jardins, Projet de fin d'études, Diplôme d'ingénieur d'État en hydraulique, 2013, disponible sur :

https://repository.enp.edu.dz/jspui/bitstream/123456789/8818/1/BOURAI.Samir_TIGHZER.Sofiane.pdf

¹³⁴ Entretien personnel avec un AGENT DE L'APC DE DABDABA, Annexe de l'APC de Sayada, le 06 novembre 2024.

¹³⁵ TIGHZER. S, et BOURAI. S, Schéma directeur d'assainissement de la vallée des jardins, Projet de fin d'études, Diplôme d'ingénieur d'État en hydraulique, 2013. p. 6, disponible sur : https://repository.enp.edu.dz/jspui/bitstream/123456789/8818/1/BOURAI.Samir_TIGHZER.Sofiane.pdf

¹³⁶ Ibid. p. 6

¹³⁷ LES HABITANTS de la région de vallée des jardins, Entretien de terrain.

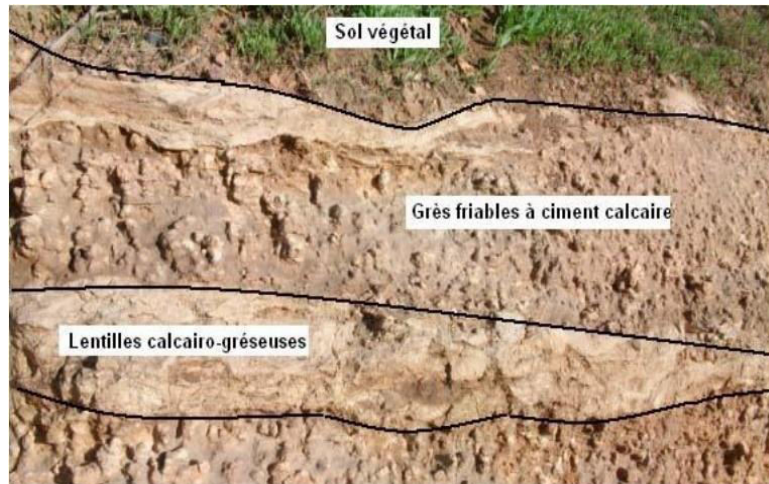


Figure 79 : Formation du Calabrien (quaternaire ancien). **Source** : TIGHZER. S, et BOURAI. S, Schéma directeur d'assainissement de la vallée des jardins, Projet de fin d'études, Diplôme d'ingénieur d'État en hydraulique, 2013, disponible sur : https://repository.enp.edu.dz/jspui/bitstream/123456789/8818/1/BOURAI.Samir_TIGHZER.Sofiane.pdf

5.7 Aperçu hydrogéologique :

Une prospection géophysique a été réalisée dans la région de la Vallée des Jardins. Elle a consisté en l'exécution de deux profils électriques ainsi que le forage d'un puits au niveau d'un point bas du bassin.

L'analyse des données obtenues, croisée avec les observations visuelles effectuées sur un puits existant dans la zone, a permis d'identifier les structures internes du sol et du sous-sol. Cela a contribué à une meilleure compréhension de la dynamique du terrain à travers la classification des unités lithologiques et hydrologiques, en plus de la délimitation des couches aquifères.

Les résultats montrent que la nappe phréatique se situe à une profondeur comprise entre 10 et 20 mètres, comme indiqué dans la figure ci-dessous.¹³⁸

¹³⁸ Ibid. p. 6

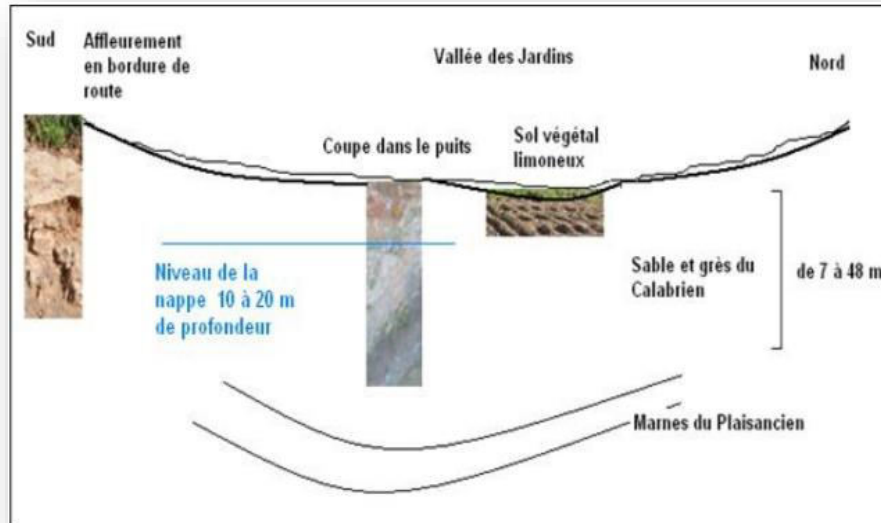
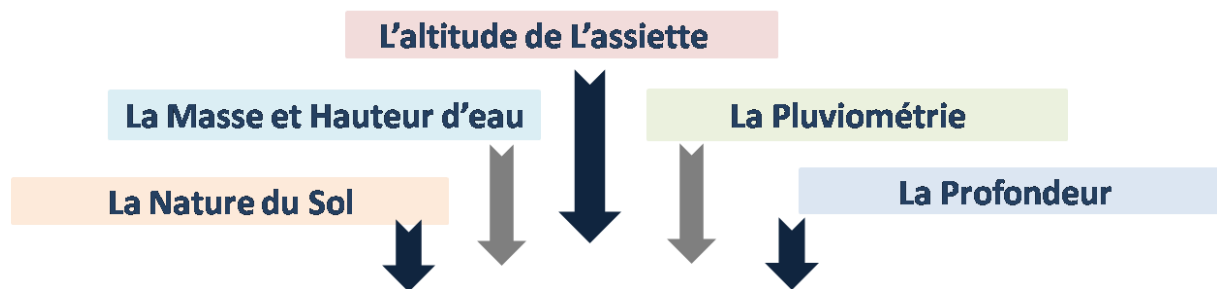


Figure 80 : Transect hydrogéologique de la zone d'étude (Vallée des jardins) .**Source** : TIGHZER. S, et BOURAI. S, Schéma directeur d'assainissement de la vallée des jardins, Projet de fin d'études, Diplôme d'ingénieur d'État en hydraulique, 2013, disponible sur : https://repository.enp.edu.dz/jspui/bitstream/123456789/8818/1/BOURAI.Samir_TIGHZER.Sofiane.pdf

5.8 Délimitation Des Zones Inondables :

- Les critères :

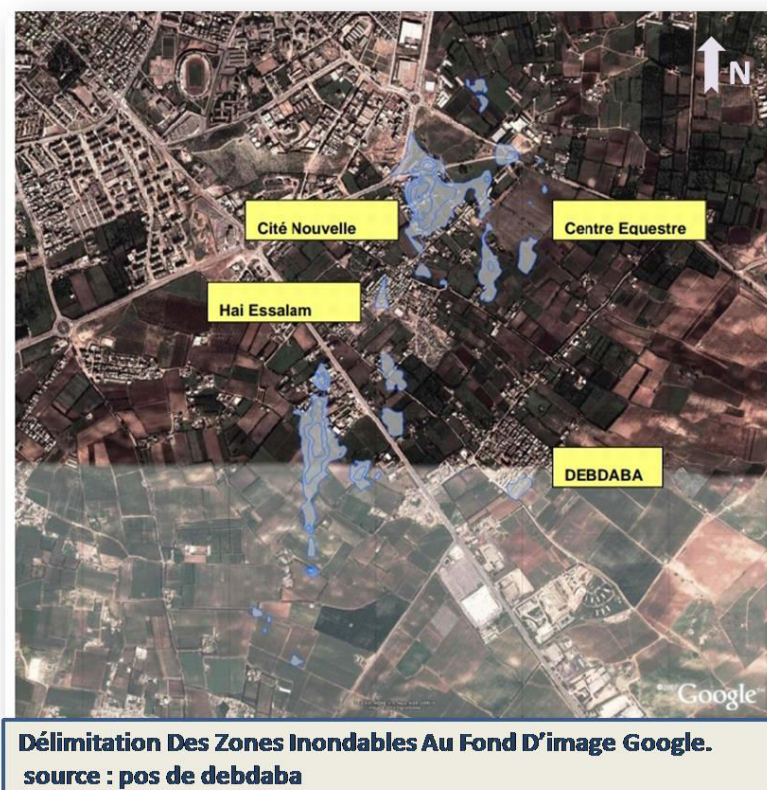


139

¹³⁹ LYAZID. H, et KADI. M. k, Adaptation : Habiter à l'inondable. Cas de vallée des jardins, Mostaganem, Mémoire de fin d'étude, Faculté des sciences et technologies, Département d'architecture, Université de Mostaganem, 2020. p. 17



Figure 81 : Carte de vulnérabilité. **Source :** LYAZID. H, et KADI. M. k, Adaptation : Habiter à l'inondable. Cas de vallée des jardins, Mostaganem, Mémoire de fin d'étude, Faculté des sciences et technologies, Département d'architecture, Université de Mostaganem, 2020.



Délimitation Des Zones Inondables Au Fond D'image Google.
source : pos de debdaba

Figure 82 : Délimitation Des Zones Inondables au fond d'image Google.**source:** DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU – Wilaya de Mostaganem, Étude d'aménagement générale du système d'assainissement pour l'ensemble de la vallée des jardins, septembre 2013.



Figure 83, 84, 85, 86,87 : Des images d'un site .source : Pages facebook vallée des jardins Mostaganem.

5.9 Les causes :

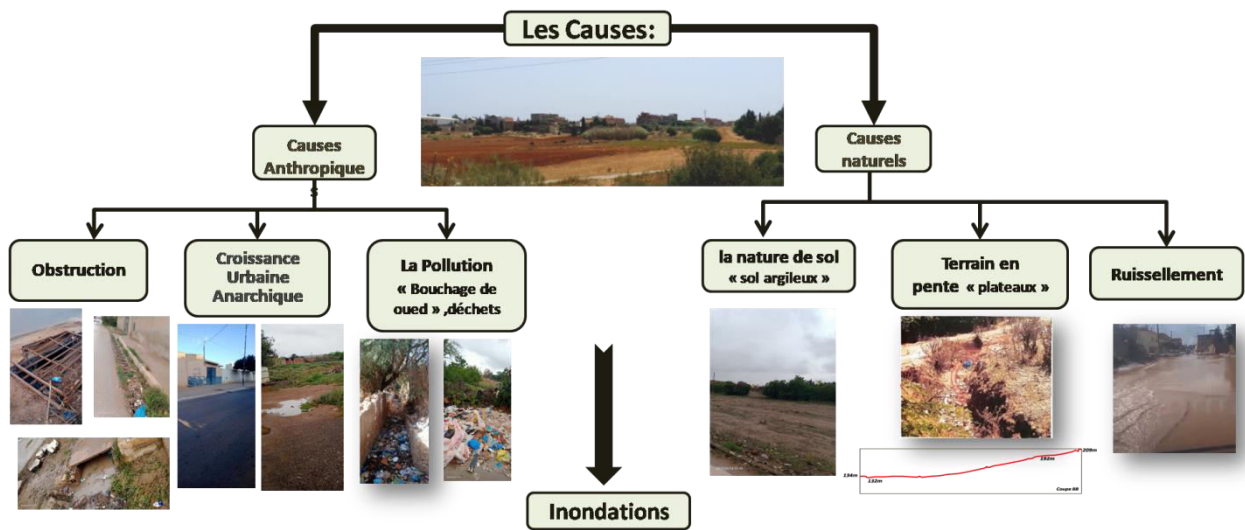


Figure 88 : Schéma des causes d'inondation dans le site. Source : auteur.

5.10 Analyse Climatique :

- La Pluviométrie :

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
P(mm)	44.64	39.65	38.37	34.8	22.63	7.18	5.49	5.23	20.32	36.23	59.88	43.8

Tableau 04: Moyenne des précipitations mensuelles de Mostaganem (1989-2024) .source: MÉTÉO BLEU ; INFOCLIMAT ; MORTET. F.A, et MAMAR. F, Contribution à l'étude des caractères climatiques et bioclimatiques dans la région de Mostaganem. Mémoire de Master en biologie, spécialité : Biodiversité et environnement, Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 2021

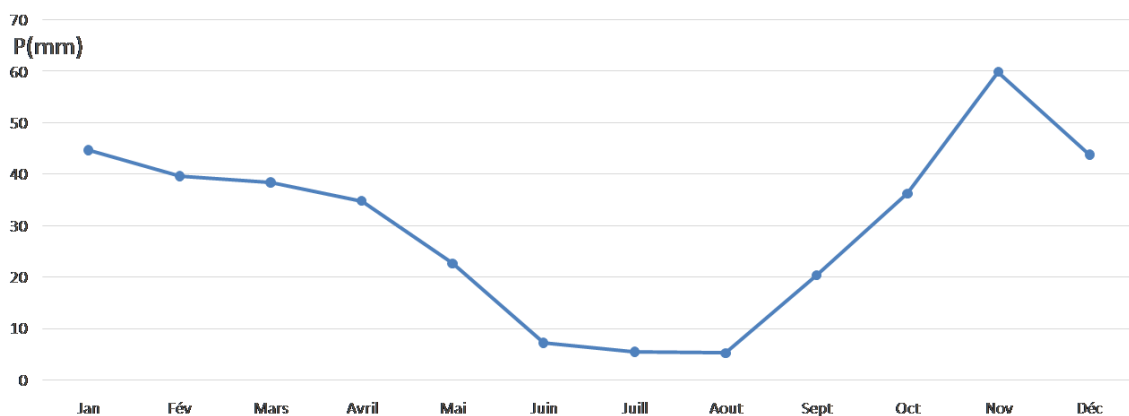


Figure 89 : Fluctuations mensuelle des précipitations de Mostaganem (1989-2024). Source : auteur.

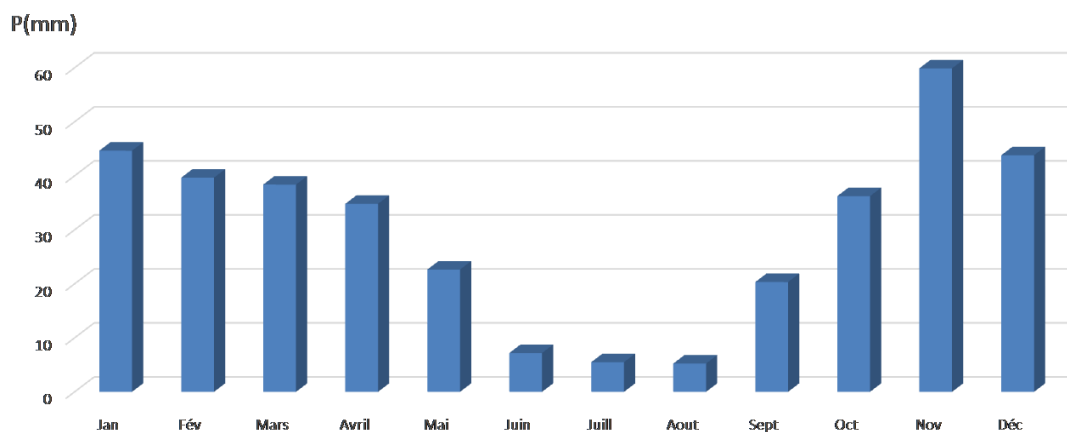


Figure 90 : Histogramme des précipitations mensuelles (1989_2024). **Source :** auteur.

➤ **Ce qui est remarquable:**

- Les mois les plus pluvieux sont novembre (59.88mm), décembre (43.8mm), janvier (44.64mm).

Années	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
P (mm)	19.76	34.68	33.2	23.68	25.2	18.15	29.48	63.28	76.46	26.68	35.67	35.01	45.68	25.87	36.91	41.03	27.4	50.72
2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
37.98	39.49	17.33	21.75	22.67	26	24.33	18.42	17.67	22.5	15.58	17.92	37.58	32.75	27.38	22.1	16.03	8.47	

Tableau 05: Moyenne des précipitations annuelles de Mostaganem (1989-2024) .**source :** MÉTÉO BLEU ; INFOCLIMAT ; MORTET. F.A, et MAMAR .F, Contribution à l'étude des caractères climatiques et bioclimatiques dans la région de Mostaganem. Mémoire de Master en biologie, spécialité : Biodiversité et environnement, Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 2021

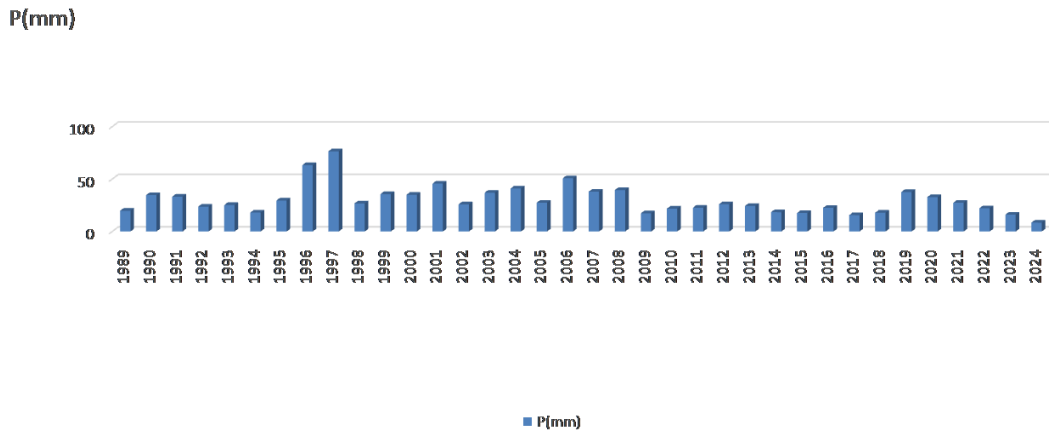


Figure 91 : Histogramme des précipitations annuelles de Mostaganem (1989-2024). **Source :** auteur.

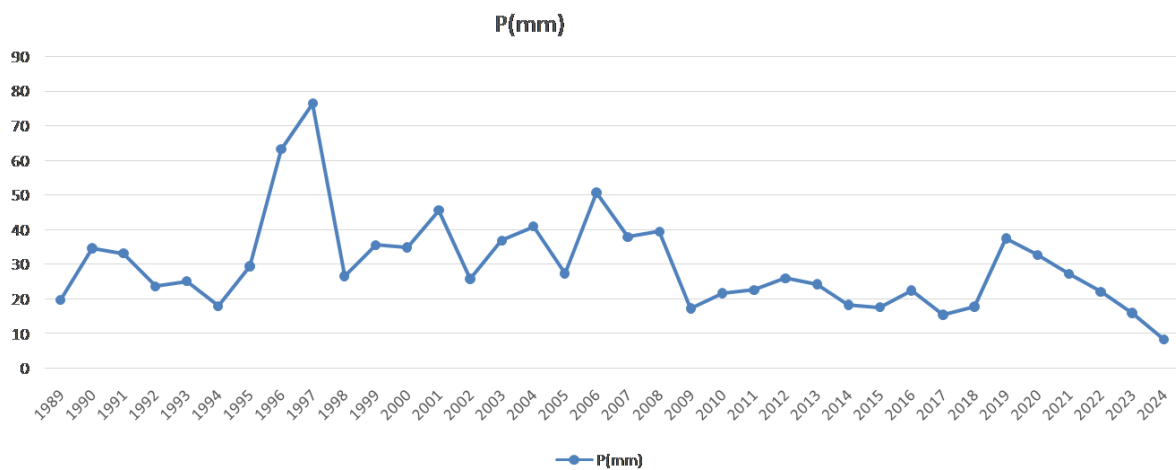


Figure 92 : Fluctuations annuelles des précipitations de Mostaganem (1989-2024). **Source :** auteur.

➤ **Ce qui est remarquable :**

- les années les plus pluvieuses sont 1996 (63.28mm), 1997(76.46mm), 2006(50.72mm).

Saisons	Automne	Hivers	Printemps	Eté
Mois	Sep-Oct-Nov	Déc-Jan-Fév	Mar-Avr-Mai	Jui-Juil-Aou
P (mm)	38.81	42.7	31.93	5.97
(%)	32.5	35.76	26.74	5

Tableau 06: Le régime saisonnier des précipitations de Mostaganem (1989-2024). **Source :** MÉTÉO BLEU ; INFOCLIMAT ; MORTET. F.A, et MAMAR. F, Contribution à l'étude des caractères climatiques et bioclimatiques dans la région de Mostaganem. Mémoire de Master en biologie, spécialité : Biodiversité et environnement, Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 2021

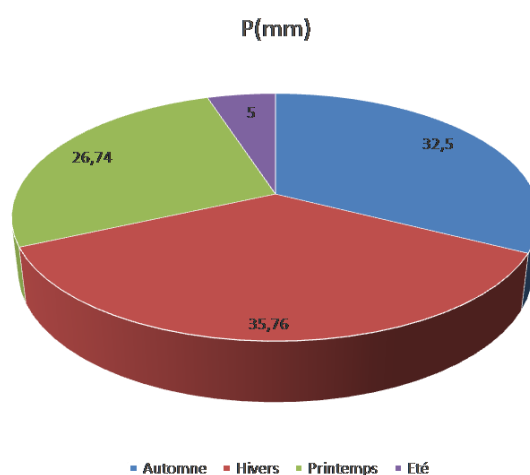


Figure 93 : Précipitations moyennes saisonnières de Mostaganem pour la période (1989-2024). **Source :** auteur.

➤ **Ce qui est remarquable :**

- l'hiver est la saison la plus pluvieuse « 35.76% ».

Synthèse :

Après l'analyse des statistiques pluviométriques, il s'est avéré que pendant les années où il y a eu des pluies abondantes, aucune inondation ne s'est produite, tandis que pendant les années où les précipitations ont été faibles, des inondations ont eu lieu. De cela, nous concluons qu'il existe d'autres causes derrière les inondations en plus de la quantité de pluie.

5.11 Analyse hydraulique:

1. Trace Du Réseau de Drainage Existant :

Le réseau de drains existants de la vallée des jardins peut être décomposé en 07 tronçons :

- Le premier tronçon est localisé au sud de la vallée des jardins, il débute à l'entrée sud de Debdaba pour aboutir à Hai Salem.
- Le second est considéré comme une rigole vue sa faible profondeur, il passe au nord du CEM Debdaba et suit la rue de la mosquée pour aller rejoindre le tronçon 1.
- Le troisième tronçon, en terre naturelle, démarre de la jonction des tronçons 1 et 2 et aboutit au sud du centre équestre.
- Le quatrième est un drain en terre, il passe au sud du centre équestre pour aller rejoindre le tronçon 3.
- Le cinquième tronçon démarre de la jonction des tronçons 3 et 4, il passe entre le centre équestre et la cité nouvelle. Il est en partiellement maçonné.
- Le sixième tronçon, situé au nord du centre équestre va rejoindre le tronçon 5 au nord de la cité nouvelle. Il est entièrement en terre.
- Le dernier tronçon débute de la jonction des tronçons 5 et 6 et se dirige vers l'entrée de la galerie existante.¹⁴⁰

¹⁴⁰ DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU – Wilaya de Mostaganem, Étude d'aménagement générale du système d'assainissement pour l'ensemble de la vallée des jardins, septembre 2013. p. 6

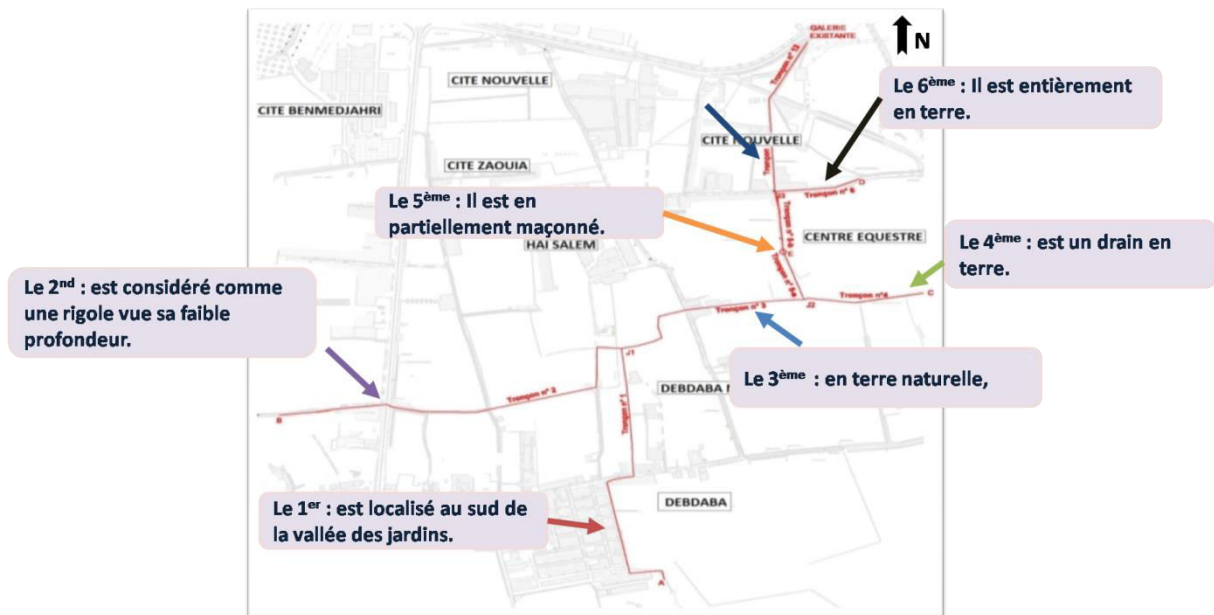


Figure 94 : Tracé du réseau de drainage existant (calés sur les plans urbains élaborés par M. Belarbi en 2007).**Source :** DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU – Wilaya de Mostaganem, Étude d’aménagement générale du système d’assainissement pour l’ensemble de la vallée des jardins, septembre 2013.

2. Solution ponctuelle :

La solution d’aménagement retenue est un tunnel de forme circulaire qui démarrera du point bas de la dépression de la vallée des jardins et se dirigera vers l’Est. Son itinéraire souterrain suit en majeure partie la Nationale N°23 A, pour aboutir dans le canal existant sur l’Oued Ain-Sefra, à l’aval du pont de la même RN. ¹⁴¹

¹⁴¹ Ibid. p. 18

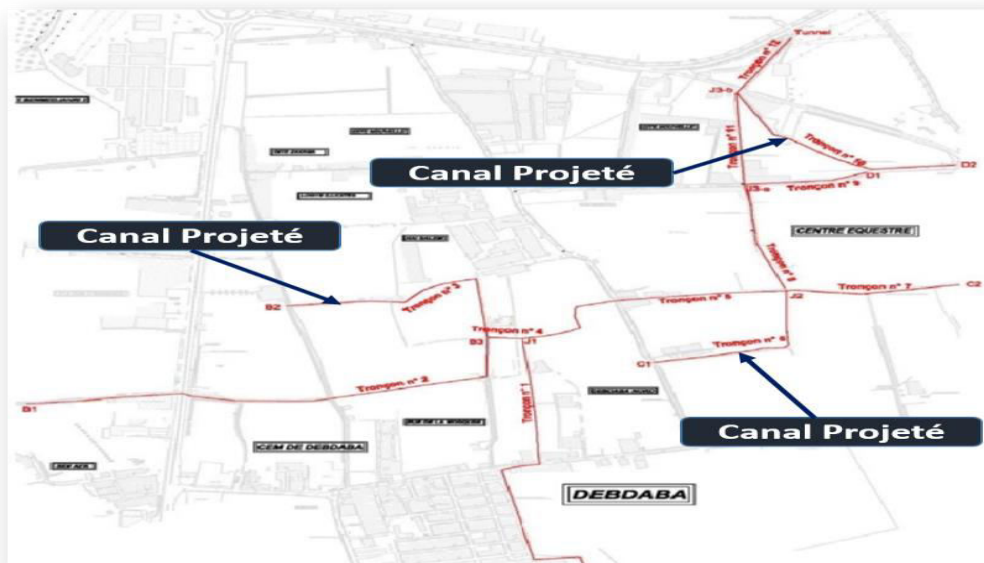


Figure 95: Tracé du réseau de drainage projeté. **Source :** TIGHZER. S, et BOURAI. S, Schéma directeur d’assainissement de la vallée des jardins, Projet de fin d’études, Diplôme d’ingénieur d’État en hydraulique, 2013, disponible sur : https://repository.enp.edu.dz/jspui/bitstream/123456789/8818/1/BOURAI.Samir_TIGHZER.Sofiane.pdf

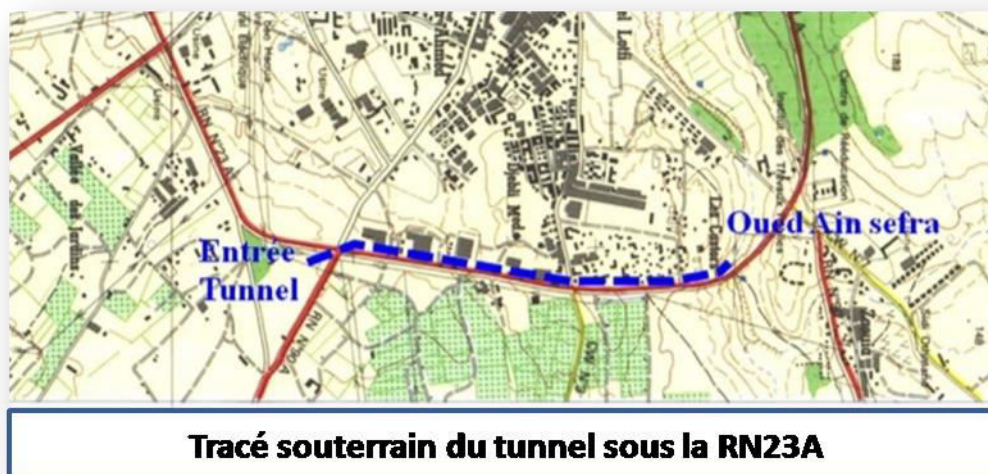


Figure 96 : Tracé souterrain du tunnel sous la RN23A. **Source :** DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU – Wilaya de Mostaganem, Étude d’aménagement générale du système d’assainissement pour l’ensemble de la vallée des jardins, septembre 2013.

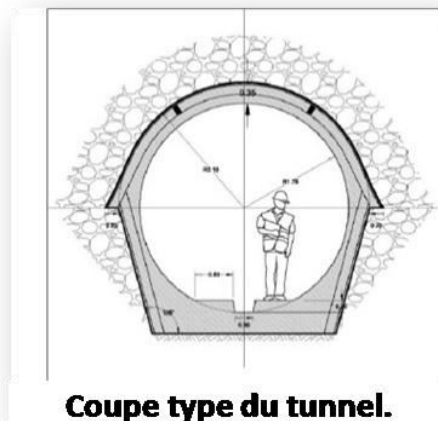


Figure 97 : Coupe du tunnel. **Source :** DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU – Wilaya de Mostaganem, Étude d'aménagement générale du système d'assainissement pour l'ensemble de la vallée des jardins, septembre 2013.

3. Réseaux hydrographique :

L'eau se dirige vers les rivières en suivant les ramifications du réseau hydrographique. Ce transfert est influencé par plusieurs facteurs tels que : la géomorphologie (forme et relief du terrain), les couches souterraines, les caractéristiques du sol (pédologie), et le couvert végétal, entre autres.

Le débit des eaux dans les rivières dépend largement de la structure du réseau hydrographique, qui comprend : la longueur des cours d'eau, la surface des bassins versants à chaque point, et le degré de pente.¹⁴²

¹⁴² TIGHZER. S, et BOURAI. S, Schéma directeur d'assainissement de la vallée des jardins, Projet de fin d'études, Diplôme d'ingénieur d'État en hydraulique, 2013. p. 18

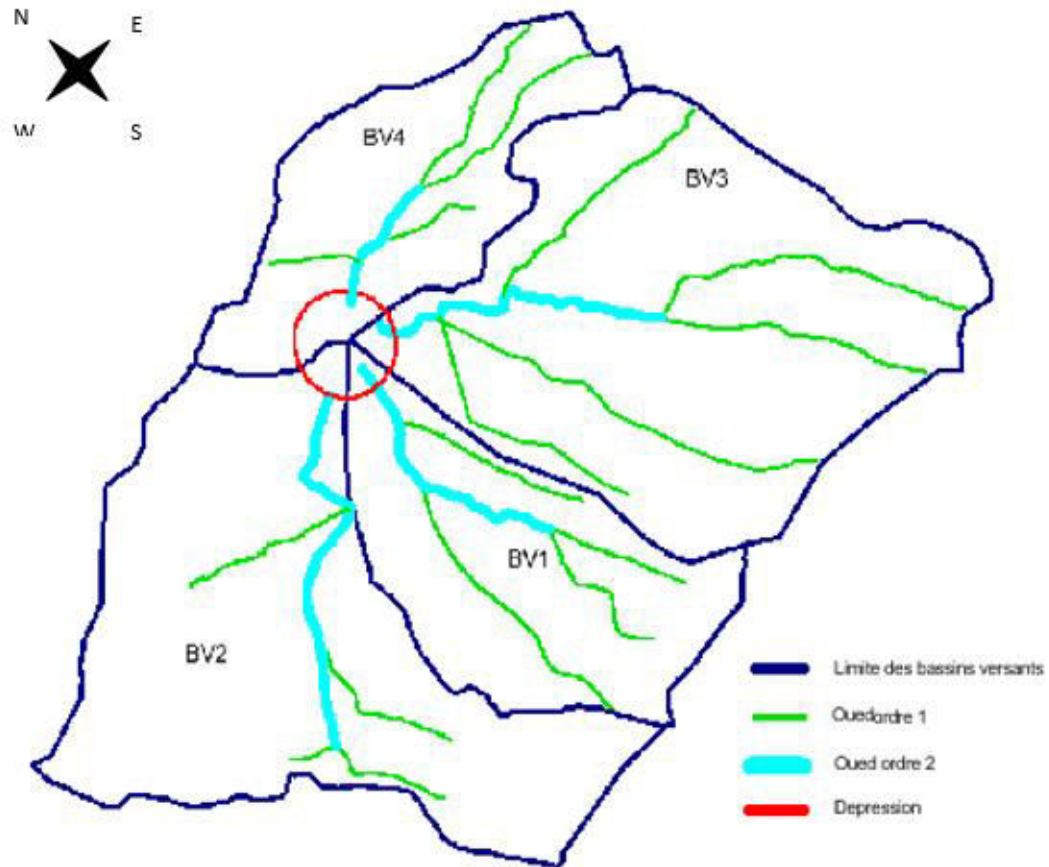


Figure 98 : Réseaux hydrographique .source : TIGHZER. S, et BOURAI. S, Schéma directeur d'assainissement de la vallée des jardins, Projet de fin d'études, Diplôme d'ingénieur d'État en hydraulique, 2013, disponible sur : https://repository.enp.edu.dz/jspui/bitstream/123456789/8818/1/BOURAI.Samir_TIGHZER.Sofiane.pdf

5.12 Analyse Paysagère :

5.12.1 Accessibilité, et Repères :

➤ Accessibilité :

Le site est accessible grâce à sa position stratégique par deux voies : la première est physique, représentée par les chemins piétonniers intégrés dans l'infrastructure ; la seconde est visuelle, définie par ses limites mécaniques constituées par les routes croisées, telles que la RN23 et les axes menant au centre-ville, en plus de la possibilité d'y accéder par la voie dédoublée 07 reliant Debdaba à Sidi Fellag.

➤ Il est repéré par:

- .La gare routière.
- Zaouïa el alawiya.
- Aéroport.
- Direction d'agriculture de Mostaganem.

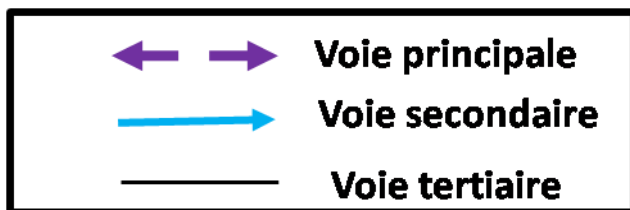


Figure 100: Schéma des voiries de la zone de vallée des jardins. Source : auteur.

5.12.3 Bâti et non bâti :

On constate que les espaces non bâtis sont plus étendus que les espaces bâtis, en raison de la localisation de la zone dans un milieu semi-urbain dominé par les terres agricoles.

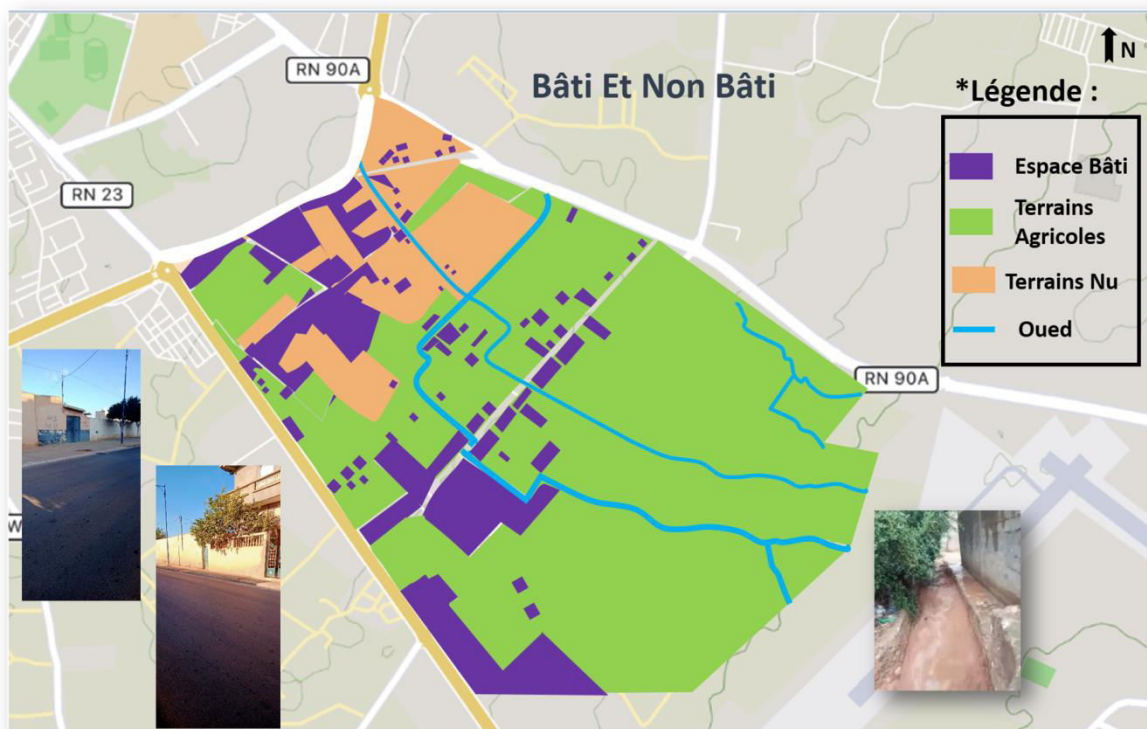


Figure 101: Schéma des bâti et non bâti de vallée des jardins. **Source :** auteur.

- **Etat du bâti :**

Etat du bâti	Nombre de logement	%
Bon	474	51
Moyen	117	12,6
Vétuste	337	36.3
Total	928	100

Tableau 07: Etat de bâti de vallée des jardins. **Source :** URBOR – Agence de Mostaganem, Plan d’occupation du sol (POS) de Debdaba – Commune de Sayada, phase III, édition finale, 2023.

- L’examen du cadre bâti des logements fait apparaître l’existence de l’habitat précaire, soit 36,3% sous forme de bidonvilles qui nécessitent leur éradication. Le reste du

parc logement est dans un état bon et moyen est évalué à 591 unités, soit 63,60 % du parc total, nécessitant une restructuration.¹⁴³

- **Occupation du sol :**

- ✓ Le site est occupé essentiellement par l'habitat individuel, implantés d'une manière spontanée et hétérogène sur l'ensemble du périmètre du P.O.S, sans une étude préalable sur des terres agricoles et si aucune mesure n'est prise, ce phénomène constituera un problème pour cette zone qui est appelée à constituer une couronne verte (selon la réglementation du PDAU).
- ✓ Ce site regroupe aussi quelques équipements seulement de niveau différencié :
 - Un centre de vieillesse.
 - Une mosquée.
 - Une école.
 - Aire de jeux.
 - La Zaouia.¹⁴⁴

5.12.4 Etat de fonction :

Le site est situé dans un milieu semi-urbain, où la proportion des terres agricoles dépasse celle des constructions et autres activités, en raison de la nature du sol, inadaptée à la construction. Cependant, l'intervention humaine à travers une expansion urbaine anarchique sur les terres agricoles a aggravé le problème des inondations dans cette zone.

¹⁴³ URBOR – Agence de Mostaganem, Plan d'occupation du sol (POS) de Debdaba – Commune de Sayada, phase III, édition finale, 2023. p. 9

¹⁴⁴ Ibid. p. 11

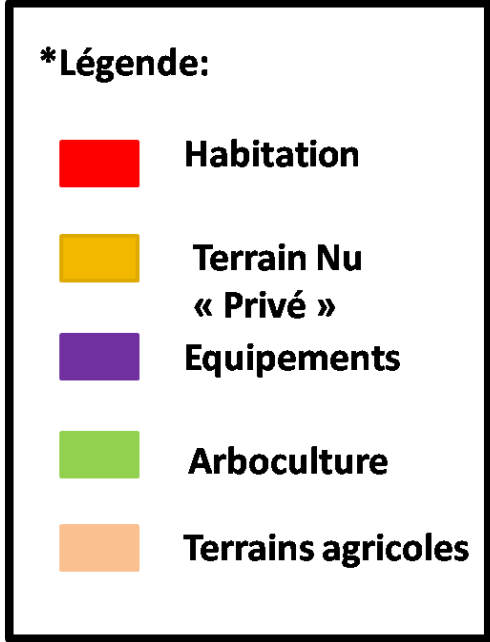
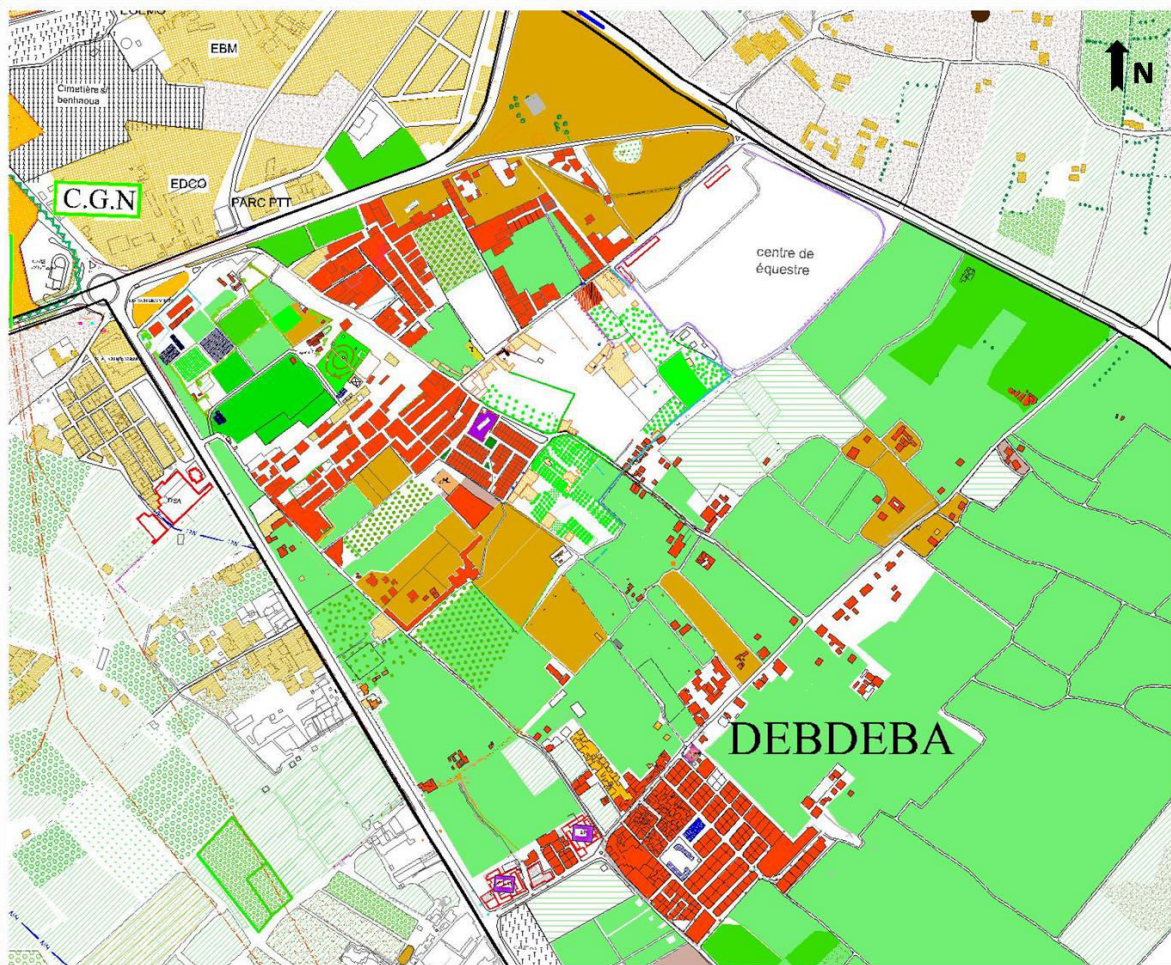


Figure 102 : Schéma d'un état de fonction. Source : auteur.

5.12.5 Systèmes Parcelaires :

Le site comprend des parcelles aux formes géométriques variées, non ordonnées et disposées de manière anarchique, avec une absence d'harmonie. Certaines de ces parcelles sont implantées de façon aléatoire sur des terres agricoles, ce qui a accru la vulnérabilité de la zone face au risque d'inondation.

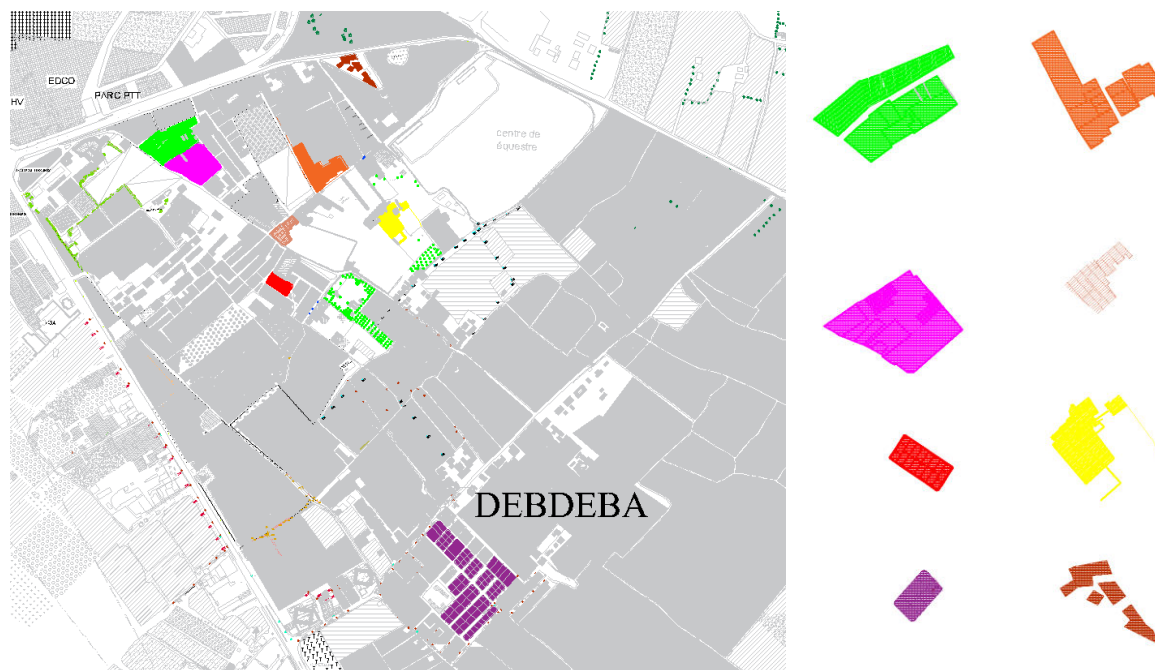


Figure 103 : Schéma d'un système parcellaire. **Source :** auteur.

5.13 Synthèse :

À partir des études analytiques menées sur la région de vallée des jardins, les causes profondes des inondations ont été identifiées, réparties entre des causes naturelles et d'autres d'origine humaine. La cause principale réside dans l'obstruction du ruissellement des eaux pluviales en raison de l'expansion urbaine anarchique. Cette situation nécessite l'adoption de solutions basées sur des concepts de résilience bien étudiés et leur application sur le site, notamment par la réduction de la densité de population pour faciliter le ruissellement, l'aménagement des espaces et des terres agricoles et leur transformation en zones résilientes, en utilisant des techniques disponibles pour faire face aux inondations et valoriser les eaux pluviales comme ressource durable.

CHAPITRE N°6

Exemples similaires

Chapitre N°6 : Analyse des exemples similaires

6.1 Introduction :

L'analyse thématique constitue une étape essentielle avant le lancement de tout projet architectural. Elle consiste à étudier des exemples de projets similaires à celui à réaliser, dans le but de comprendre les caractéristiques du projet, d'analyser sa forme ainsi que ses composantes fonctionnelles, de cerner les techniques et les matériaux utilisés, et d'examiner les solutions précédemment adoptées.

Dans ce chapitre, une série d'exemples de projets de quartiers résilients et villes éponge ont été analysés afin de mieux comprendre les techniques mises en œuvre pour la gestion des eaux pluviales, ainsi que les solutions adoptées pour faire face aux risques d'inondation.

Ces exemples contribuent à renforcer notre compréhension du projet et à nous permettre de le concevoir de manière efficace et durable, en s'appuyant sur des solutions réalistes et éprouvées pour relever les défis posés.

6.2 Exemples des quartiers résilients :

6.2.1 Quartier Matra, Romorantin lanthenay, France :

Le quartier de Matra est situé dans une zone inondable, issue d'anciens terrains industriels abandonnés. Son aménagement a été achevé en 2016, et il a été conçu pour gérer les eaux de la rivière Soulder en cas d'inondation, en s'adaptant à la nature de son cours.¹⁴⁵



Figure104: Interventions dans le cadre du projet du quartier Matra. **Source:** <https://carrefour.vivreenville.org/publication/inondations-aménager-des-quartiers-résilients>.

¹⁴⁵ CARREFOUR, Vivre en Ville, Inondations : aménager des quartiers résilients, s.d.

- **Motivation de choix :**

- Il est situé dans une zone exposée aux inondations.
- Gérer les eaux pluviales.
- Les bâtiments ont été construits sur des pilotis.

- **Localisation Optimale:**

La ville dispose désormais de six hectares de terrains vacants situés dans un emplacement stratégique sur les rives de la rivière Solder, au centre-ville, suite à la fermeture des usines Matra en 2003. Ces terrains abandonnés ont été transformés en un quartier résidentiel dans le cadre d'un projet de réhabilitation, bien intégré au reste de la ville.¹⁴⁶

- **La résilience du réseau de déplacements:**

Par mesure préventif, le niveau la trame viaire du quartier a été surélevée de 1,5 mètre, soit plus de 30 centimètres au-dessus du niveau maximal des eaux enregistré, ce qui facilite l'accès aux piétons même en cas d'inondation.¹⁴⁷



Figure 105: Trottoirs surélevés accessibles malgré la crue de 2016. **Source:** <https://carrefour.vivreenville.org/publication/inondations-aménager-des-quartiers-résilients>.

- **Adaptation des bâtiments:**

Les nouveaux bâtiments ont été construits sur des pilotis d'une hauteur supérieure à 1,5 mètre. L'emprise au sol a été limitée à 20 % de la surface du terrain, conformément au principe de transparence hydraulique, qui vise à ne pas entraver l'écoulement des eaux. Par ailleurs, les

¹⁴⁶ Ibid.

¹⁴⁷ Ibid.

rez-de-chaussée exposés au risque d'inondation ont été réservés aux parkings. En outre, des plateformes d'accostage ont été aménagées au premier étage pour les services d'urgence, afin de faciliter l'évacuation en cas d'inondation sévère.¹⁴⁸



Figure106 : Maisons construites sur pilotis. **Source:** <https://carrefour.Vivre en Ville.org/publication/inondations-aménager-des-quartiers-résilients>.



Figure 107: Maisons sur pilotis épargnées lors de la crue de 2016. **Source:** <https://carrefour.Vivre en Ville.org/publication/inondations-aménager-des-quartiers-résilients>.

¹⁴⁸ Ibid.

- **Valorisation de l'eau et sensibilisation de la population :**

Un jardin municipal a été aménagé au cœur du quartier pour mettre en évidence les risques. Il sert de bassin de rétention des eaux de pluie et de nouveau lit pour la rivière en cas d'inondation, ce qui permet de canaliser l'écoulement de l'eau pendant la crue et la décrue.¹⁴⁹



Figure 108 : Le jardin de Sologne, un parc public en période normale. **Source:** <https://carrefour.Vivre en Ville.org/publication/inondations-aménager-des-quartiers-résilients>.



Figure 109 : Le jardin de Sologne, un bassin de rétention en période de crue. **Source:** <https://carrefour.Vivre en Ville.org/publication/inondations-aménager-des-quartiers-résilients>.

¹⁴⁹ Ibid.

- Certaines anciennes constructions du quartier ont été conservées en raison de leur valeur patrimoniale, et elles ont été renforcées par la consolidation de leurs fondations avec de la pierre dure.¹⁵⁰

6.2.2 Kokkedal, Fredensborg, Danemark :

En 2012, Un projet d'adaptation aux changements climatiques a été lancé dans l'un des quartiers de la ville de Fredensborg, située en bordure de la mer Baltique. Ce projet vise à gérer les risques d'inondation causés par le ruissellement et le débordement de la rivière Usserød, tout en améliorant la qualité de vie et en renforçant les liens sociaux.¹⁵¹



Figure110 : Intervention dans le cadre du projet d'adaptation au climat. **Source** : <https://carrefour.vivreenville.org/publication/inondations-aménager-des-quartiers-résilients>.

- **Motivation de choix :**

- Il est situé dans une zone exposée aux inondations près d'un fleuve.
- Gestion et collecte des eaux pluviales pour améliorer la capacité de rétention d'eau en fonction des aménagements et infrastructures paysagères.

- **Localisation Optimale :**

Le projet a été réalisé sur les rives de la rivière Usserød, dans une zone résidentielle comprenant des logements collectifs et sociaux, entourée de quartiers de maisons individuelles. Les aménagements réalisés ont permis de renforcer les liens entre les différents quartiers, tout en consolidant l'identité de la zone de Kokkedal.¹⁵²

¹⁵⁰ Ibid.

¹⁵¹ Ibid.

¹⁵² Ibid.

- **Valorisation de l'eau et sensibilisation de la population :**

Le système de gestion de l'eau a été repensé afin de le rendre partiellement visible dans la ville, en commençant par les bassins de rétention où l'eau est stockée, puis en suivant son parcours à travers des canaux de drainage menant à la rivière. Bien que ces canaux soient enterrés sous les routes, le système se distingue par son efficacité fonctionnelle, son esthétique et sa dimension éducative, permettant aux habitants de mieux comprendre le parcours de l'eau, autrefois entièrement enfoui. De plus, un réseau de passerelles facilite les déplacements entre les zones avoisinantes de la rivière.¹⁵³



Figure111 : Le chemin de l'eau à ciel ouvert. **Source:** <https://carrefour.Vivre en Ville.org/publication/inondations-aménager-des-quartiers-résilients>.



Figure112 : La valorisation de la rivière des milieux riverains. **Source :** <https://carrefour.Vivre en Ville.org/publication/inondations-aménager-des-quartiers-résilients>.

¹⁵³ Ibid.

- **La multifonctionnalité des aménagements :**

Des aménagements paysagers multifonctionnels ont été réalisés dans le but d'améliorer la capacité de rétention des eaux, afin de prévenir les risques d'inondation et de refoulement des eaux usées. Ces aménagements se sont traduits par la création de trois espaces publics comprenant un espace vert, un terrain de sport et une aire de jeux, conçus pour servir de bassins de rétention lors de fortes pluies, tout en répondant aux besoins récréatifs des habitants.

Ce système vise à gérer les eaux de pluie et à les retenir au plus près de leur point de chute, afin d'éviter qu'elles ne s'écoulent trop rapidement vers la rivière, ce qui pourrait entraîner une élévation de son niveau et provoquer des inondations.¹⁵⁴

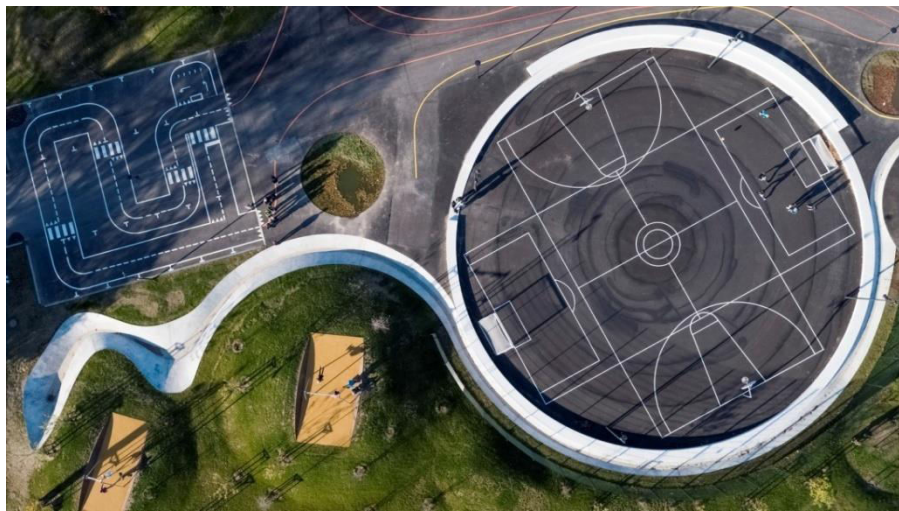


Figure113 : Espaces de jeux résilients. **Source:** <https://carrefour.Vivre en Ville.org/publication/inondations-aménager-des-quartiers-résilients>.

6.2.3 Quartiers des Rives du Bohrie, Ostwald, France :

En 2009, le quartier situé dans la plaine inondable de l'Ostwaldergraben, un affluent de la rivière Ill, a été planifié.¹⁵⁵

¹⁵⁴ Ibid.

¹⁵⁵ Ibid.



Figure 14 : Interventions dans le cadre de l'aménagement du quartier des rives du bohrie.
Source : <https://carrefour.vivreenville.org/publication/inondations-aménager-des-quartiers-résilients>.

- **Motivation de choix :**

- Il se situe dans une zone agricole exposée aux risques d'inondation.
- La gestion des eaux pluviales y est assurée par des techniques alternatives durables.
- Des constructions résidentielles ont été édifiées sur des pilotis tandis que d'autres ont été surélevées à l'aide de plateformes.

- **Localisation Optimale:**

Le quartier est un éco quartier situé dans la région d'Ostwald, conçu pour accueillir 3000 personnes. Il a été construit sur d'anciennes terres agricoles abandonnées à l'ouest de la zone. Il comprend des activités résidentielles et commerciales, ainsi que des équipements publics tels qu'une école, une crèche et un centre sportif. Le quartier vise à devenir une zone urbaine qui renforce la connexion avec le reste de la ville, grâce à sa proximité avec les lignes de bus et de tramway, en plus de la création de sentiers piétons et de pistes cyclables.¹⁵⁶

- **Adaptation des bâtiments:**

Les bâtiments ont été construits sur une prairie sujette aux inondations, certaines unités de bâtiments étant élevées sur des plateformes à plus d'un mètre de hauteur, tandis que d'autres bâtiments résidentiels ont été édifiés sur des pilotis.¹⁵⁷

¹⁵⁶ Ibid.

¹⁵⁷ Ibid.



Figure115 : Ensemble d'habitations élevé sur une plateforme au-dessus d'une prairie.
Source: <https://carrefour.vivreenville.org/publication/inondations-aménager-des-quartiers-résilients>.



Figure116 : Bâtiment édifié sur pilotis. **Source:** <https://carrefour.vivreenville.org/publication/inondations-aménager-des-quartiers-résilients>.

- **Valorisation de l'eau et sensibilisation de la population :**

La conception du projet vise à mettre en valeur la présence de l'eau, avec 30 % de sa surface dédiée à l'urbanisation, tandis que des zones naturelles telles que des prairies humides, un réseau de mares, des jardins de pluie et des zones marécageuses couvertes d'herbe ont été

aménagées. Ces zones contribuent à l'expansion des eaux lors des crues et forment un réseau vert et bleu, en plus de la conception des berges de l'étang comme lieu de promenade.¹⁵⁸



Figure 117 : Perspective sur l'étang du Bohrie. **Source:** <https://carrefour.Vivre en Ville.org/publication/inondations-aménager-des-quartiers-résilients>.

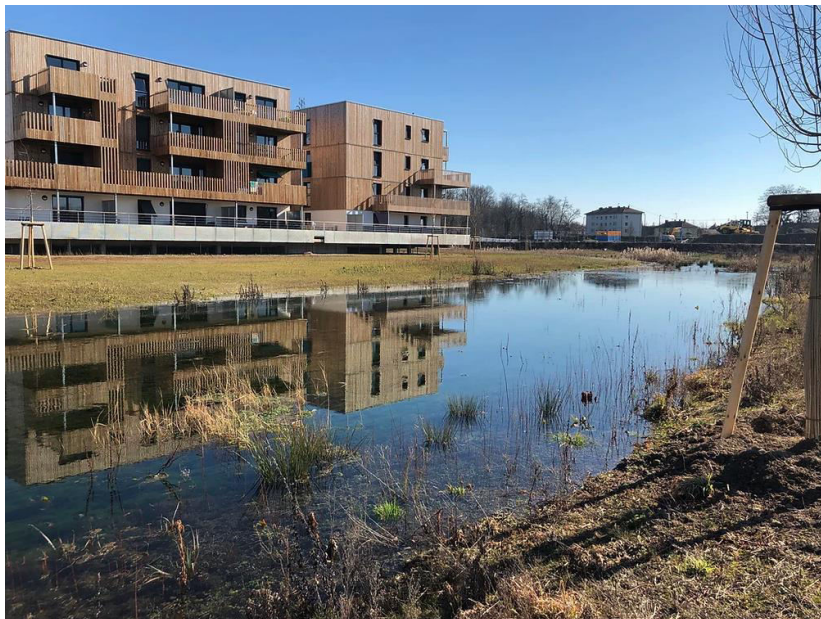


Figure 118: Valorisation des zones humides. **Source:** <https://carrefour.Vivre en Ville.org/publication/inondations-aménager-des-quartiers-résilients>.

¹⁵⁸ Ibid.



Figure119 : Sentier de promenade autour de l'étang du Bohrie. **Source:** <https://carrefour.vivre-en-ville.org/publication/inondations-aménager-des-quartiers-résilients>.

6.3 Exemples des villes éponge :

6.3.1 La Nouvelle Zone de Liangjiang à Chongqing (Chine) :

Le 4 novembre 2016, le journal China Daily a rapporté le succès de la Nouvelle Zone de Liangjiang à Chongqing (Chine) dans l'application du projet de « ville éponge » comme solution efficace contre les inondations. La zone de Yuelai New City a réussi à drainer les eaux de pluie tombées durant une semaine entière, sans enregistrer d'inondations notables.¹⁵⁹



Figure 120 : la nouvelle ville de yuelai, située dans la nouvelle zone de liangjiang « ville éponge ». **Source** : CHINA DAILY, La ville éponge de Chongqing prévient les inondations. 2016, 4 novembre, disponible sur : https://www.chinadaily.com.cn/regional/chongqing/liangjiang/2016-11/04/content_27278758.htm

¹⁵⁹ CHINA DAILY, La ville éponge de Chongqing prévient les inondations. 2016, 4 novembre, disponible sur : https://www.chinadaily.com.cn/regional/chongqing/liangjiang/2016-11/04/content_27278758.htm

- ✓ **Les aménagements réalisés à Yuelai New City :**
- En 2015, des infrastructures « éponges » ont été mises en place, comprenant un réseau de canaux, de bassins et de lacs, ainsi que des trottoirs et allées perméables capables d'absorber directement les eaux pluviales.
 - Les parkings ont également été transformés en surfaces perméables, végétalisées avec des arbres et des haies naturelles, remplaçant les revêtements classiques.¹⁶⁰



Figure 121: Des trottoirs capables d'absorber instantanément l'eau et des parkings perméables partout dans la nouvelle ville de yuelai à Chongqing. **Source :** CHINA DAILY, La ville éponge de Chongqing prévient les inondations. 2016, 4 novembre, disponible sur : https://www.chinadaily.com.cn/regional/chongqing/liangjiang/2016-11/04/content_27278758.htm

- ✓ Ce projet a permis de transformer un défi climatique « les fortes précipitations » en une opportunité de gestion durable de l'eau, en s'appuyant sur des solutions écologiques et flexibles, alternatives aux infrastructures traditionnelles en béton.¹⁶¹

6.3.2 Les principes adoptés pour la création des villes éponges :

Les villes éponges visent à permettre à l'eau de pluie de s'infiltrer lentement dans le sol, au lieu d'être rapidement évacuée par des infrastructures en béton. Elles utilisent des cours d'eau

¹⁶⁰ Ibid.

¹⁶¹ Ibid.

naturelles et des espaces verts pour réduire les risques d'inondation et s'adapter aux conditions climatiques.¹⁶²



Figure 122: Des voies d'eau naturelles en milieu urbain. **Source :** GREEN FUTURE, La Chine se développe dans les villes éponges. Greenfue. 2024, 31 mars, disponible sur : <https://greenfue.com/الإسفنجية-المدن-في-تتوسع-الصين/>

- **Purification de l'eau et réduction de la pollution :**

Elles reposent sur des sols perméables, des plantes et des micro-organismes pour filtrer l'eau, réduisant ainsi la dépendance aux systèmes industriels énergivores. L'eau de pluie peut être réutilisée pour l'irrigation ou le nettoyage.¹⁶³



Figure 123: Le revêtement des rues dans les villes éponges. **Source :** GREEN FUTURE, La Chine se développe dans les villes éponges. Greenfue. 2024, 31 mars, disponible sur : <https://greenfue.com/الإسفنجية-المدن-في-تتوسع-الصين/>

¹⁶² GREEN FUTURE, La Chine se développe dans les villes éponges. Greenfue. 2024, 31 mars, disponible sur : <https://greenfue.com/الإسفنجية-المدن-في-تتوسع-الصين/>

¹⁶³ Ibid.

- **Réduction des inondations :**

Allouer seulement 1 à 6 % de la surface urbaine au drainage permet d'éviter la majorité des inondations, même les plus extrêmes. Les bâtiments doivent être conçus pour résister à la montée des eaux lorsque cela est nécessaire.¹⁶⁴



Figure 124: Des inondations dont souffrent les villes chinoises. **Source :** GREEN FUTURE, La Chine se développe dans les villes éponges. Greenfue. 2024, 31 mars, disponible sur : <https://greenfue.com/الإسفنجية-المدن-في-تنوع-الصين/>

- **Lutte contre le changement climatique :**

Les villes éponges consomment moins d'énergie et de ressources que les infrastructures classiques. Elles réduisent la chaleur urbaine et les émissions de carbone, constituant ainsi un moyen efficace de s'adapter au changement climatique et d'y faire face.¹⁶⁵



Figure 125 : Les espaces verts garantissent la vie naturelle. **Source :** GREEN FUTURE, La Chine se développe dans les villes éponges. Greenfue. 2024, 31 mars, disponible sur : <https://greenfue.com/الإسفنجية-المدن-في-تنوع-الصين/>

¹⁶⁴ Ibid.

¹⁶⁵ Ibid.

- **Renforcement de la biodiversité :**

Les espaces verts favorisent la flore et la faune, et offrent des zones de loisirs aux habitants, améliorant ainsi leur qualité de vie.¹⁶⁶



Figure 126: Les zones humides préservent la biodiversité. **Source :** GREEN FUTURE, La Chine se développe dans les villes éponges. Greenfue. 2024, 31 mars, disponible sur : <https://greenfue.com/الإسفنجية-المدن-في-تتوسع-الصين/>

- **Opportunités en urbanisme :**

Bien que souvent mises en œuvre dans des villes déjà développées, les villes éponges peuvent aussi être intégrées dans la planification des nouvelles zones urbaines, notamment dans les pays en développement, permettant des économies et une meilleure résilience face aux crises climatiques.¹⁶⁷

¹⁶⁶ Ibid.

¹⁶⁷ Ibid.



Figure 127: Jardins sur les toits. **Source :** GREEN FUTURE, La Chine se développe dans les villes éponges. Greenfue. 2024, 31 mars, disponible sur : <https://greenfue.com/الإسفنجية-المدن-في-توسع-الصين/>

6.3.3 parc éponge à Montréal « parc plateau mont-royal » :

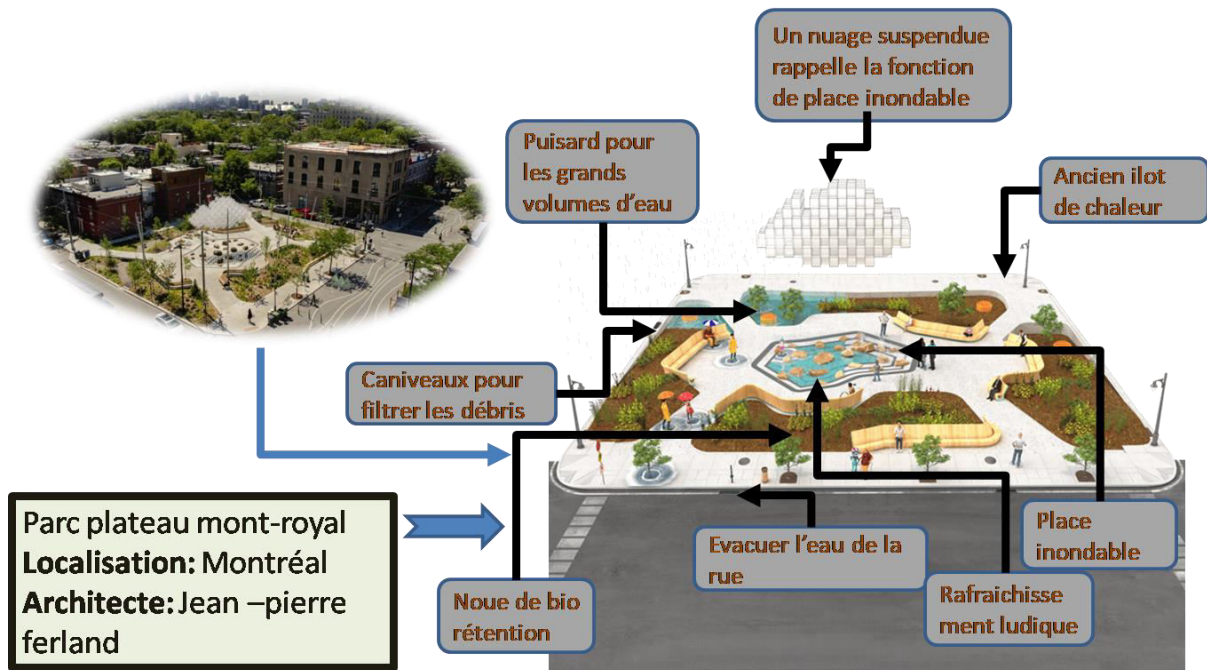


Figure 128 : Parc éponge à Montréal. **Source :** JOURNAL DE MONTREAL, Comment un parc éponge soulage les égouts. Le Journal de Montréal, 2023, 7 novembre, disponible sur : <https://www.journaldemontreal.com/2023/11/07/comment-un-parc-eponge-soulage-les-egouts>

6.5 Synthèse :

À travers l'analyse de ces exemples, nous avons pu comprendre un projet de quartier résilient situé dans une zone inondable, et projet de ville éponge. Les résultats et les solutions adoptées ont été résumés comme suit :

- ✓ Application des concepts de résilience , et ville éponge aux zones inondables, en aménageant les espaces non bâtis et en les transformant en espaces verts, ce qui contribue à réduire les risques d'inondation et à accélérer le retour à la normale après leur survenue.
- ✓ Adaptation à l'environnement inondable en surélevant les bâtiments sur pilotis.
- ✓ Utilisation de techniques urbaines alternatives pour gérer les eaux pluviales vers des zones spécifiquement aménagées pour les retenir.

CHAPITRE N°7

Genèse et développement du projet.

Chapitre N°7: Genèse et développement du projet

7.1 Introduction :

Après avoir mené des recherches sur le sujet, l'avoir approfondi, analysé le site d'intervention et étudié des cas similaires, nous abordons désormais l'étape clé et déterminante de notre étude : la conception de notre projet. Il s'agit d'un projet urbain résilient qui participe activement à la gestion des eaux pluviales. Cette initiative représente une solution durable au problème récurrent d'inondations dans la région. Pour garantir son efficacité, le projet devra assurer une parfaite harmonie et complémentarité entre ses différents composants afin d'atteindre les objectifs établis.

7.2 Concevoir une zone résiliente :

➤ La vision pour l'idée conceptuelle :

1. Urbanistique :

L'idée urbaine consiste à régénérer une zone sujette aux inondations et à la transformer en une ville éponge résiliente, imitant le fonctionnement d'une éponge. Elle absorbe les eaux de pluie, les purifie et les stocke grâce à des techniques urbaines, afin de pouvoir les réutiliser en cas de besoin, notamment pour l'irrigation pendant les périodes de sécheresse, pour irriguer les plantes cultivées, ce qui transforme l'eau d'une menace en une ressource durable.

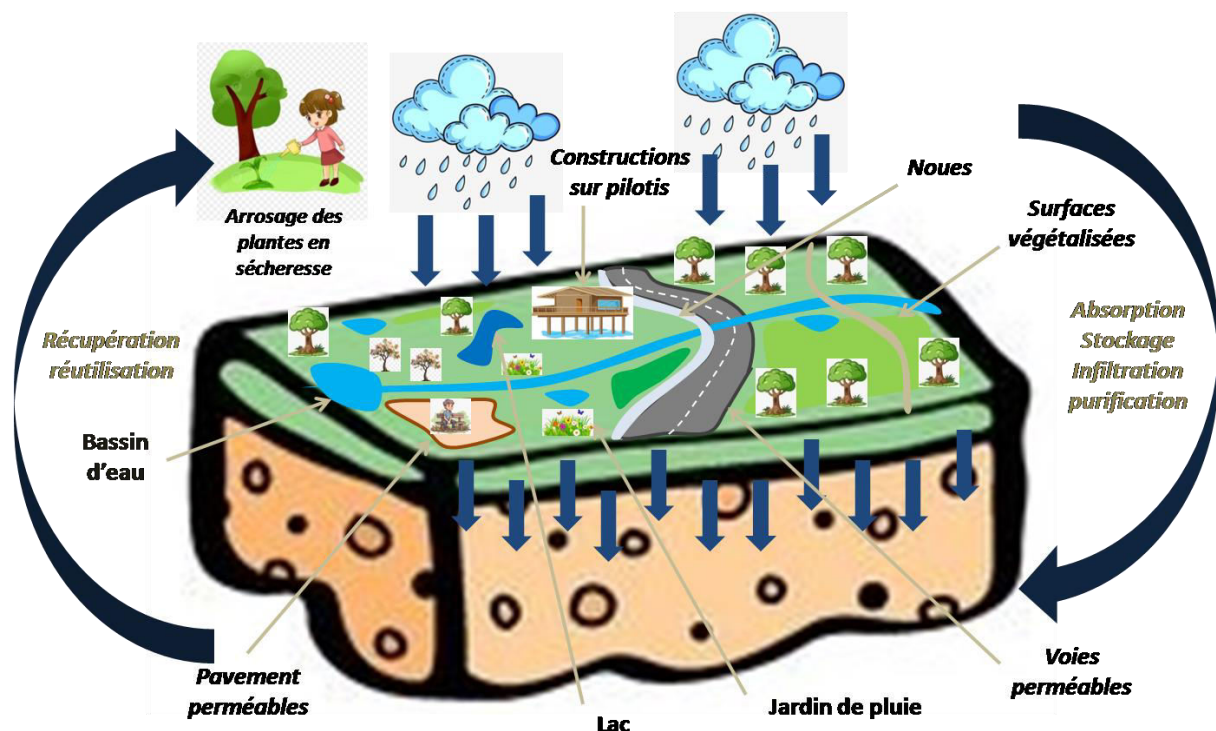


Figure 129: Schéma d'une idée conceptuelle. Source : auteur.

2. Architecturale :

Les terrasses des bâtiments sont utilisés pour la collecte des eaux de pluie en les dirigeant vers les gouttières, selon la nature du toit utilisé. Si le toit est végétalisé, l'eau de pluie est absorbée à travers les différentes couches qui le composent, puis dirigée vers les gouttières. En revanche, si le toit est recouvert de tuiles ou d'ardoises, l'eau est dirigée directement du toit vers les gouttières. Ensuite, l'eau est filtrée soit par les plantes, soit à l'aide de filtres placés avant l'arrivée dans le réservoir ou fixés à son couvercle, où elle est stockée jusqu'à sa réutilisation. L'eau est ensuite pompée vers le haut à l'aide d'une pompe située à l'intérieur ou à l'extérieur du réservoir, puis réutilisée selon les besoins : pour l'arrosage des plantes (surtout en période de sécheresse), le lavage des voitures, l'alimentation des toilettes ou encore la machine à laver.

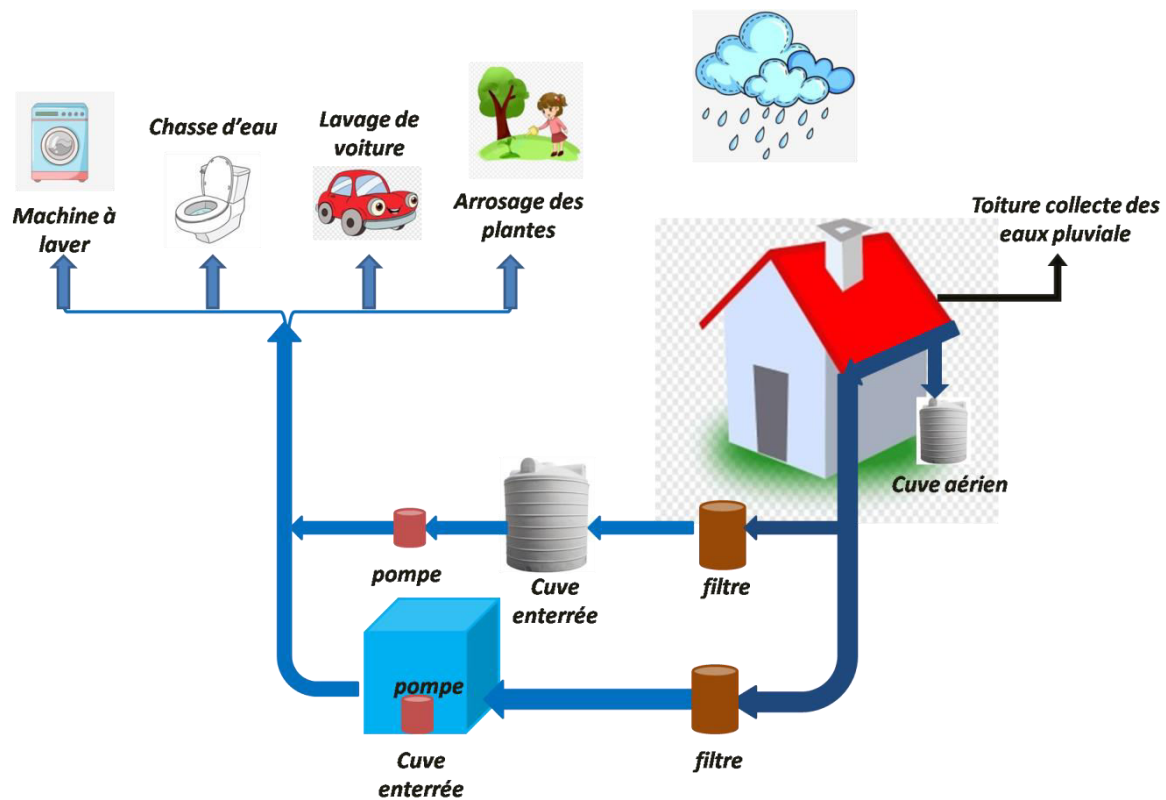


Figure130 : Schéma d'une idée conceptuelle de récupération des eaux pluviales. Source : auteur.

- Dans le but de mettre en œuvre les deux idées sur la zone d'étude, les étapes suivantes ont été adoptées :

1. Identifier les Premier lignes de forces :

1.1 Les zones inondables :

Les zones exposées aux inondations ont été identifiées afin de sélectionner la zone d'intervention afin en fonction de la zone la plus touchée. et d'extraire les bâtiments concernés.

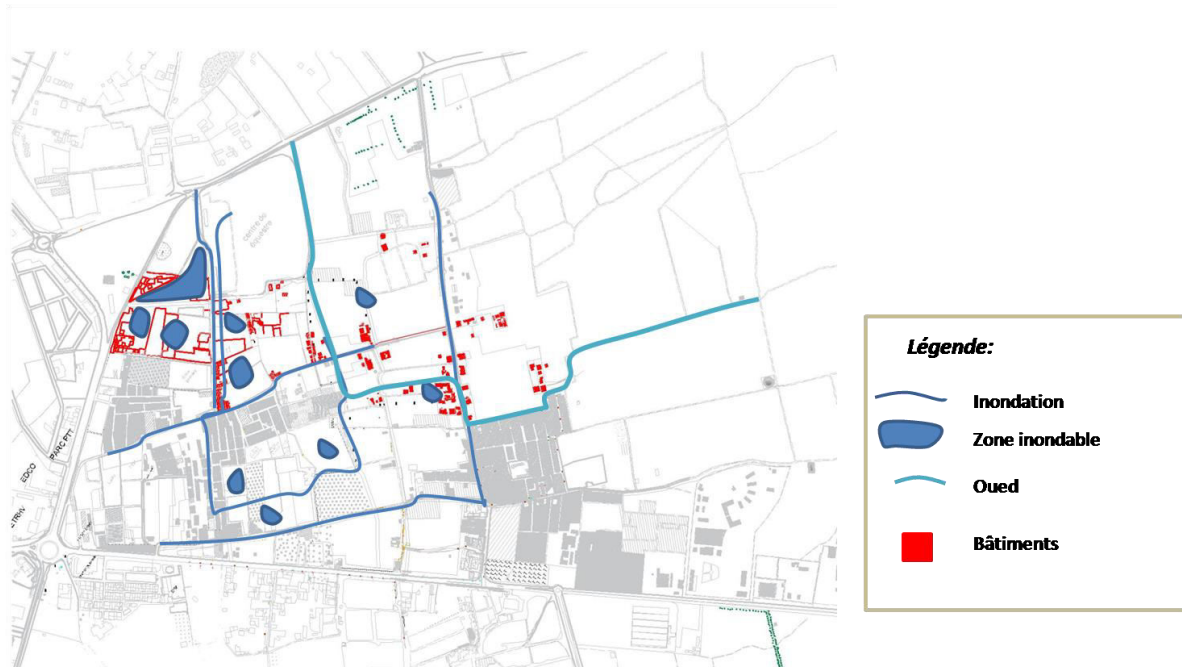


Figure131 : Schéma des zones inondables et les éléments touchés.

Source : auteur.

1.2 Limite de la zone d'intervention :

La zone d'intervention a été déterminée en fonction de la zone la plus exposée aux inondations, en s'appuyant sur la carte de vulnérabilité. Cette zone comprend une partie de l'ancien quartier de Debdaba et une autre du nouveau quartier. Elle inclut également l'oued principal en provenance de l'aéroport de Mostaganem, qui représente un danger en cas de fortes pluies, en plus des autres oueds secondaires.

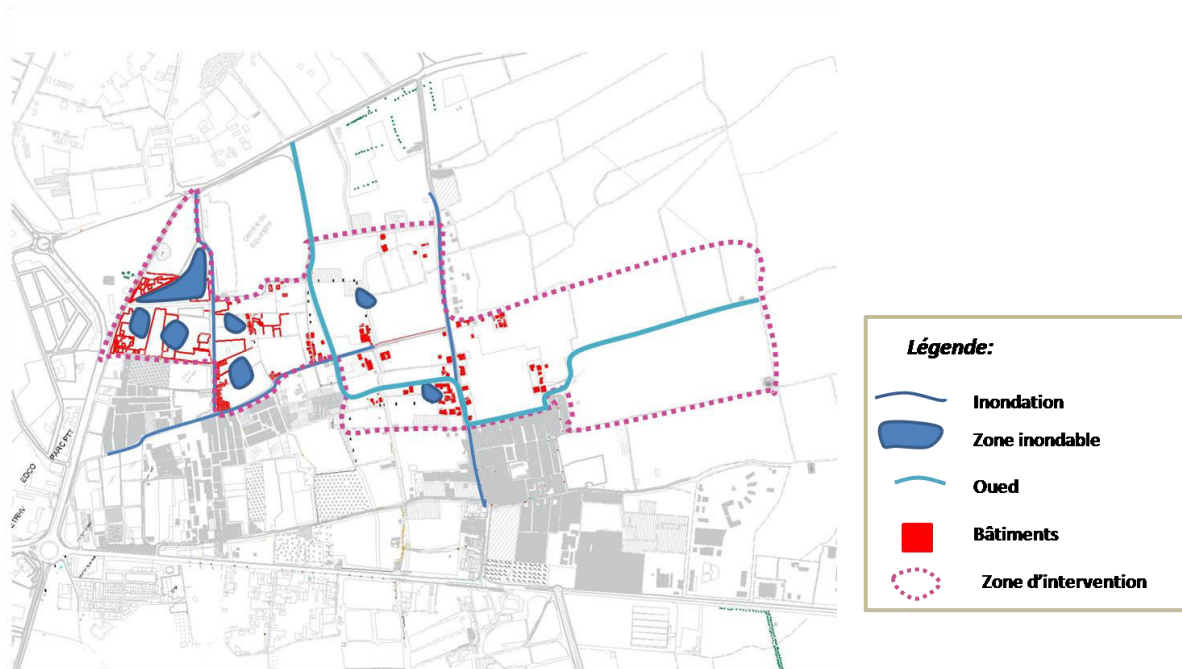


Figure132 : Schéma de limite d'une zone d'intervention. Source :
auteur.

1.3 Les réseaux hydrographiques :

Les cours d'eau traversant la zone d'étude ont été identifiés par l'analyse du réseau hydrographique. Ces réseaux naturels, issus des points culminants, convergent progressivement vers le point le plus bas de la zone (point de dépression). En mettant en évidence la vallée qui traverse les terres agricoles.



Figure 133: Schéma des réseaux hydrographiques. **Source :** auteur, les photos de site. **Source :** auteur ; page facebook : vallée des jardins.

1.4 Les voies existantes :

Le processus d'identification a inclus toutes les routes situées dans le périmètre d'intervention, comprenant:

1. Les routes principales et secondaires.
2. Les routes internes non organisées.
3. Les routes vulnérables aux inondations et aux accumulations d'eau.



Figure 134: Schéma des voies existantes. **Source :** auteur, les photos de site. **Source :** auteur ; page facebook : vallée des jardins.

1.5 Topographie :

Les caractéristiques topographiques de la zone d'étude ont été analysées, révélant une pente naturelle très raide, selon le profil topographique joint. Les éléments suivants ont été identifiés :

- Le point le plus bas (point de convergence des eaux de surface), Qui représente simultanément le point de confluence des cours d'eau.

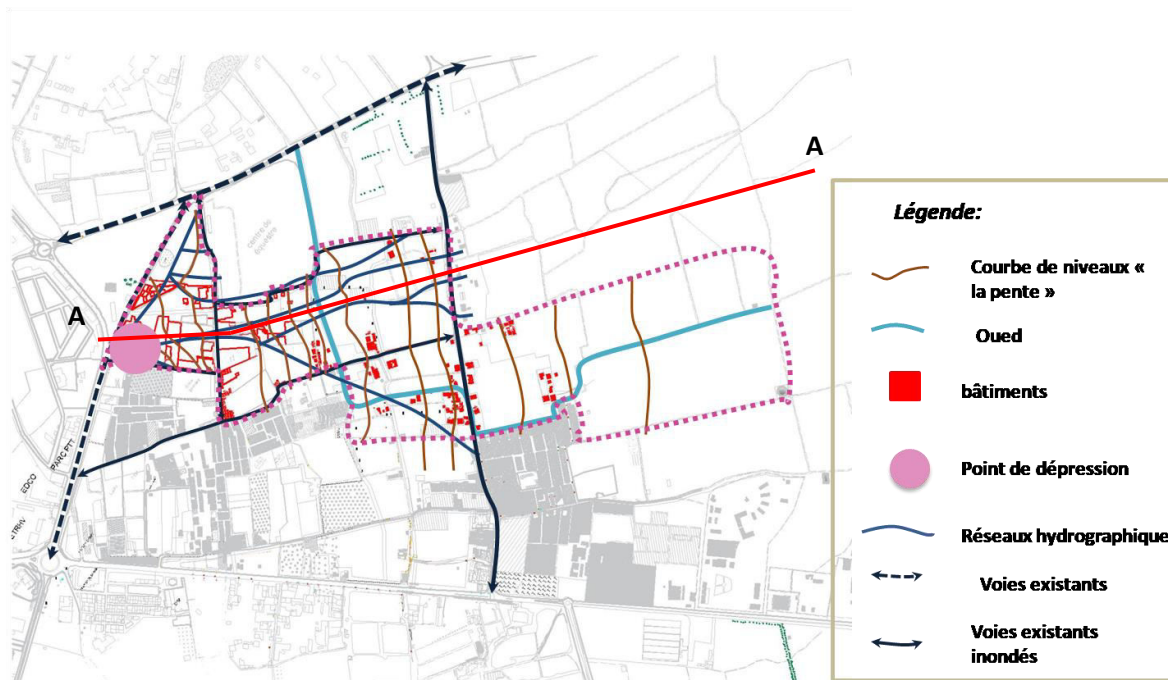


Figure135 : Schéma des lignes de relief. Source : auteur.

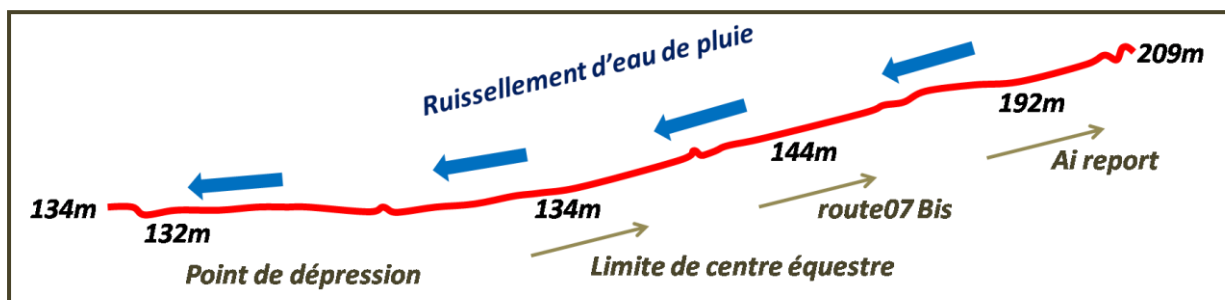


Figure 136: Coupe A-A. source : Google earth schématisée par auteur.

2. vue d'ensemble des interventions menées pour la régénération du site :

2.1 Restructuration des voies :

Le réseau routier a été amélioré par la finalisation de certains axes et leur connexion aux routes principales, ce qui a renforcé la liaison entre les différentes parties de la région et facilité les déplacements. Par ailleurs, les routes situées dans la zone d'intervention ont été réaménagées en élargissant leur chaussée et en les transformant en voies perméables, avec une légère pente pour permettre un meilleur écoulement des eaux de surface.

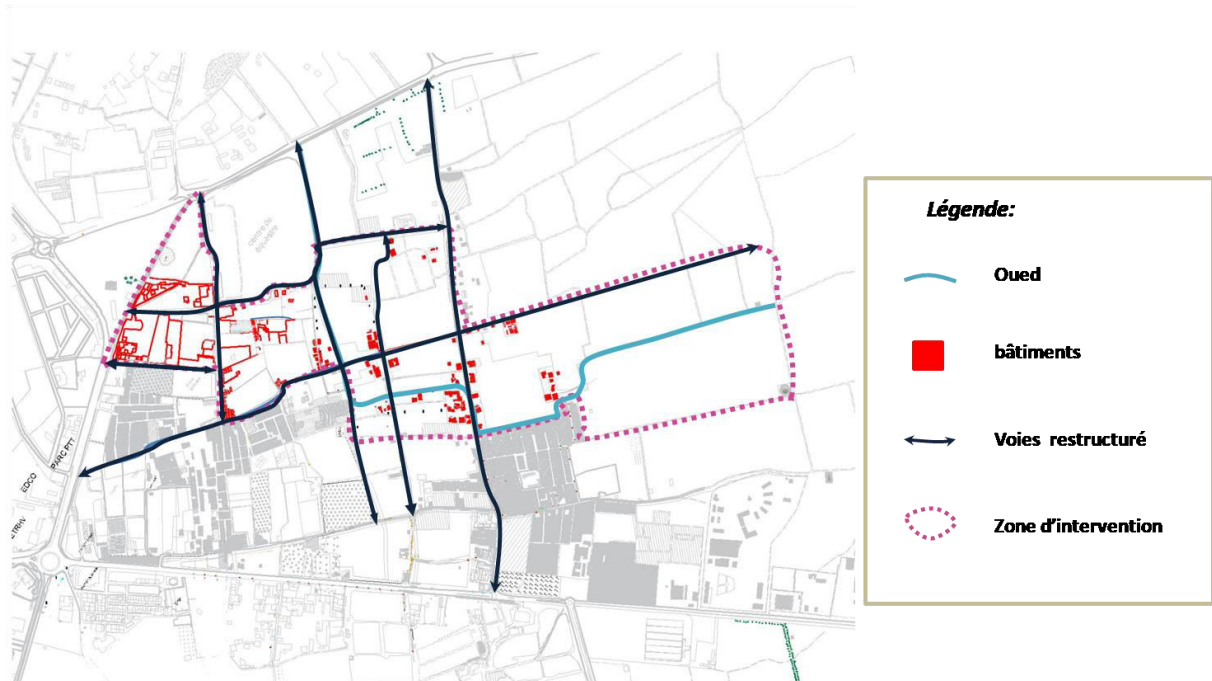


Figure 137 : Schéma des voies restructurées. **Source :** auteur.

2.2 Démolition, reconstruction :

À la suite d'une enquête et de recherches menées auprès des habitants de la région, il a été constaté que celle-ci est divisée en bâtiments autorisés et non autorisés, car elle comprend des terrains privés appartenant à des particuliers et d'autres relevant du domaine public. Par conséquent, des normes ont été appliquées pour résoudre le problème de l'expansion urbaine anarchique, l'une des principales causes des inondations. Ces mesures ont consisté à démolir les constructions vulnérables situées sur des terres agricoles, tandis que les autres bâtiments dont certains sont instables et d'autres entravent l'écoulement des oueds ont été démolis et remplacés par des constructions résistantes aux inondations, surélevées sur des pilotis.

➤ Démolition :

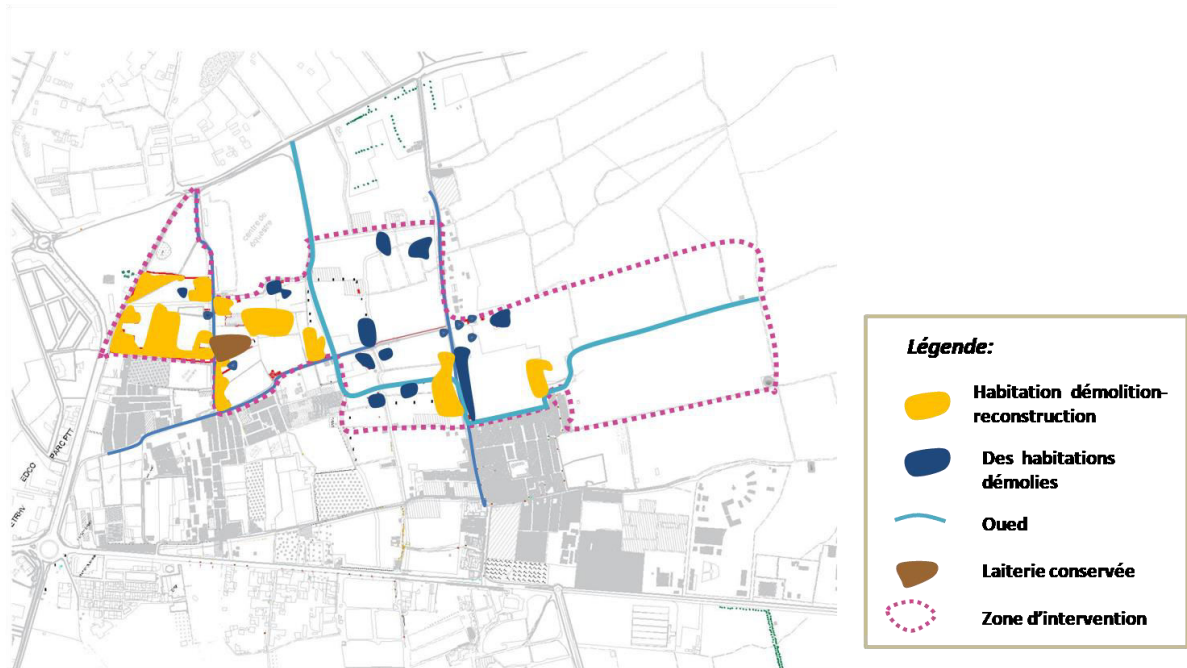


Figure 138 : Schéma de démolition, les photos de site. Source: auteur.

➤ **Reconstruction :**

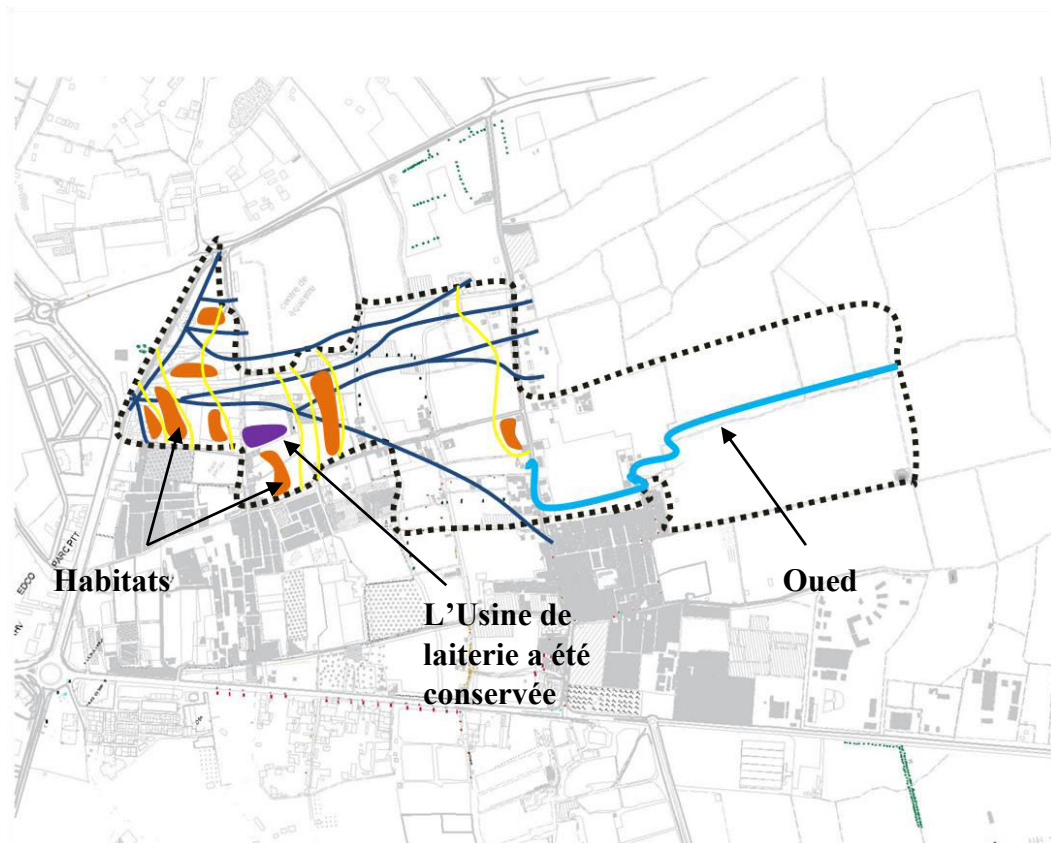


Figure 139 : Schéma de reconstruction. **Source:** auteur.

2.3 Réhabilitation des terres agricoles et des espaces verts :

Certaines terres agricoles ont été converties en cultures aménagées sous forme de terrasses, dans le but de réduire l'érosion des sols et de réguler l'écoulement des eaux de pluie. D'autres terrains ont fait l'objet de traitements visant à améliorer la fertilité du sol et à renforcer sa capacité d'infiltration, dans le cadre d'une stratégie de réduction du risque d'inondation, notamment par l'apport de matières organiques.

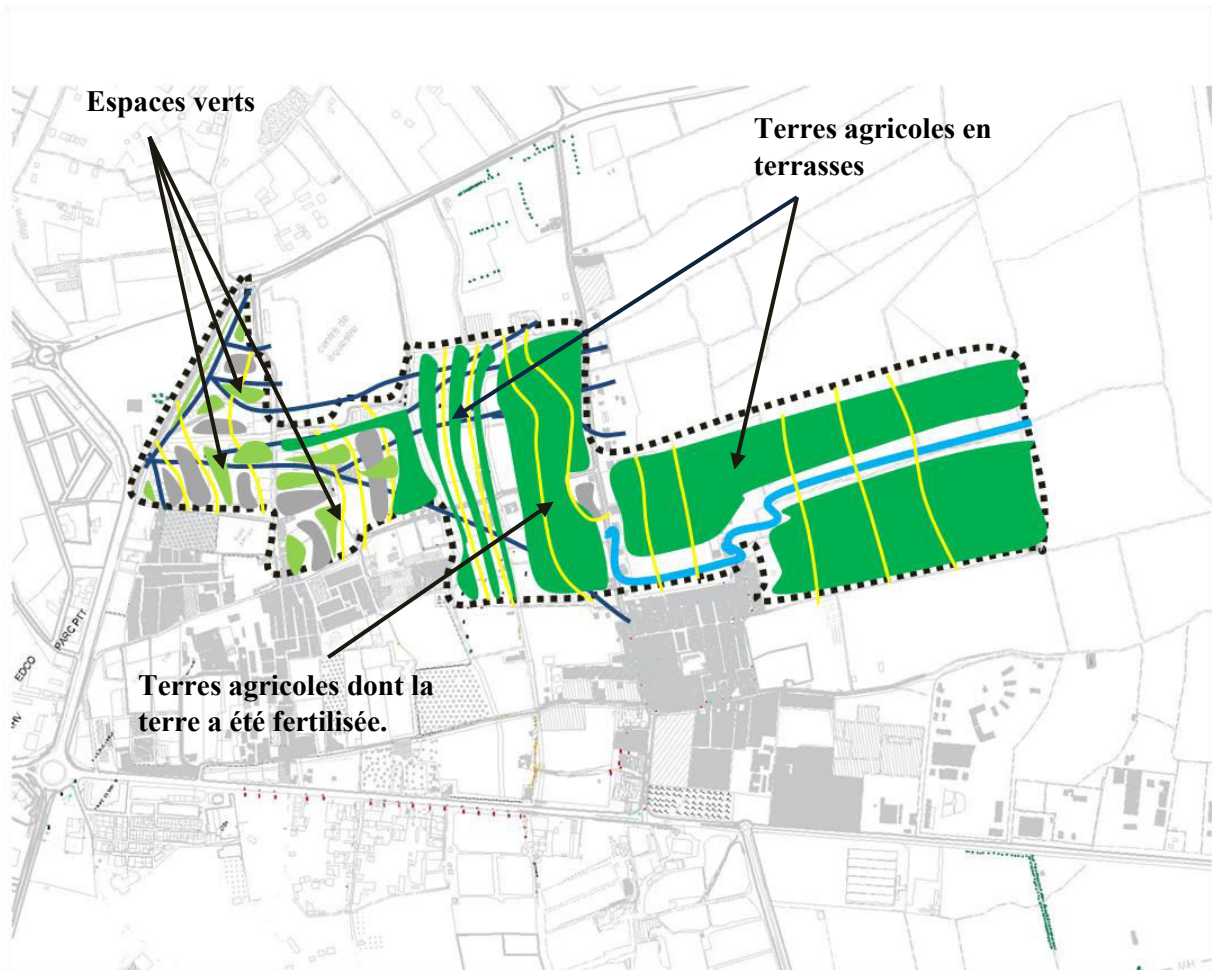


Figure 140: Schéma de réhabilitation des terres agricoles et des espaces verts.
Source: auteur.

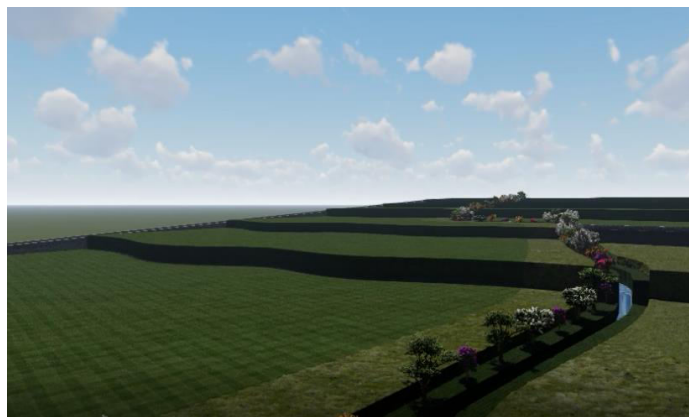


Figure 141: Vue des terres agricoles en terrasses. **Source:** auteur.

2.4 Aménagements hydrauliques :

Les anciens réseaux hydrographiques ont été conservés, tout en étant déplacés et transformés en conduits souterrains afin d'éviter leur pollution. Les surfaces situées au-dessus de ces réseaux ont été aménagées en cheminements piétons. Des bassins en forme d'entonnoir ont été créés aux points d'intersection des réseaux hydrographiques afin de recueillir les eaux pluviales, ainsi que d'autres bassins implantés dans les zones agricoles. Un grand bassin a également été aménagé au point le plus bas du site pour recevoir les eaux de pluie dirigées vers lui depuis les réseaux hydrographiques et les autres bassins. En complément, des étangs ont été créés pour collecter les eaux pluviales et alléger la pression sur les autres systèmes.

Tout en conservant l'oued principal de la région, une partie de son cours a été déviée en souterrain.

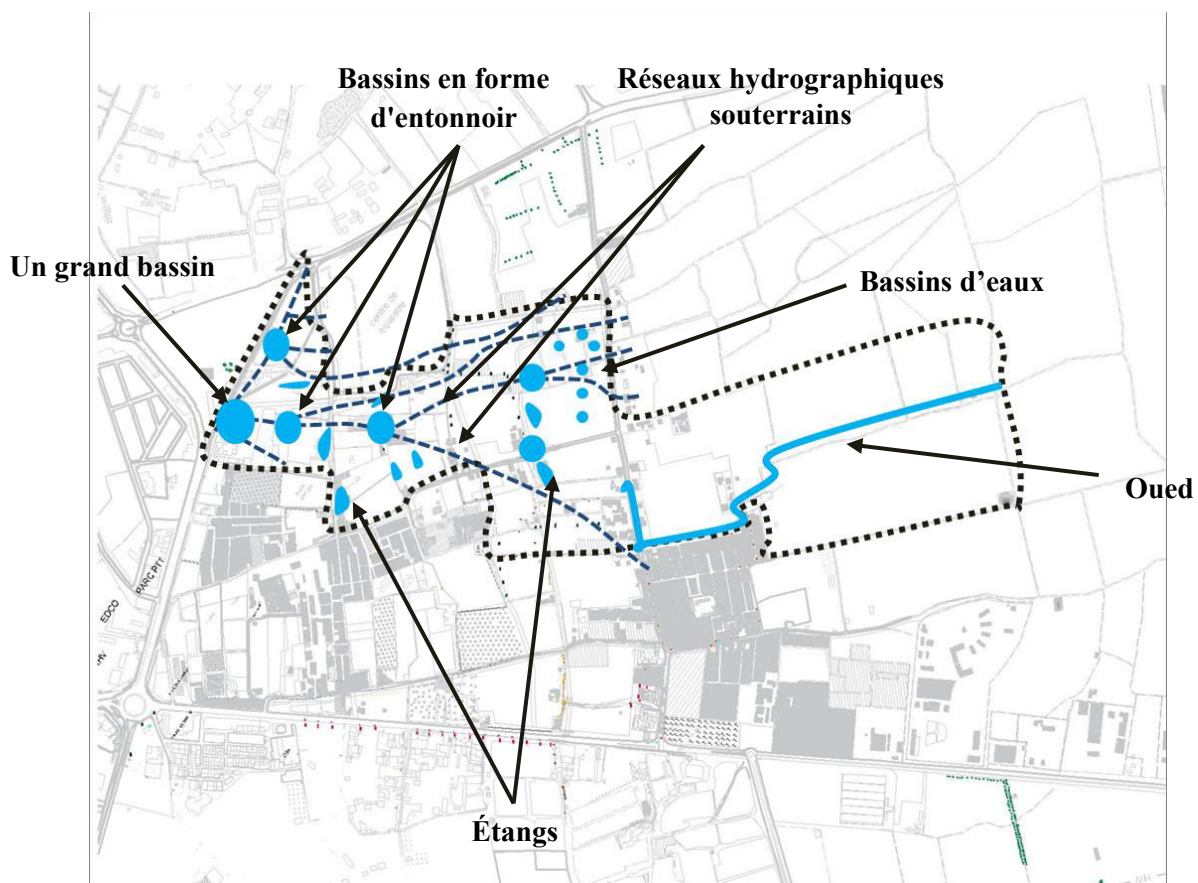


Figure 142: Schéma d'aménagements hydrauliques.

Source: auteur.



Figure 143: Vues de l'oued. **Source:** auteur.

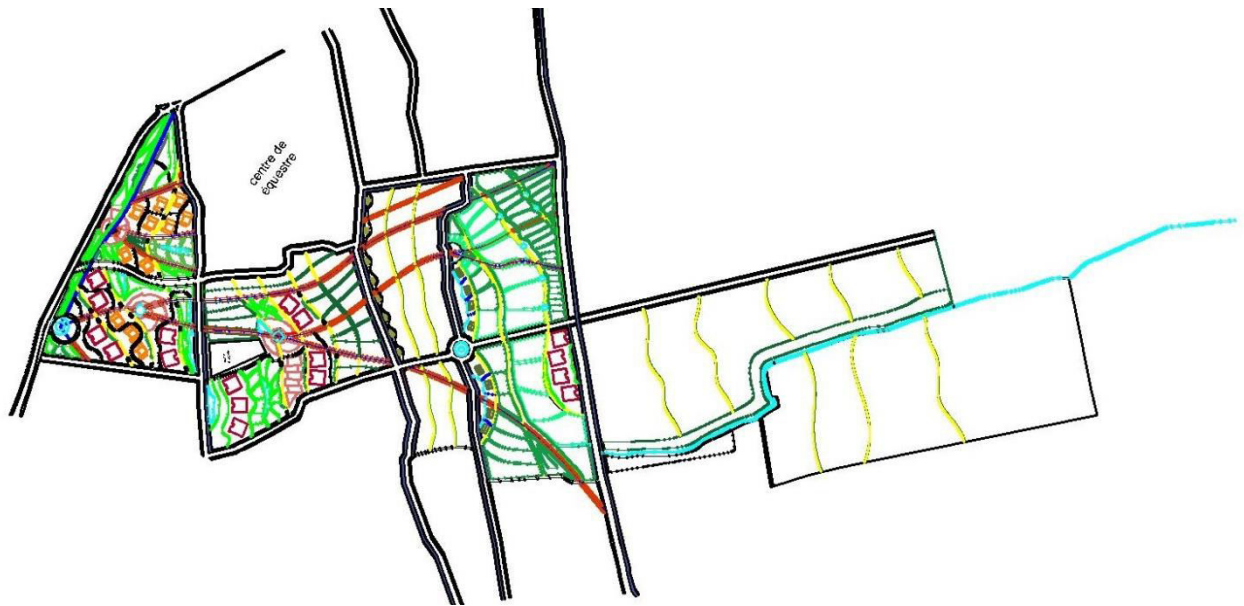


Figure 144: Vue dans le projet urbain. **Source:** auteur.

3. Conception détaillée « Intégration des solutions durables » :

Après la mise en œuvre des modifications liées à la régénération de la zone, les espaces ont été divisés en fonction de la nature du relief et de ses points d'intersection avec les vallées.

- ✓ Les réseaux hydrographiques (oueds) ont été enfouis sous terre, tandis que l'espace au-dessus a été exploité pour créer des passages piétons.
- ✓ Des zones de collecte des eaux de pluie ont été identifiées ; elles fonctionnent comme des entonnoirs, dirigeant l'eau vers des réservoirs souterrains situés aux points de convergence des vallées.
- ✓ L'eau s'écoule à travers ces zones jusqu'à atteindre un bassin de collecte situé au point le plus bas du site.
- ✓ Les bâtiments ont été construits sur pilotis et dotés de terrasses conçues pour la récupération des eaux de pluie, stockées en toute sécurité dans des réservoirs souterrains.
- ✓ Des noues ont été aménagées le long des routes, ainsi que des tranchées suivant les lignes de pente sous les terres agricoles.
- ✓ Des bassins d'eaux ont également été réalisés aux intersections des terrains agricoles, en plus d'espaces verts comprenant des jardins de pluie situés dans les zones basses.



Légende:

	Oued.		Étangs.
	Réseaux hydrographiques.		Terres agricoles.
	Voies mécaniques perméables.		Espaces verts.
	Cheminements.		Tranchées.
	Passages piétons.		Les noues.
	Habitats semi collectifs sur pilotis .		Bassin d'eau « et d'autre comme d'entonnoir.
	Habitats individuels sur pilotis .		Espaces de vente.
	Jardins de pluies.		Serres intelligentes.

Figure145 : Schéma d'une Intégration des solutions durables. Source : auteur.

7.3 Descriptif de Plan de masse :

Un projet urbain a été conçu dans le but de régénérer une zone inondable et de la transformer en un espace résilient à caractère spongieux, en tirant parti des atouts du site et en les intégrant dans le processus de conception.

Le projet repose sur la répartition des techniques urbaines alternatives de gestion des eaux pluviales, suivant les ramifications des vallées et parallèlement aux lignes de pente, afin de faciliter l'écoulement des eaux vers le point le plus bas du site, à savoir la dépression.

Les terrasses des bâtiments ont également été utilisées comme zones de collecte des eaux de pluie, celles-ci étant stockées dans des réservoirs souterrains.

Ce projet constitue ainsi un modèle urbain transformant l'eau d'un risque en une ressource durable.



Figure 146 : Plan de masse vue en 3d .Source : auteur.

	Fonctions	Surfaces (m²)
1	Habitats semi-collectifs	4190.6224
2	Habitats individuels	1555.4781
3	Bassins d'eaux	577.1994
4	Bassins en forme	415.9908

	d'entonnoir	
5	Terrasses couvertes	67036.4504
6	Espaces verts	8907.863
7	Espaces de vente	184.2336
8	Serres intelligentes	456.1
9	Terres agricoles en terrasses	124513.1675
10	Terres agricoles	45672.4888
11	Jardins de pluies	1393.00
12	Parking couverte	682.9686
13	Espaces de jeux	1875.5548
14	Étangs	1463.2413

Tableau 08: Programme d'un plan de masse .**Source :** auteur.



Figure147 : Coupe urbain .**Source :** auteur.

➤ **Les vues:**

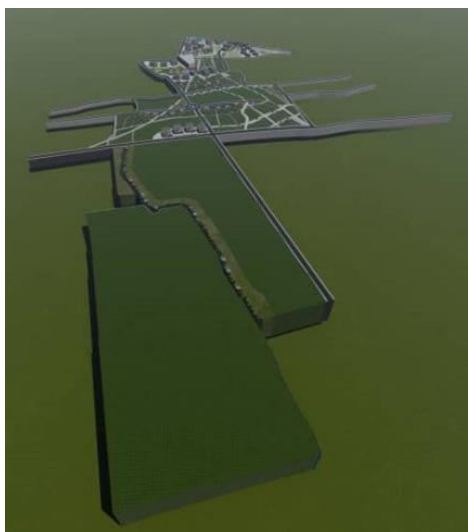


Figure148 : Vue du projet urbain .**Source :** auteur.



Figure149 : Vue dans le projet urbain. **Source** : auteur.



Figure150 : Vue dans le projet urbain « espaces de vente dans terres agricoles ». **Source** : auteur.



Figure151 : Vue dans le projet urbain « parking couverte ». **Source** : auteur.



Figure152 : Vue dans le projet urbain «terrasse couverte ».Source : auteur.

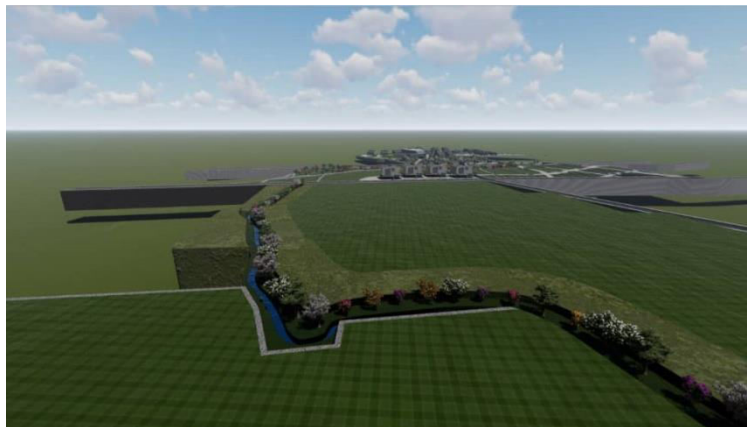


Figure153 : Vue dans le projet urbain « l'oued qui traverse vallée des jardins ».Source : auteur.

7.4. Quelques techniques alternatives utilisées :

1. jardin de pluie :

Les jardins de pluie sont aménagés dans les zones basses situées en contrebas de chaque niveau, de manière à être légèrement en dessous du niveau du sol et éloignés des bâtiments. Ces jardins contiennent un mélange de couches de gravier, de sable et de terre organique, et sont plantés avec des espèces locales résistantes à l'humidité et à la sécheresse, comme la menthe. Leur entretien se fait par le désherbage, la replantation des végétaux et le nettoyage des canaux de drainage. Ces jardins sont utilisés pour réduire le ruissellement en absorbant naturellement les eaux de pluie, en les filtrant, puis en les dirigeant soit vers le sous-sol pour recharger la nappe phréatique, soit vers des puits d'infiltration pour les stocker dans des réservoirs souterrains.

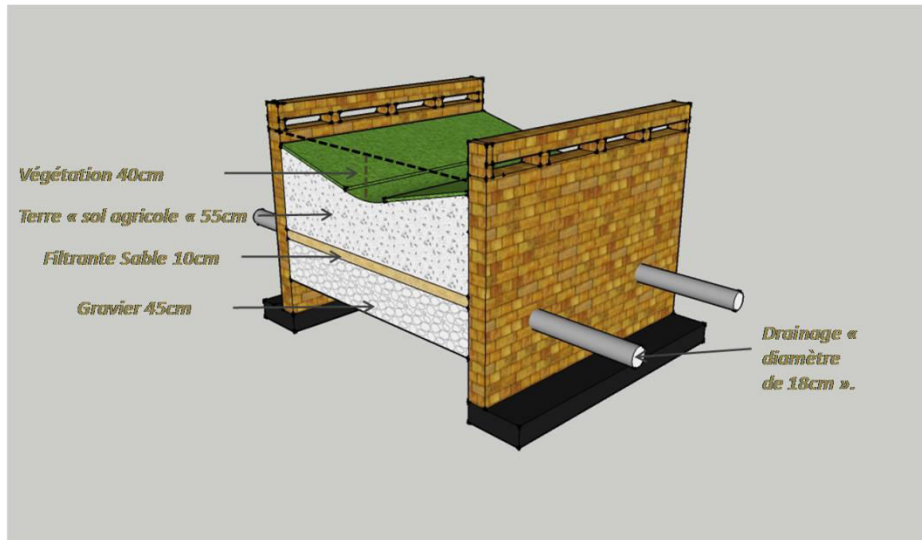


Figure154 : Vue en 3d d'une coupe de jardin de pluie. **Source** : auteur.

2. Noue paysagère :

Des noues ont été aménagées le long des routes avec une profondeur variant entre 20 et 50 cm, et une légère pente. Elles sont composées de couches de gravier, de sable et de terre fertile, et sont plantées de végétaux résistants à la sécheresse et à l'humidité, qui aident à absorber l'eau et à filtrer les impuretés. Elles sont équipées d'un tuyau permettant d'évacuer le surplus vers des puits d'infiltration, puis vers des réservoirs souterrains pour la collecte des eaux de pluie.

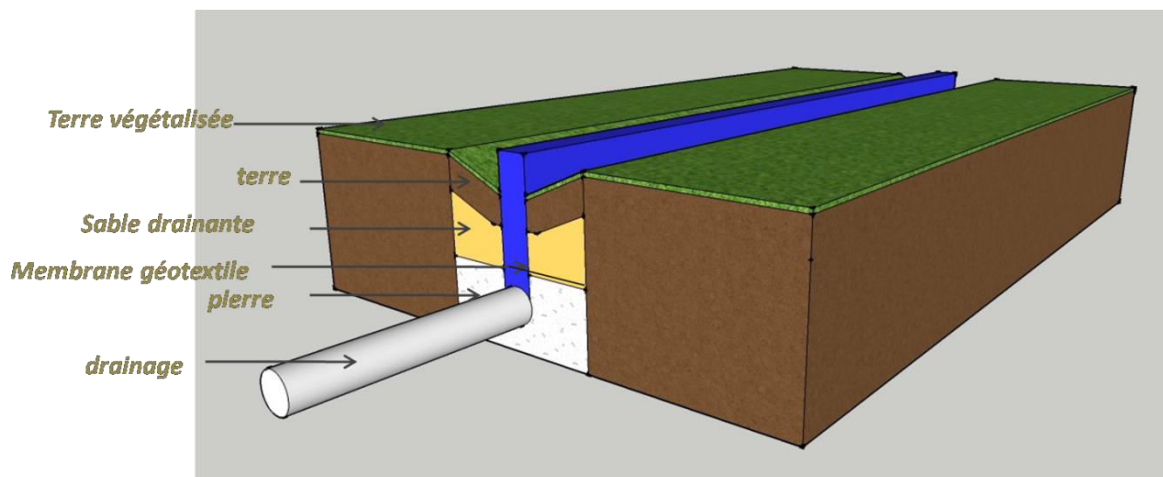


Figure155 : Vue en 3d d'une coupe de noue paysagère. **Source** : auteur.

3. Voies perméables :

Les voies perméables ont été mises en place afin de réduire le ruissellement et de limiter la formation de flaques sur les routes, en permettant l'infiltration des eaux de pluie dans le sol pour recharger la nappe phréatique. Une autre partie de l'eau est dirigée vers des puits d'infiltration, puis vers des réservoirs souterrains pour stocker l'excès d'eau.

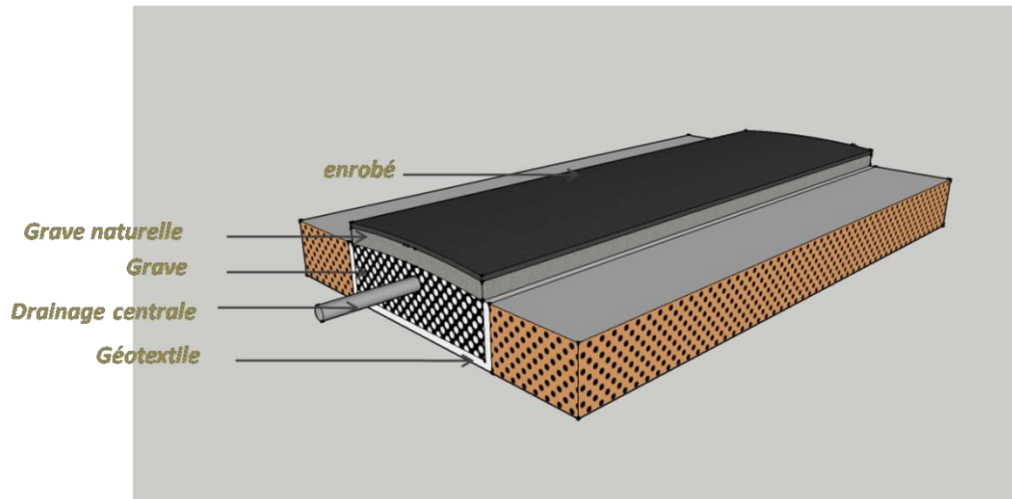


Figure 156 : Vue en 3d d'une coupe de Voie perméable. **Source** : auteur.

4. Tranchées :

Des tranchées ont été aménagées sous chaque niveau pour recueillir les eaux pluviales descendantes, avec une profondeur allant de 0,5 à 2 mètres. Elles sont composées de plusieurs couches, comme illustré sur l'image, permettant l'infiltration des eaux de pluie dans le sol afin de recharger la nappe phréatique. Elles sont également équipées de tuyaux de drainage pour évacuer l'excès d'eau vers des puits d'infiltration, puis vers des réservoirs souterrains.

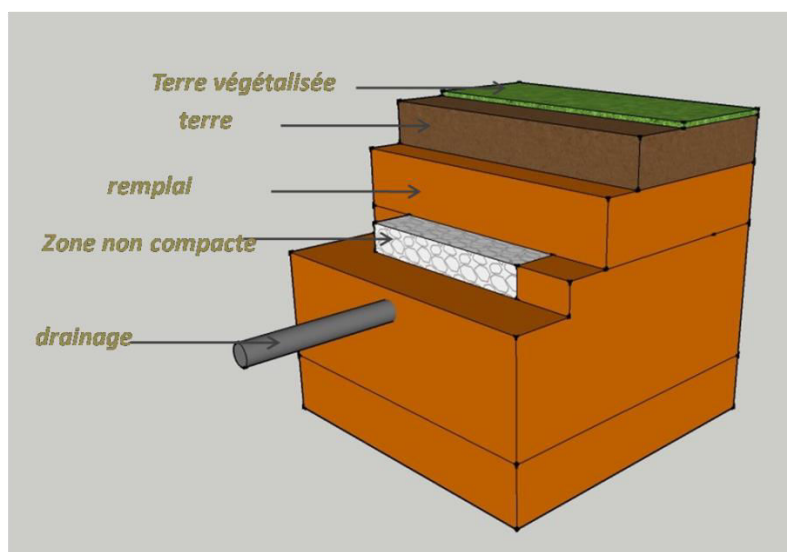


Figure157 : Vue en 3d d'une coupe d'une tranchée. **Source** : auteur.

5. Pavés perméables :

Ont été réalisés à l'aide de dalles infiltrantes séparées par des interstices. Ils ont été conçus pour drainer les eaux de pluie et les diriger vers des puits d'infiltration, puis vers des réservoirs afin de collecter l'excédent. Ils ont été utilisés dans les parkings, les allées piétonnes, les terrasses et les trottoirs.

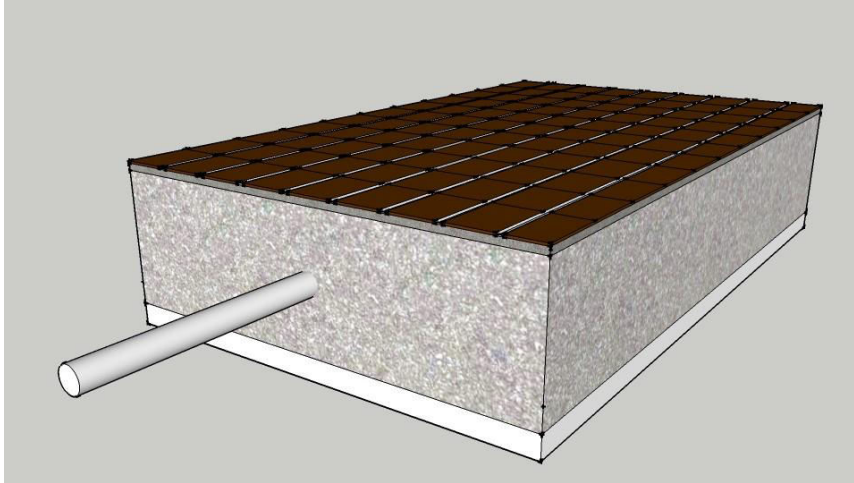


Figure158 : Vue en 3d d'une coupe d'un pavé perméable.

Source : auteur

6. Puits d'infiltration:

Les puits d'infiltration ont été créés pour recevoir les eaux de pluie provenant des revêtements perméables, des espaces verts, des noues, des tranchées d'infiltration, des voiries perméables et des jardins de pluie. Ils permettent de stocker temporairement ces eaux, puis d'en infiltrer une partie pour recharger les nappes phréatiques, tandis que l'autre partie est dirigée vers des réservoirs souterrains pour être réutilisée ultérieurement pour l'irrigation. La profondeur de ces puits varie entre 1 et 4 mètres, tandis que leur diamètre se situe entre 0,5 et 1,5 mètre. Ils contiennent du gravier qui contribue à l'infiltration des eaux de pluie, ainsi qu'un géotextile permettant de filtrer les impuretés.

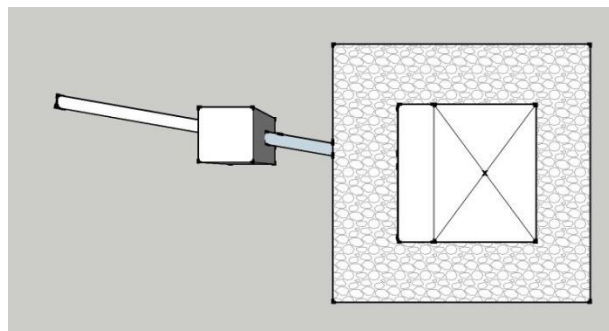


Figure 159 : Plan d'un puits d'infiltration. **Source :** auteur.

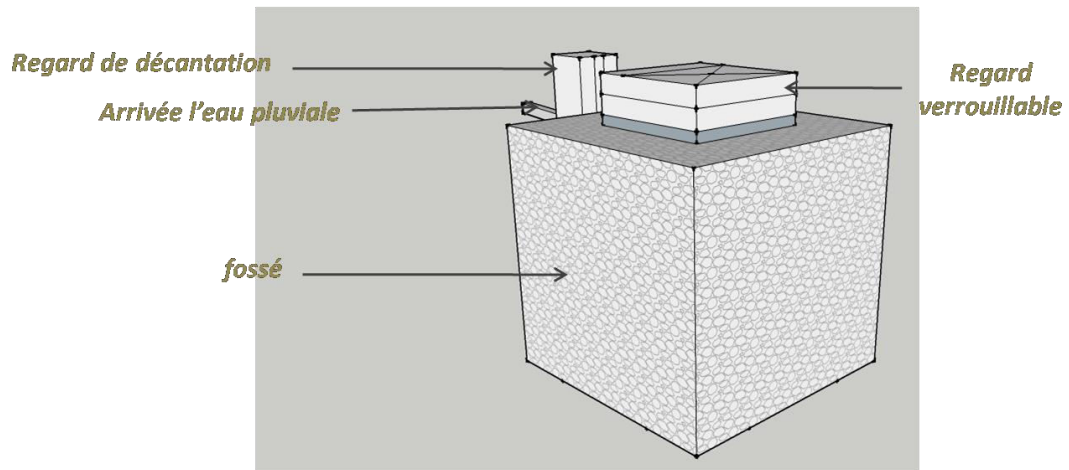


Figure 160 : Vue en 3d d'une coupe d'un puits d'infiltration. **Source :** auteur.

7.5 Projet d'un habitat semi collectif :

Des bâtiments semi-collectifs ont été construits pour remplacer les bâtiments démolis. Ces bâtiments ont été édifiés sur des pilotis, avec le rez-de-chaussée utilisé comme parking, ainsi que des jardins et des potagers. Ils ont été construits en béton armé avec des toits inclinés pour faciliter l'écoulement des eaux de pluie. Ces bâtiments sont conçus pour recueillir les eaux de pluie via les toits, les acheminer par des gouttières vers des réservoirs souterrains après filtration, et utiliser cette eau en cas de besoin, notamment pendant les périodes de sécheresse, pour l'irrigation des terres agricoles et des espaces verts.

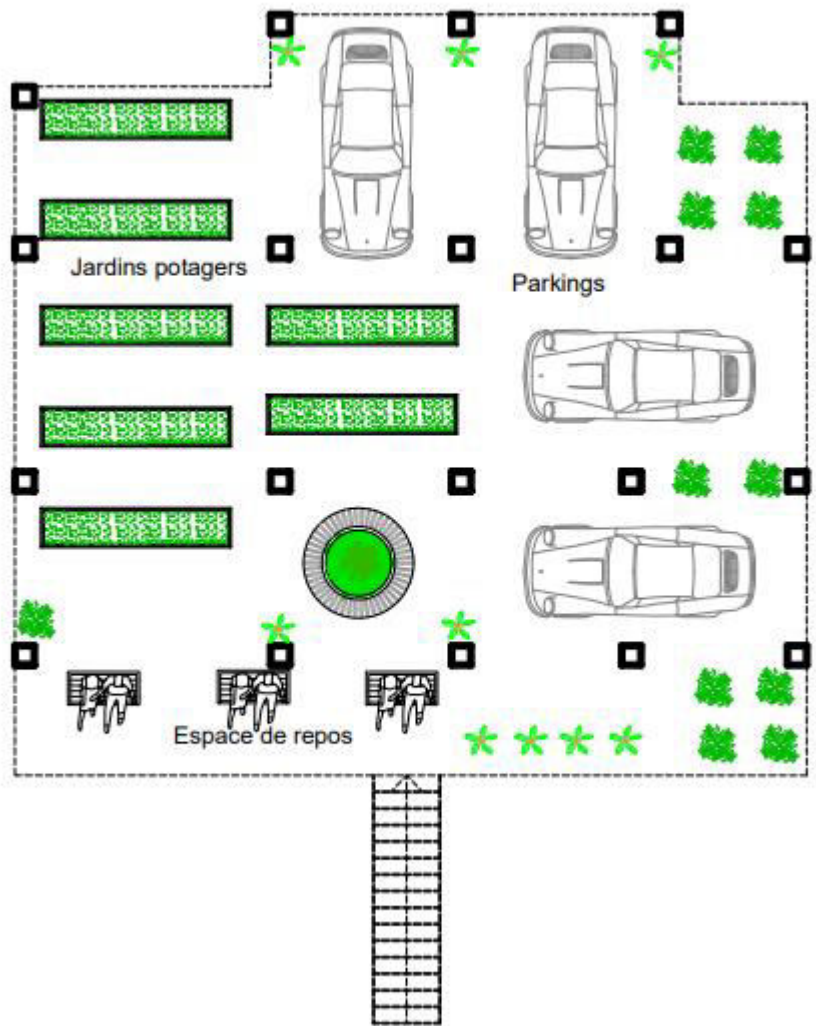


Figure161 : Plan de RDC d'un habitat semi collectif. **Source** : auteur.

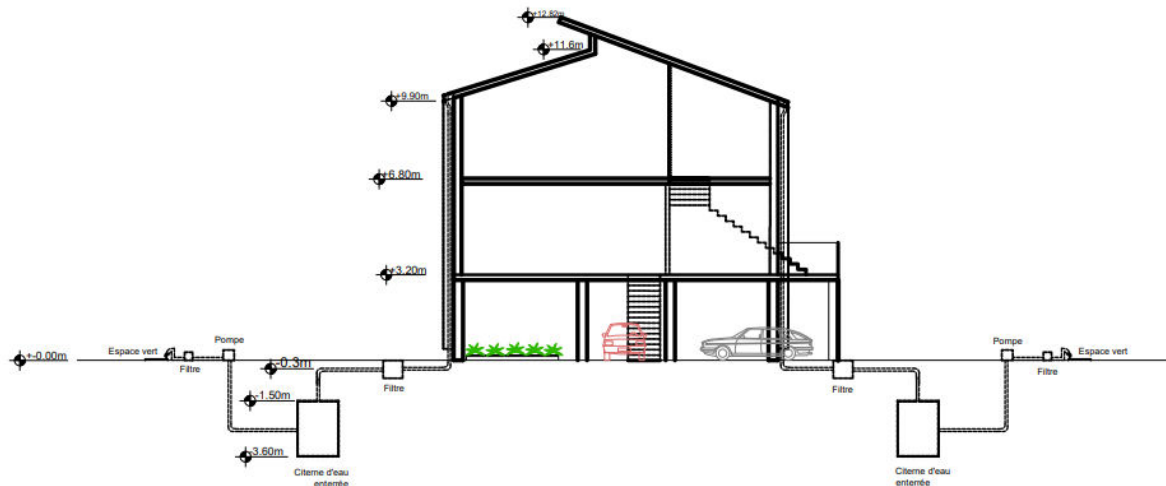


Figure162 : Coupe d'un habitat semi collectif. Source : auteur.

7.6 Calcul des quantités d'eau de pluie Q(L) :

Pour calculer la quantité d'eau de pluie recueillie sur les différentes surfaces indiquées dans le tableau ci-dessous, nous commençons par déterminer la superficie de chaque surface, puis nous identifions la pluviométrie moyenne, annuelle ou mensuelle, selon l'analyse précédemment réalisée dans l'étude du site. Ensuite, nous tenons compte du coefficient de ruissellement, qui permet d'estimer la quantité d'eau pouvant être récupérée à travers les systèmes prévus à cet effet, que ce soit sur les toitures des bâtiments ou dans les espaces extérieurs, tels que les serres de vente, où l'eau est dirigée par des gouttières vers des réservoirs souterrains.

Dans le cas des bassins ou des surfaces en forme d'entonnoir conçues pour la collecte des eaux de pluie, l'eau est recueillie directement avant d'être acheminée vers les citernes enterrées.

Le coefficient de ruissellement dépend de la nature des surfaces. Par exemple, dans notre projet, les toitures sont en béton, ce qui donne un coefficient variant entre 0,7 et 0,8. Nous avons donc choisi $C = 0,8$ pour les calculs.

La quantité d'eau de pluie est estimée à l'aide de la formule suivante :

$$Q = P \times S \times C$$

Où :

P : est moyenne annuelle de précipitations,

S : représente la superficie de la surface considérée,

C : est le coefficient de ruissellement.

$$(P=33.088\text{mm}, C=0.8).$$

Fonctions	Surfaces (m²)	Quantité d'eau de pluie Q(L)
Habitats semi-collectifs	4190.6224	110927.4511
Habitats individuels	1555.4781	41174.1270
Bassins d'eaux	577.1994	15278.6989
Bassins en forme d'entonnoir	415.9908	11011.4428
Terrasses couvertes	67036.4504	1774.4816
Espaces de vente	1908.0648	50507.2384
Serres intelligentes	455.3472	12053.2225

Tableau 09: Calcul annuel des quantités d'eau de pluie. **Source :** auteur.

- Les calculs ont montré qu'une grande partie des eaux de pluie est perdue au lieu d'être collectée et réutilisée. (Environ 674 Litres par mois sont collectés).

Conclusion:

À l'issue de cette recherche, il est apparu clairement que l'intégration du concept de résilience urbaine avec ses techniques spécifiques dans la planification urbaine organisée joue un rôle déterminant dans la prévention des inondations et la gestion des eaux pluviales. Cette approche permet notamment de collecter des quantités importantes d'eau qui sont stockées puis réutilisées pendant les périodes de sécheresse. Notre projet a démontré la possibilité de lutter efficacement contre les inondations grâce à des solutions accessibles, économiques et facilement réalisables. Plutôt que de déployer des efforts considérables pour évacuer les eaux pluviales vers les réseaux d'assainissement, nous proposons désormais de les stocker et de les valoriser.

Les résultats obtenus nous amènent à formuler les recommandations suivantes :

1. Réalisation systématique d'études hydrauliques précises pour la conception des réseaux d'assainissement.
2. Adoption de modèles de quartiers résilients, en particulier le concept de ville éponge.
3. Lancement de campagnes de sensibilisation pour lutter contre la pollution.
4. Intervention des autorités compétentes pour résoudre la crise du logement et limiter l'expansion urbaine anarchique.

En conclusion, cette recherche a mis en lumière le rôle crucial de l'architecte dans la prévention de ce type de catastrophes. Nous espérons avoir réussi à transmettre efficacement les principes de notre projet, et souhaitons vivement sa mise en œuvre et son extension aux zones exposées aux inondations.

Références bibliographiques :

Mémoires / Thèses / Projets de fin d'études :

ALOUED. M. S, La vulnérabilité du milieu urbain face au risque d'inondation, Mémoire de master, Université de M'sila, 2023, disponible sur : <https://num.univ-msila.dz/DWE/public/attachements/2023/03/15/hsasy-alost-alhdry-mn-khtr-alfydanpdf-vn3s1eox1678908080.pdf> (En arabe).

BENABOUCHA. K, CHAKER. F. Z, et DAHAM. I, Contribution à la gestion des ressources en eau dans la wilaya de Mostaganem, Mémoire de master, Université de Tiaret, 2021, disponible sur : <http://dspace.univ-tiaret.dz/bitstream/123456789/7429/1/TH.M.SNV.FR.2021.160.pdf>

BOUDIAF. S, Gestion des eaux pluviales et développement durable : Cas de la région d'Aïn Temouchent, Mémoire de master, Université de Temouchent, 2024, disponible sur : <https://dspace.univ-temouchent.edu.dz/bitstream/123456789/4920/1/memoire%20soria%2020255%20-%20Boudiaf%20Soria.pdf>

CHETOUANE. O, et BEN YAHIA. M, La gestion du risque d'inondation dans la ville de Sidi Lahcen, wilaya de Sidi Bel Abbès, Mémoire de master, Université Oran 2, 2022, disponible sur : <https://ds.univ-oran2.dz:8443/bitstream/123456789/7268/1/%D8%AA%D8%B3%D9%8A%D9%8A%D8%B1%20%D8%AE%D8%B7%D8%B1%20%D8%A7%D9%84%D9%81%D9%8A%D8%B6%D8%A7%D9%86%20%D9%81%D9%8A%20%D9%85%D8%AF%D9%8A%D9%86%D8%A9%20%D8%B3%D9%8A%D8%AF%D9%8A%20%D9%84%D8%AD%D8%B3%D9%86%20%D9%88%D9%84%D8%A7%D9%8A%D8%A9%20%D8%B3%D9%8A%D8%AF%D9%8A%20%D8%A8%D9%84%D8%B9%D8%A8%D8%A7%D8%B3%20%282%29.pdf>

(En arabe).

CHETTAH. S, Élaboration d'un protocole pour la gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagement, Mémoire de master, École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, 2011, disponible sur : https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01661944v1/file/CHETTAH%20Salim_Rapport.pdf

GUEBAIL. A, Approche non conventionnelle (récupération des eaux de pluie des toits des maisons), Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de doctorat en sciences en :

hydraulique, Université Mohamed kheider-Biskra, faculté des sciences et de la technologie, département de génie civil et hydraulique, 2017, disponible sur : http://thesis.univ-biskra.dz/3004/1/Th%C3%A8se_142_2017.pdf

KHERNACHE. S. B. A, Contribution des infrastructures vertes à la résilience urbaine face aux inondations : Cas de la ville de Batna, Mémoire de master, Université Mohamed Khider Biskra, 2022, disponible sur : http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/22386/1/Salah_Bey_Ahmed_Khernache.pdf

LYAZID. H, et KADI. M. K, Adaptation : Habiter à l'inondable. Cas de vallée des jardins, Mostaganem, Projet de fin d'étude, Département d'architecture, Université de Mostaganem, 2020.

MORTET. F.A, et MAMAR. F, Contribution à l'étude des caractères climatiques et bioclimatiques dans la région de Mostaganem. Mémoire de Master en biologie, spécialité : Biodiversité et environnement, Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 2021, disponible sur : <http://e-biblio.univ-mosta.dz/bitstream/handle/123456789/19476/M%C3%A9moire%20B.E%202021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

TIGHZER. S, et BOURAI. S, Schéma directeur d'assainissement de la vallée des jardins, Projet de fin d'études (Diplôme d'ingénieur d'État en hydraulique), École Nationale Polytechnique, Département d'hydraulique, 2013, disponible sur : https://repository.enp.edu.dz/jspui/bitstream/123456789/8818/1/BOURAI.Samir_TIGHZER.Sofiane.pdf

Guides / Documents techniques :

CPIE VAUCLUSE, Classeur – Risques d'inondation (Document pédagogique, PDF). OPUS, 2023, disponible sur : <https://opus.cpie84.org/uploads/Document/classeur-risques-inondat.pdf>

FAO/VSA, Projet « Ville Éponge » – FA_Sicher_F_1021, 2021, disponible sur : https://sponge-city.info/wp-content/uploads/2024/04/FA_Sicher_F_1021.pdf

Guide pour les projets de construction à l'intérieur des zones inondables, s.d, disponible sur : <https://eau.gouvernement.lu/dam-assets/publications/leitfaden-f%C3%BCr-bauvorhaben/Guide-pour-les-projets-de-construction-a-l-interieur-des-zones-inondable-.pdf>

SYMASOL, Gestion des eaux pluviales : Guide pour la mise en œuvre de techniques alternatives, 2016.

TUTORIEL, Réaliser un jardin de pluie, Loiret Nature Environnement, 2021, disponible sur : https://www.loiret-nature-environnement.org/images/Zero_pesticide/Bienvenue/Aménager_un_jardin_de_pluie_-_BMJN_2021.pdf

UNIVERSITE DE NEBRASKA, Guide de conception pour les jardins de pluie. Basé sur le guide de l'université du Nebraska « la conception des jardins de pluie », 2021.pdf

Articles en ligne et publications numériques :

ARABIA WEATHER, les villes éponges : l'arme de la chine contre les inondations. Edité par RANA AL-SILAWI, département des médias sociaux, 19 juillet 2021, disponible sur :

<https://www.arabiaweather.com/ar/content/%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%AF%D9%86-%D8%A7%D9%84%D8%A7%D8%B3%D9%81%D9%86%D8%AC%D9%8A%D8%A9-%D8%B3%D9%84%D8%A7%D8%AD-%D8%A7%D9%84%D8%B5%D9%8A%D9%86-%D8%B6%D8%AF-%D8%A7%D9%84%D9%81%D9%8A%D8%B6%D8%A7%D9%86%D8%A7%D8%AA>

(En arabe)

BURRI. G, Ville éponge : le cycle naturel de l'eau dans les villes, 22 mars 2023, disponible sur : <https://creabeton.ch/fr/magazine/la-ville-eponge-le-cycle-naturel-de-leau-dans-les-ville/#:~:text=Le%20principe%20de%20ville%2D%C3%A9ponge,le%20climat%20urbain%20en%20g%C3%A9n%C3%A9ral>

CARREFOUR, Vivre en Ville, Inondations : aménager des quartiers résilients, s.d, disponible sur : <https://carrefour.vivreenville.org/publication/inondations-amenager-des-quartiers-resilients>

CHINA DAILY, La ville éponge de Chongqing prévient les inondations, 4 novembre 2016, disponible sur : https://www.chinadaily.com.cn/regional/chongqing/liangjiang/2016-11/04/content_27278758.htm

DEUTSCHE WELLE, Pourquoi la chine prévoit-elle de créer des villes éponges ? DW en arabe, 27 juin 2022, disponible sur:

<https://www.dw.com/ar/%D8%A7%D9%84%D8%A7%D8%AD%D8%AA%D8%A8%D8%A7%D8%B3-%D8%A7%D9%84%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D8%B1%D9%8A/t-17431006/page-17> (En arabe)

DISTRELEC, Les villes éponges : Une solution innovante contre les inondations urbaines ?, 9 mai 2024, disponible sur : <https://knowhow.distrelec.com/fr/durabilite/les-villes-eponges-une-solution-innovante-contre-les-inondations-urbaines/>

ÉCOTIME, Les villes éponges pour faire face aux inondations urbaines, 2 décembre 2024, disponible sur : <https://ecotime.ca/fr/2024/12/02/les-villes-eponges-face-aux-inondations/>

SOLARABIC, Les villes éponges : là où l'ingénierie rencontre la nature, 13 mars 2025, disponible sur :

<https://solarabic.com/learn/2025/03/%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%AF%D9%86-%D8%A7%D9%84%D8%A5%D8%B3%D9%81%D9%86%D8%AC%D9%8A%D8%A9-%D8%AD%D9%8A%D8%AB-%D8%AA%D9%84%D8%AA%D9%82%D9%8A-%D8%A7%D9%84%D9%87%D9%86%D8%AF%D8%B3%D8%A9-%D9%85%D8%B9/>

(En arabe).

TECH-MAG (Monde des Technologies), Les villes éponges... sont-elles la solution optimale contre les inondations en milieu urbain ?, 16 mai 2023, disponible sur :

<https://www.tech-mag.net/%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%AF%D9%86-%D8%A7%D9%84%D8%A5%D8%B3%D9%81%D9%86%D8%AC%D9%8A%D8%A9-%D9%87%D9%84-%D9%87%D9%8A-%D8%A7%D9%84%D8%AD%D9%84-%D8%A7%D9%84%D8%A3%D9%85%D8%AB%D9%84-%D9%84%D9%84%D9%81/>

(En arabe).

UNIVERSITE DE KERBALA, Résilience urbaine et indicateurs de la capacité d'adaptation des villes, s.d, disponible sur :

<https://cohe.uokerbala.edu.iq/wp/%d8%a7%d9%84%d9%85%d8%b1%d9%88%d9%86%d8%a9-%d8%a7%d9%84%d8%ad%d8%b6%d8%b1%d9%8a%d8%a9-%d9%88%d9%85%d8%a4%d8%b4%d8%b1%d8%a7%d8%aa-%d9%82%d8%af%d8%b1%d8%a9-%d8%a7%d9%84%d9%85%d8%af%d9%86-%d8%b9%d9%84/>(En arabe).

Média et blogs :

GREEN FUTURE, La Chine se développe dans les villes éponges, 31 mars 2024, disponible sur : <https://greenfue.com/الإسفنجية-المدن-في-تتوسع-الصين/> (En arabe).

IBTEKR, Que sont les « villes éponge » et comment préviennent-elles les inondations ?, 31 mars 2023, disponible sur : <https://ibtekr.org/cases/%D9%85%D8%A7-%D9%87%D9%8A-%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%AF%D9%86-%D8%A7%D9%84%D8%A5%D8%B3%D9%81%D9%86%D8%AC%D9%8A%D8%A9%D8%9F-%D9%88%D9%83%D9%8A%D9%81-%D8%AA%D9%85%D9%86%D8%B9-%D8%A7%D9%84%D9%81%D9%8A/>

(En arabe).

MARTENS. É, La ville éponge, Chine-écologie.org, 5 juillet 2023, disponible sur : <http://www.chine-ecologie.org/protection-de-l-environnement-2/urbanisme/515-la-ville-éponge-un-concept-chinois-qui-s-installe-lentement-en-europe>

OPENEDITION, La résilience urbaine. Développement durable & territoires, s.d, disponible sur : <https://journals.openedition.org/developpementdurable/9208#:~:text=Le%20concept%20de%20r%C3%A9silience%20r%C3%A9interroge,la%20suite%20de%20cette%20perturbation>

Sites web :

ARROSAGE DISTRIBUTION, disponible sur : <https://www.arrosage-distribution.fr/category/filtres-a-sable>

INFOCLIMAT, disponible sur : <https://www.infoclimat.fr>

METEOBLUE, Prévisions météo – Mostaganem. 2024, disponible sur : <https://www.meteoblue.com/>

SNOWATE, disponible sur : <https://www.snowate.com/ar/parts/self-cleaning-filter-housing/category/basket-filter.html>

Documents administratifs et rapports locaux :

DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU – Wilaya de Mostaganem, Étude d'aménagement générale du système d'assainissement pour l'ensemble de la vallée des jardins, septembre 2013.

URBOR – Agence de Mostaganem, Plan d'occupation du sol (POS) de Debdaba – Commune de Sayada, phase III, édition finale, 2023.

Source orale :

AGENT DE L'APC DE DABDABA, Entretien personnel, Annexe de l'APC de Sayada, 06 novembre 2024. (En arabe).

LES HABITANTS de la région de vallée des jardins, Entretien de terrain.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية وزارة

التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم -

كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة عبد الحميد ابن باديس

تصرح شرفي خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لإنجاز البحث¹

أنا المضي أدناه،

الطالب(ة): تتصيب حنان رقم التسجيل الجامعي: 37071340 الحامل لبطاقة التعريف الوطنية

رقم: 419424470 والصادرة بتاريخ: 2024/08/11 عن احلاف ولاية غيلان

المسجل كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة عبد الحميد ابن باديس / قسم الهندسة المعمارية
شعبة هندسة معمارية / التخصص هندسة معمارية والمكلف بإنجاز مذكرة

ماستر بعنوان:

نحو أحياء مرنة للتجارات في إدارة مياه الأمطار

Vers des quartiers résilients : innovations en gestion
des eaux pluviales.

أصيح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية ومعايير الأخلاقيات العلمية والنزاهة الأكاديمية

المطلوبة في إنجاز البحث، وأتحمل المسؤولية الشخصية عن كل المحتوى المتضمن في البحث المذكور أعلاه.

التاريخ: 2025/06/08 إمضاء

المعني


الذي يحدد القواعد المتعلقة بالوقاية من السرقة العلمية ومكافحتها 2010 جولية 28 المؤرخ في 933 ملحق القرار الوزاري رقم 1