

المملكة المغربية
Royaume du Maroc

Ecole Hassania
des Travaux Publics



الدرسة الحسنانية للأشغال العمرانية



Mémoire de Projet de Fin d'Etudes

Pour l'obtention du diplôme

Ingénieur d'Etat en Génie de l'Hydraulique de l'Environnement et de la Ville

Option : Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

Sous le thème :

Guide des techniques alternatives en assainissement: Viabilisation d'un site de Bouskoura

Soutenu par :

M. SORO Ousmane

Encadré par :

Pr. RHOZLANE (EHTP)

M. BERRADA (SERD)

M. BOUHAFID (SERD)

⌘ Dédicaces ⌘

A ma mère,

Dont le courage dans l'éducation et la prise en charge de ses enfants méritent, à n'en point douter, un vibrant hommage, bien plus que ce que cette molle dédicace ne saurait exprimer, tant ma fierté d'être son fils déborde de mon cœur,

A mon père,

Ainsi que toute ma famille élargie et les braves gens de mon Korhogo natal,

A mes grandes sœurs,

Qu'ALLAH les rétribue et les soutienne dans l'héritage combien lourd de notre mère, qu'IL les supporte et leur donne sa sagesse et le courage de notre mère

A mes beaux-frères ainsi que mes belles familles,

Spécialement Mamadou, qui fût et qui est encore pour moi un second père

A mon grand frère,

Qui a toujours été là pour nous, supportant ses cadets avec son calme remarquable et cela malgré nos innombrables défauts,

A mon petit frère,

Notre fierté, qu'ALLAH l'augmente en science et en piété

A mes petites sœurs,

Pour qui je ne baisserai jamais le bras,

A ma femme,

Qu'ALLAH la préserve,

A ma famille marocaine,

Qui m'a donné la chaleur familiale au Maroc,

A mes frères musulmans,

Dont la fraternité est l'un des plus grands cadeaux de notre seigneur,

A tous mes amis,

Qui m'accompagnent dans les péripéties de ma vie,

Je dédie ce modeste travail.

Remerciements

Je ne saurais débiter la présentation de ce travail sans témoigner ma reconnaissance à ces personnes dont les efforts incessants ont participé à l'aboutissement de ce projet.

Je tiens donc à exprimer ici toute ma gratitude à l'endroit de mon encadrant le Professeur Saïd RHOUZLANE, enseignant chercheur à l'EHTP, qui a su guider mes pas dans les étapes du PFE. Sa présence, son dynamisme et son abnégation au travail m'ont insufflé ce goût du travail qui m'a animé tout au long de ce projet. Dans le même sillage, ma reconnaissance va à l'endroit de l'équipe du Groupe Rainwater Harvesting Royaume du Maroc – EHTP et plus spécifiquement Pr. Mohamed KENFAOUI, Pr Youssef EL GHACHTOUL, Pr Lmahfoudh ASMLAL et Pr Asmae EL KOHEN, qui de par leurs initiatives dans le domaine de bonne gestion des eaux pluviales participent activement à la formation technique et citoyenne des futurs ingénieurs.

Mes remerciements s'adressent également à Mr Yasser BERRADA, Directeur Général du bureau d'études SERD et Mr Khalid BOUHAFID ingénieur dans le même organisme, qui m'ont d'abord accordé leur confiance en me confiant la réalisation de cet projet, et n'ont par la suite ménagé aucun effort pour me mettre dans les conditions logistiques de travail, tout en me faisant grâce de leur expertise dans le domaine à l'œuvre de ma tâche.

Je saisis également cette occasion pour témoigner ma reconnaissance à tous les enseignants chercheurs de l'Ecole Hassania des Travaux Publics pour tous les efforts qu'ils ont déployés pour nous prodiguer l'enseignement dont ce travail n'est qu'un fruit minime. Je remercie par ailleurs le staff administratif pour les conditions d'accueil qu'ils ont mis en place pour me permettre de travailler dans d'excellentes conditions.

Je ne saurais achever cette page sans remercier chaleureusement mes camarades de l'EHTP, particulièrement ceux de ma classe, la promotion GHEV 2008-2011, non seulement pour l'aide qu'ils m'ont apporté dans la réalisation de ce projet, mais aussi leur compagnie durant ces trois années.

Je tiens également à remercier les membres du jury, particulièrement à M. ASSEKOUR et M. LAHJJOUI, qui nonobstant leur emploi du temps chargé et la distance, ont bien voulu prêter leur bienveillance à l'évaluation de ce travail.

RESUME :

Ce travail de fin d'étude s'est fixé comme objectif l'élaboration d'un guide pour les techniques alternatives en assainissement au Maroc. Pour ce faire, il s'est organisé en neuf (9) chapitres repartis en trois (3) parties.

La première portant sur l'Etat d'art des techniques d'assainissement comporte deux chapitres. Le premier présente les généralités en assainissement, le second s'intéresse au cas du Maroc en faisant un état des lieux de l'assainissement au Maroc. Cette partie permet de mettre en évidence les lacunes des techniques appliquées et met en exergue la nécessité d'appliquer d'avantage les techniques alternatives. Ce qui montre le bien-fondé de l'élaboration de ce guide.

La deuxième partie comporte trois(3) chapitres et porte sur l'élaboration du guide. Le premier chapitre fait état des techniques usuellement utilisées au Maroc pour le dimensionnement du réseau d'assainissement collectif. Le second est un guide qui présente les techniques alternatives applicables au Maroc. Le troisième chapitre est consacré à l'élaboration d'un guide de dimensionnement des bassins de rétention. Ceux-ci s'adaptent très bien au cas marocain et leur dimensionnement peut se faire par différentes méthodes. Deux d'entre elles, qui sont les plus appliquées font l'objet de formulaire et de fiches technique de dimensionnement.

La troisième partie qui comporte quatre (4) chapitres où il est question de l'application du guide sur le cas d'un site de Bouskoura.

Ce Rapport s'achève par la présentation des résultats de ce TFE ainsi que les perspectives de continuation qu'ouvre ce sujet.

Table des matières

☞ <i>Dédicaces</i> ☜	1
<i>Remerciements</i>	2
RESUME	3
Partie 1 : Etat d'art en matière d'assainissement liquide au Maroc	14
CHAPITRE1: Généralités sur l'assainissement liquide urbain	14
Introduction	14
I-Situation de l'assainissement dans le cycle de l'eau	15
II-Les modes d'assainissement liquide	16
1-L'assainissement autonome	16
2-L'assainissement collectif	17
III-Les systèmes d'assainissement liquide urbain	18
1-Système unitaire	18
1.1- Définition	18
1.2- Avantages et inconvénients	19
2-Système séparatif	20
2.1- Définition	20
2.2- Avantages et inconvénients	21
3-Le système pseudo-séparatif	21
3.1- Définition	21
3.2- Avantages et inconvénients	21
4-Autres systèmes d'assainissement liquide	22
Conclusion	22
CHAPITRE2: Etat des lieux de l'assainissement au Maroc : Applicabilité des techniques alternatives en assainissement	23
I- Fonctionnement du réseau	24
1- Mode d'assainissement	24
2- Les systèmes d'assainissement liquide	25
II- Les concessionnaires de l'assainissement liquide au Maroc	25
III- Les chiffres clés du réseau d'assainissement liquide	26
1- Chiffres nationaux	26
2- Les chiffres par concessionnaire	29

IV-	Les défaillances de ce réseau.....	41
V-	Les actions entreprises pour pallier aux défaillances	43
1-	Le Programme National d'Assainissement (PNA)	44
1.1-	Consistances physiques et financières du programme	44
1.2-	Financement du programme	46
1.3-	Principaux apports du programme	47
1.4-	Résumé du PNA	48
2-	Le Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide (SDNAL).....	49
	Conclusion.....	51
	Partie 2 :Dimensionnement des réseaux d'assainissement au Maroc.....	52
	CHAPITRE3: Les procédés usuels d'assainissement.....	53
	Introduction.....	53
I-	Dimensionnement du réseau collectif d'eaux pluviales	53
1-	Calcul des débits	53
2-	Calcul des diamètres des conduites.....	56
II-	Dimensionnement du réseau d'eaux usées	57
1-	Calcul des débits	57
2-	Calcul des diamètres des conduites.....	59
	Conclusion.....	60
	CHAPITRE4: Les techniques alternatives en assainissement.....	61
	Introduction.....	61
I-	Généralités sur les techniques alternatives	61
II-	Les techniques alternatives les plus courantes	62
1-	Les bassins de rétention.....	62
2-	Les noues.....	64
3-	Les fossés.....	65
4-	Retenue à la source : toits et chaussées.....	67
4.1-	Toitures en terrasse ou toit vert.....	67
4.2-	Chaussées à Structure Réservoir (CSR)	68
	Conclusion	69
	CHAPITRE5: Les méthodes de dimensionnement des bassins de rétention	70
	Introduction	70
I-	Conditions d'exécution	70
1-	Pour les bassins d'infiltration.....	70

1.1-	Conditions réglementaires.....	70
1.2-	Conditions techniques	70
2-	Pour les bassins de régulation.....	71
2.1-	Conditions réglementaires.....	71
2.2-	Conditions techniques	71
II-	Dimensionnement des bassins de rétention	72
1-	Bases théoriques des méthodes de calcul des retenues	72
1.1-	Etablissement et utilisation de la méthode des pluies.....	72
1.2-	La méthode des volumes.....	74
2-	Démarche pratique de détermination du volume maximal	76
2.1-	Les étapes à suivre.....	76
2.2-	Résumé pratique des méthodes de calcul du volume maximal à stocker	78
3-	Design des bassins de rétention	81
3.1	bassin à ciel ouvert	81
3.2	Bassin enterré en béton armé	82
Partie 3 :	Application au projet : Viabilisation d'un lotissement de 35 hectares par assainissement autonome	84
CHAPITRE6:	Présentation du projet	85
I-	Présentation de la zone d'étude	85
1-	Situation géographique de la zone d'étude.....	85
2-	Climatologie	86
3-	Topographie	87
4-	Hydrogéologie.....	87
5-	Hydrologie.....	88
II-	Consistance du projet	89
CHAPITRE7:	Conception du système d'assainissement et étude des variantes	90
Introduction	90
I-	conception du réseau d'assainissement.....	90
II-	Etude de la faisabilité des variantes de conception.....	91
1-	Faisabilité de la variante 1 : assainissement en réseau séparatif par branchement au réseau collectif	91
2-	Faisabilité de la variante 2 : assainissement en réseau séparatif par construction de bassin de rétention, puis épuration et réutilisation des eaux sur la parcelle	91
3-	Faisabilité de la variante 3 : Aménagement de bassins de rétention pour les eaux pluviales	

et acheminement des eaux usées vers le réseau collectif	93
4- Etude de la variante 4 : assainissement en réseau séparatif par construction de bassin de rétention, puis mélange des eaux épurées et réutilisation sur la parcelle sur la parcelle	94
Conclusion.....	96
CHAPITRE8: Première variante de dimensionnement : assainissement par branchement au réseau collectif	97
I- Assainissement des eaux pluviales	97
1- Calcul des Débits	97
1.1- Coefficient de ruissellement équivalent	97
1.2- Application de la formule de Caquot.....	98
2- Dimensions de la canalisation correspondante à l'exutoire	99
1.1- Calcul par la débitance.....	99
1.2- Utilisation de l'abaque.....	100
II- Assainissement des eaux usées	100
1. Calcul des Débits	101
1.1- La consommation d'eau potable.....	101
1.2- Les hypothèses sur la population.....	101
1.3- La consommation moyenne en eau potable	102
1.4- Les débits de pointe d'eaux usées	104
2- Dimensions de la canalisation correspondante à l'exutoire	105
2.1- Calcul par la débitance.....	105
2.2- Détermination à partir de l'abaque	105
3- Vérification de l'autocurage	106
Conclusion.....	107
CHAPITRE9: Deuxième variante : les bassins de rétention comme techniques alternatives	108
1- Bassin équivalent à tout le terrain	108
1.1- Choix de l'événement pluvieux.....	108
1.2- Coefficient d'apport Ca.....	108
1.3- Débit de fuite.....	110
1.4- Calcul du volume maximal à stocker.....	110
2- Bassin pour le bloc A	112
3- Bassins des autres blocs de la « zone immeubles »	114
4- Bassin pour les voiries la « zone Villa ».....	119
5- Bassins pour les villas	121



Conclusion.....	123
Conclusions générales et perspectives.....	124
Bibliographie	127
Webographie.....	127
Annexes.....	128

Liste des figures :

Figure 1: L'assainissement dans le cycle de l'eau	16
Figure 2: Schéma du réseau unitaire.....	19
Figure 3 : Schéma du système séparatif	20
Figure 4: Travaux de la RAK (source : site internet de la RAK).....	35
Figure 5 : Travaux de la RADEEO (source : site internet de la RADEEO).....	40
Figure 6: Photos des inondations à Derb Soltane - El Fida (Casablanca) en 1996	42
Figure 7:Photos des inondations en 2002 à Mohammedia	42
Figure 8 : parts des différents postes d'investissement.....	45
Figure 9 : parts des différentes sources de financement	46
Figure 10 : Evolution des tarifs de l'assainissement (DH/m ³).....	47
Figure 11: résumé du Programme National d'Assainissement.....	49
Figure 12: Bassin de rétention de Sidi Massoud (Photo, RHOUZLANE, Article Revue de Génie Civil, RHOUZLANE, Zoubir, BATCHABANI, 2009)	63
Figure 13: Photos de bassins en eau (Www.enpc.fr/cereve/).....	64
Figure 14 : Photo d'une noue végétalisée.....	64
Figure 15: Photo d'une toiture en terrasse ou toit vert	67
Figure 16: Schéma d'une chaussée à structure réservoir.....	68
Figure 17: Courbe des hauteurs de pluie (Régis BOURRIER, 1985).....	72
Figure 18: Courbe enveloppe des précipitations décennales (Régis BOURRIER, 1985).....	73
Figure 19: Détermination graphique de la hauteur maximale de stockage par la méthode des pluies (source :Régis BOURRIER, 1985)	74
Figure 20: Détermination graphique de la hauteur maximale de stockage par la méthode des volumes (Régis BOURRIER, 1985).....	75
Figure 21: détermination de Δh_{max}	79
Figure 22 : Bilan des volumes d'eau dans un bassin de rétention	Erreur ! Signet non défini.
Figure 23: Photo d'un bassin à ciel ouvert	81
Figure 24: Intégration paysagère des bassins à ciel ouvert	82
Figure 25: Exemple de bassin enterré en cours de réalisation	83
Figure 26: Schéma type d'un bassin enterré	83
Figure 27 : localisation du site d'étude	86
Figure 28 : Pluviométrie de Casablanca en fonction des mois	87
Figure 29 : Carte géologique de la région de Casablanca	88
Figure 30: Forme du bassin de rétention.....	112
Figure 31 : Abaques de correspondance débitance diamètres de conduites pour les EP	129
Figure 32 : Abaque de correspondance débitance diamètres de conduites des EU.....	130

Liste des tableaux :

Tableau 1: Proportions de ces différents modes d'assainissement par types d'agglomérations	24
--	----

Tableau 2: concessionnaires de l'assainissement liquide au Maroc	25
Tableau 3: Chiffres clés du réseau d'assainissement liquide au Maroc	26
Tableau 4: Infrastructures de la Lydec en 2009	29
Tableau 5: Travaux de la Lydec en 2009	30
Tableau 6: Infrastructures et travaux de la RAMSA jusqu'en 2010	32
Tableau 7: Programme d'infrastructures et travaux de la RAMSA jusqu'en 2013	32
Tableau 8: Indicateurs de la RADEEF en 2006	33
Tableau 9 :Programme d'insetissement de l'ONEP en tre 2008 et 2010	41
Tableau 10: Les paramètres de la formule de Caquot	54
Tableau 11: COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT ELEMENTAIRES.....	56
Tableau 12: Dotations en eau potable de la Lydec.....	58
Tableau 13 : Possibilité d'infiltration et ordre de grandeur de la conductivité hydraulique.....	71
Tableau 14 :Formulaire des étapes à suivre pour le calcul du volume maximal	77
Tableau 15 : limites topographiques du terrain à assainir.....	85
Tableau 16 : Concentrations de polluants dans les eaux usées urbaines	92
Tableau 17 : Normes marocaines pour l'utilisation des eaux traitées en irrigation.....	92
Tableau 18 : Débits des eaux usées	94
Tableau 19 :coefficient de ruissellement équivalent.....	97
Tableau 20 :Paramètres de la formule de Caquot	99
Tableau 21 :les données pour l'application de la formule	99
Tableau 22 : Les dotations d'eau potable	101
Tableau 23 :Les hypothèses sur la population	102
Tableau 24 :La consommation d'eau potable	103
Tableau 25 :Les débits d'eaux usées	104
Tableau 26 : Coefficients de ruissellement zone villa.....	109
Tableau 27 : Coefficient de ruissellement bloc A	113
Tableau 28 : Coefficients de ruissellement des blocs immeubles.....	116
Tableau 29 : Coefficients de ruissellement des blocs immeubles.....	117
Tableau 30 : Volumes d'eau à stocker dans la zone villa	118
Tableau 31 : Volumes à stocker provenant de la voirie de la zone villa	121
Tableau 32 : Volumes à stocker provenant de la zone villa	123
Tableau 33 : Valeurs limites des paramètres bactériologiques	131
Tableau 34 : Valeurs limites des paramètres toxiques	131
Tableau 35: Valeurs limites des paramètres physicochimiques.....	132
Tableau 36 : Valeurs limites des paramètres des ions toxiques.....	132

Liste des abréviations et symboles

EHTP : Ecole Hassania des travaux publics

LYDEC : Lyonnaise des eaux de Casablanca

PGO : pratiques de gestion optimale

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

Ca: coefficient d'apport
Sa : surface active
T : périodes de retour
IDF : Intensité - Durée - Fréquence
BR : bassin de rétention
K : Conductivité hydraulique
R : le rayon hydraulique
PVC : polychlorure de vinyle

CAO : Ciment Amiante ordinaire.

U : Utilisateur

TN: terrain Naturel

INTRODUCTION GENERALE

Parmi ses nobles fonctions, l'ingénieur génie civil en général a à sa charge de bâtir des abris pour les personnes et leurs biens, de rendre ceux-ci accessibles, mais aussi de rendre agréable l'utilisation de ces différents ouvrages et cela, en veillant à minimiser les coûts aussi bien au niveau

économique, social mais aussi sanitaire. Ainsi dans cette tâche de rendre l'environnement humain vivable par des moyens viables, l'ingénieur hydraulicien en particulier, après avoir assuré d'une part dans la desserte en eau potable, se doit d'autre part de maintenir l'équilibre du bilan hydrique en permettant l'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales issues de la superficie concernée.

Il s'agit en effet pour l'ingénieur de recourir par priorité aux pratiques courantes dans les travaux qu'il mène, tout en respectant les normes fixées par le législateur ou le gestionnaire.

Ainsi dans notre projet il s'agira de procéder à l'assainissement d'un terrain de 35 hectares en commençant d'abord par les techniques usuelles puis les compléter par les techniques alternatives, non seulement pour trouver une solution dans le cas où les premières ne donnent pas satisfaction, mais aussi pour s'inscrire dans cette logique de protection de l'environnement et des pratiques de gestion optimisée (PGO) qui sont aujourd'hui incontournables.

Pour ce faire, au fil de ces 12 chapitres, nous commencerons dans une première partie par décrire la situation de l'assainissement au Maroc en nous basant sur les chiffres communiqués par les gestionnaires de ce domaine. Puis dans une deuxième partie nous cerneront les méthodes de dimensionnement usuelles des réseaux d'assainissement au Maroc avant de poser les bases de dimensionnement des techniques alternatives que nous utiliserons, en l'occurrence les bassins de rétention. La troisième partie quant à elle sera consacrée à l'application des bases de dimensionnement préalablement établies sur un cas pratique qui est la viabilisation d'un terrain de 35 hectares par les techniques alternatives en assainissement.

Ce projet, qui est un projet réel est proposé par le Bureau SERD qui se présente ainsi comme un partenaire de l'Ecole Hassania des Travaux Publics dans la formation des élèves ingénieurs, mais aussi affiche la reconnaissance du mérite et de la qualité de cette formation. Sa réalisation s'est déroulée d'une part au sein du Bureau d'Etudes SERD et d'autres parts avec l'équipe du Groupe Rainwater Harvesting Royaume du Maroc – EHTP au sein du département hydraulique de l'Ecole Hassania des Travaux publics.



Partie 1 : Etat d'art en matière d'assainissement liquide au Maroc

CHAPITRE1:Généralités sur l'assainissement liquide urbain

Introduction

L'assainissement liquide est une étape du cheminement de l'eau dans la nature. Dans le contexte actuel d'urbanisation effrénée, vue la croissance de la population et les aspirations au développement, il s'impose à nous de comprendre la position de l'assainissement dans le cycle de l'eau afin d'appréhender non seulement son importance mais aussi la nécessité de sa réalisation

comme il se doit.

I- Situation de l'assainissement dans le cycle de l'eau

Le cycle de l'eau, comprend plusieurs étapes. En commençant par l'évaporation des eaux, on peut les classer suivant l'enchaînement suivant :

- ✓ L'évapotranspiration : l'eau part de la forme liquide à la forme vapeur en s'évaporant des grands plans d'eaux tels que la mer, les cours d'eau, les lacs etc... et des flaques d'eau plus petites tels que les eaux stagnantes et les eaux d'irrigation, mais aussi par la transpiration des êtres vivants.
- ✓ L'accumulation en nuages
- ✓ La tombée sous forme de précipitation

Après cette étape plusieurs branches suivent :

- La restitution directe au milieu naturel : L'infiltration dans le sol, la tombée directe dans les grands plans d'eau et ruissellement vers ceux-ci
- Le captage et l'utilisation par les êtres vivants puis la restitution au milieu naturel
- Etc...

L'assainissement se situe dans cette étape de restitution au milieu naturel.

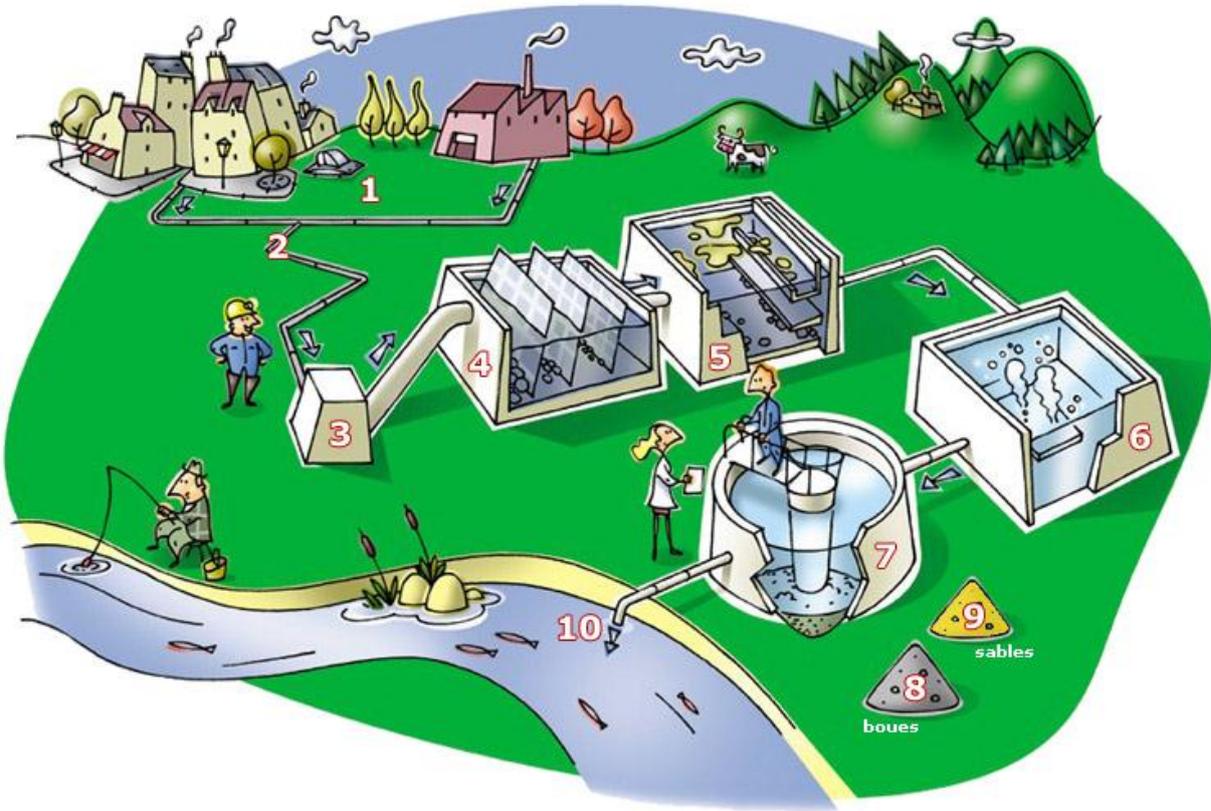


Figure 1: L'assainissement dans le cycle de l'eau

II- Les modes d'assainissement liquide

On désigne par mode d'assainissement la manière dont on procède à l'assainissement d'une localité en termes de regroupement ou non des habitats et des terrains à assainir ainsi que la gestion du processus d'assainissement.

Aussi distingue-t-on deux modes d'assainissement.

1- L'assainissement autonome

L'assainissement autonome, également appelé assainissement individuel ou assainissement non collectif, consiste à traiter les eaux pluviales et usées directement sur le terrain à assainir. Dans les zones d'habitats dispersés, le recours à l'assainissement autonome constitue une alternative à la construction de réseaux d'assainissement. Un système individuel conforme à la réglementation, adapté au type de sol, à la surface disponible et correctement entretenu permet d'assurer une

protection satisfaisante des milieux récepteurs face à des rejets dispersés pour des coûts d'investissement largement inférieurs à ceux d'une desserte par réseau collectif.

Le système d'assainissement autonome a un certain nombre d'inconvénients:

- Coûte cher (par le coût des vidanges)
- Nécessite une alimentation en eau abondante et fiable sous canalisation
- N'est possible que pour des logements à faible densité
- Nécessite une vidange régulière des boues qui doivent être manipulées avec précaution.

2- L'assainissement collectif

C'est un mode d'assainissement dans lequel on collecte les eaux pluviales et usées effluentes de plusieurs habitats. Celles-ci sont collectées et regroupées et acheminées vers un exutoire en passant par diverses installations dépendant du système d'assainissement adopté. Elles sont en générales à la charge de la collectivité publique qui peut léguer leurs gestions à des organismes tiers.

L'assainissement collectif se rencontre davantage dans les grandes agglomérations où leur installation s'impose souvent du fait du manque d'espace pour pratiquer l'assainissement autonome et aussi l'investissement requis est beaucoup plus rentable vu que l'on procèdera au branchement de nombreux logements qui sont à proximité les uns des autres. Il s'agit des systèmes qui collectent les eaux usées d'une zone comprenant un grand nombre de logements pour les amener à une station d'épuration.

Il donne lieu à plusieurs systèmes d'assainissement tels :

- ✓ le système unitaire
- ✓ le système séparatif
- ✓ le système pseudo-séparatif

Le choix du mode d'assainissement liquide est influencé entre autres par la typologie de

l'habitat et les conditions socioéconomiques de l'utilisateur. La différence entre les modes d'assainissement est d'autant plus marquée que l'on est en présence de quartiers à habitat planifié, équipé de réseaux et de stations d'épuration, mais autour desquels se sont progressivement développés des quartiers à habitat spontané.

III- Les systèmes d'assainissement liquide urbain

On désigne par type ou système d'assainissement la manière de collecter les eaux pluviales et usées en termes de séparation ou non de ces deux types d'eaux dans les canalisations et autres ouvrages constitutif du réseau d'assainissement. On distingue trois (3) principaux systèmes d'assainissement liquide qui sont le système séparatif, le système unitaire et le système pseudo-séparatif.

Les systèmes d'assainissement doivent répondre aux objectifs suivants :

- protéger la population et le milieu naturel contre les risques sanitaires liés aux eaux polluées;
- diminuer les rejets anthropogènes dans le milieu naturel;
- conserver ou rétablir un régime hydrologique aussi naturel que possible dans les zones urbanisées;
- obtenir une gestion optimale des eaux pluviales, si possible au niveau du bien-fonds, en vue de minimiser les dégâts liés aux événements de pluie exceptionnels et d'intégrer les eaux pluviales en tant qu'élément du paysage urbain.
- Les réseaux correspondants sont à écoulement libre mais peuvent comporter certaines sections en charge. On distingue :

1- Système unitaire

1.1- Définition

L'évacuation de l'ensemble des eaux usées et pluviales est assurée par un seul réseau

généralement pourvu de déversoirs permettant en cas d'orage le rejet direct, par surverse, d'une partie des eaux dans le milieu naturel.

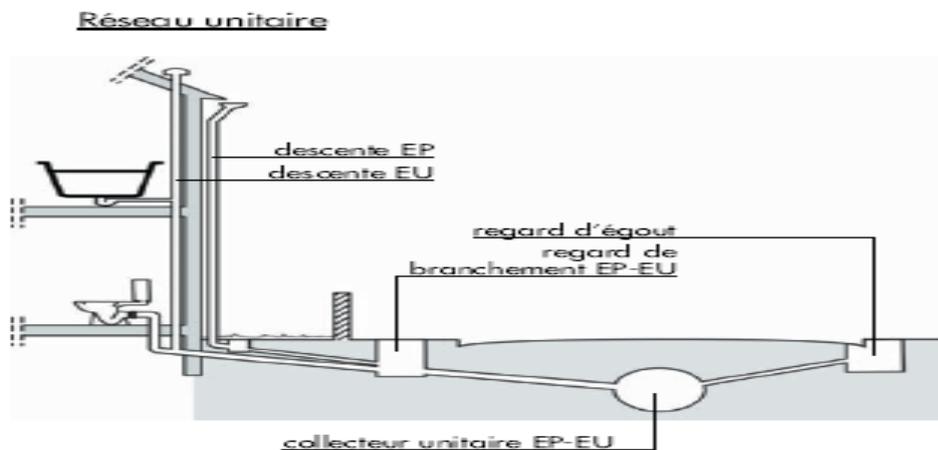


Figure 2: Schéma du réseau unitaire

Les réseaux unitaires posent certains problèmes. L'installation de station d'épuration est souvent confrontée à des critères de choix des débits des effluents et de leur qualité. Et lorsque ces ouvrages existent, les déversoirs d'orage et les stations d'épuration sont débordés lors des fortes précipitations.

1.2- Avantages et inconvénients

Même s'il permet d'économiser la construction d'un réseau d'eau usée, ce système n'est pas adapté au pays de courte saison des pluies. En effet le réseau doit être dimensionné pour des débits d'eaux pluviales et convient mal aux eaux usées qui y transitent pourtant seules la majeure partie du temps. Les conditions d'autocurage n'étant pas requises pour le dimensionnement de ce type de réseau, la rareté des pluies fait que cet autocurage ne s'effectue pas.

Le mélange des eaux de pluie avec les eaux usées provoque une réduction des concentrations qui nuit à l'efficacité de l'épuration. D'autre part, le débit important des eaux engendre une surcharge par rapport au dimensionnement de la station d'épuration et, très fréquemment, des déversements directs des eaux non traitées dans le milieu naturel.

Par ailleurs, la mise en charge d'un réseau unitaire suite à une pluie exceptionnelle peut provoquer une submersion des voies et des habitations avec des eaux collectant des excréta.

Souvent, les réseaux unitaires sont des solutions d'un réseau séparatif initialement conçu pour collecter les eaux pluviales, dans les cas suivants :

- aucune solution viable n'a été proposée aux populations pour l'assainissement des eaux usées, débouchant sur un règlement de l'assainissement.
- la gestion du réseau par l'exploitant au cas où ce réseau existe et est défaillante : il n'a pas contrôlé le raccordement conforme des habitations au réseau.

2- Système séparatif

2.1- Définition

Le réseau séparatif distingue la collecte des eaux usées de celle des eaux de pluie. Une canalisation est donc réservée à l'évacuation des eaux usées domestiques (eaux ménagères) auxquelles peuvent se joindre, sous certaines conditions, des eaux industrielles quand elles ont des caractéristiques proches de celles des eaux domestiques.

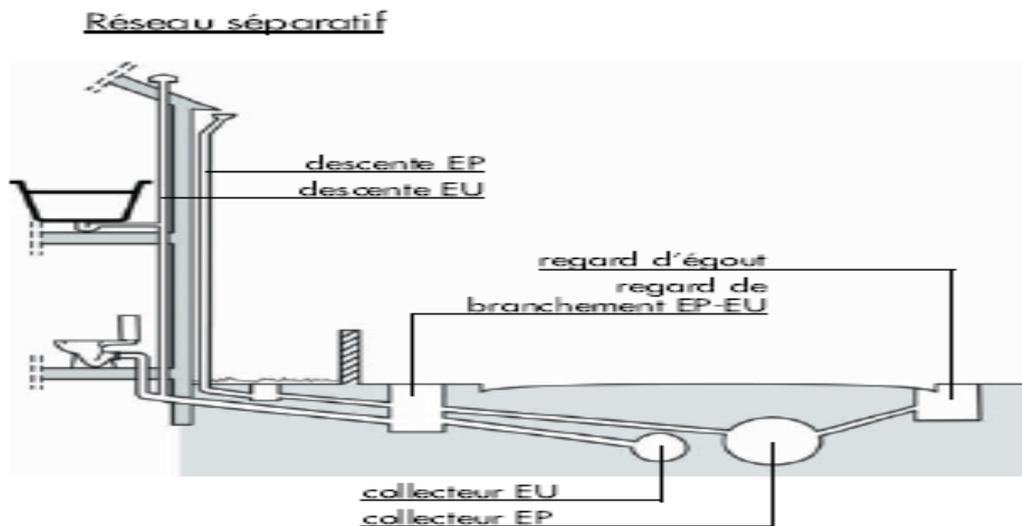


Figure 3 : Schéma du système séparatif

Le réseau séparatif se trouve souvent complémentaire du réseau unitaire lors des extensions des villes et de la modernisation des réseaux.

Le principe du système d'assainissement séparatif est d'organiser la collecte des eaux pluviales et usées des habitats, voiries et équipement de façon à les conduire les eaux usées vers une station d'épuration s'il en existe et les eaux pluviales des bassins de rétention et des exutoires naturels. L'objectif de l'assainissement restant de débarrasser le milieu urbain des eaux qui peuvent devenir une nuisance en causant le moindre de dommages possible à l'environnement.

2.2- Avantages et inconvénients

L'individualisation des réseaux d'eaux usées et d'eaux pluviales présente des avantages :

- ✓ la régularité du débit et de la qualité des effluents EU dans le temps, qui facilite la gestion de la station d'épuration.
- ✓ La mise en place d'un réseau d'eaux usées de petites sections par rapport au réseau unitaire et adapté à l'évacuation de faibles débits respectant les conditions d'autocurage.

Toutefois ce système présente aussi des inconvénients parmi lesquels:

- ✓ la grande largeur des tranchées
- ✓ une plus grande quantité de canalisation
- ✓ Le coût élevé de la mise en place

Ces inconvénients se résument donc aux coûts élevés des canalisations.

3- Le système pseudo-séparatif

3.1- Définition

C'est un système séparatif modifié qui permet d'admettre dans le réseau d'eaux usées des concessions les eaux de ruissellement provenant des toitures, des cours, des jardins et des eaux domestiques. Par contre les eaux de ruissellement des voies publiques et espaces libres sont évacuées séparément dans un réseau pluvial.

3.2- Avantages et inconvénients

Ce système permet l'économie la réalisation d'un branchement eau pluviale en plus du branchement eau usée et simplifie la surveillance des raccordements des usagers du réseau. C'est souvent un système dérivé du système séparatif, qui s'est imposé de fait en l'absence de contrôle de conformité des raccordements. Il peut aussi s'agir d'un réseau initialement unitaire qui a subi une évolution lors des travaux de voirie (un réseau spécifique a été construit pour évoluer vers un réseau

séparatif) ou pour soulager le réseau initial saturé.

On trouve aussi d'autres systèmes d'assainissement mais qui sont moins connus que ceux précités. Parmi eux, on compte : le système mixte, composite etc...

4- Autres systèmes d'assainissement liquide

On note également l'existence de d'autres systèmes d'assainissement moins répandus tels que :

✓ **Systeme mixte.**

On appelle communément système mixte un réseau constitué suivant les zones en partie en système unitaire et en partie en système séparatif.

✓ **Systeme composite.**

C'est une variante du système séparatif qui prévoit, grâce à divers aménagements, une dérivation partielle des eaux les plus polluées du réseau pluvial vers le réseau d'eaux usées en vue de leur traitement.

✓ **Systemes spéciaux.**

L'usage de ces systèmes n'est à envisager que dans les cas exceptionnels, On distingue :

✓ **Systeme sous pression sur la totalité du parcours.**

Le réseau fonctionne en charge de façon permanente sur la totalité du parcours.

✓ **Systeme sous dépression.**

Le transport de l'effluent s'effectue par mise des canalisations en dépression.

Conclusion

L'assainissement liquide se situe au niveau de la restitution au milieu naturel des eaux entrant sur une parcelle. C'est une opération qui peut se faire selon le mode collectif ou individuel et selon plusieurs systèmes de réseaux dont les plus fréquents sont les systèmes unitaire et séparatif.

CHAPITRE2:Etat des lieux de l'assainissement au Maroc : Applicabilité des techniques alternatives en assainissement

Introduction

Le développement économique du Maroc s'accompagne d'une forte urbanisation. Ce phénomène accéléré nécessite la mise en place d'infrastructures incontournables dont un réseau

d'assainissement adéquat, respectant les normes du développement propre et durable.

Cependant les inondations répétées dans divers milieu urbain font état du mauvais fonctionnement de ce réseau. En effet le système d'assainissement au Maroc présente deux types de réseaux : les réseaux séparatifs d'eaux pluviales et d'eaux usées dans les nouveaux lotissements et les réseaux unitaires dans les réseaux anciens et les médinas.

Et au-delà de cette différence, il faut noter que les réseaux anciens qui constituent les collecteurs principaux n'étaient pas dimensionnés pour faire face à une urbanisation aussi rapide. D'où l'apparition de problèmes répétés au niveau des réseaux d'assainissement.

Pour pallier à ces problèmes, diverses actions sont mises en places par les intervenants dans le domaine. Aussi pour coordonner les actions de ces différents intervenants, l'Etat marocain a mis en place un Plan National d'Assainissement.

Dans ce chapitre, nous présentons un état des lieux sur l'assainissement à l'échelle nationale, faisant cas des réseaux existant ainsi que les perspectives de développement dans ce secteur.

I- Fonctionnement du réseau

1- Mode d'assainissement

L'assainissement au Maroc présente une dominance de l'assainissement collectif. Ce mode d'assainissement se rencontre surtout dans le milieu urbain. En effet, en 2000, 80% des centres urbains sont assainies par assainissement collectif ; Ce qui représente 97% de la population.

Quant à l'assainissement autonome, il ne représentait à cette date que 20% des ménages urbains assainis, ceux-ci n'abritant que 3% de la population. Nous présentons ici les proportions de ces différents modes d'assainissement en fonction de la taille des agglomérations.

Tableau 1: Proportions de ces différents modes d'assainissement par types d'agglomérations

	Grandes villes		Centres urbains moyens		Petits centres urbains	
	Nombre de centres assainis (en %)	Pourcentage de la population	Nombre de centres assainis (en %)	Pourcentage de la population	Nombre de centres assainis (en %)	Pourcentage de la population
Assainissement Collectif	100	100	98	99	74	79

Assainissement						
Autonome	0	0	2	1	16	21

(Article de H. El MAHRAZ paru dans *Hommes, terre et eaux* n° 117 décembre 2000)

2- Les systèmes d'assainissement liquide

Le développement économique du Maroc s'accompagne d'une forte urbanisation. Ce phénomène accéléré nécessite la mise en place d'infrastructures incontournables dont un réseau d'assainissement adéquat, respectant les normes du développement propre et durable.

Le système d'assainissement au Maroc présente deux types de réseaux : les réseaux séparatifs d'eaux pluviales et d'eaux usées dans les nouveaux lotissements et les réseaux unitaires dans les réseaux anciens et les médinas.

Les centres urbains marocains présentent une dominance, du réseau unitaire. Ce type de réseau se rencontre dans 68% des ménages abritant 83% de la population.

Le réseau séparatif pur ne se rencontre que dans 16% des ménages ; ceux-ci abritent 5% de la population urbaine. Le reste des centres urbains dispose d'un réseau mixte avec généralement une prédominance du système unitaire.

II- Les concessionnaires de l'assainissement liquide au Maroc

Le tableau suivant regroupe les concessionnaires de l'assainissement liquide au Maroc.

Tableau 2: concessionnaires de l'assainissement liquide au Maroc

Villes	Concessionnaires
Casablanca	Lydec
Rabat/Salé	Redal
Tanger/Tétouan	Amendis

11 localités :	Régies municipales autonomes :
Agadir	RAMSA
Marrakech	RADEEMA
Fès	RADEEF
Meknès	RADEEM
Kenitra	RAK
Safi	RADEES
El Jadida	RADEEJ
Larache	RADEEL
Tadla/Béni-Mellal,	RADEET
Oujda	RADEEO
Chaouia-Settat	RADEEC
Autres villes et communes rurales	ONEP

III- Les chiffres clés du réseau d'assainissement liquide

1- Chiffres nationaux

Tableau 3: Chiffres clés du réseau d'assainissement liquide au Maroc

Taux de desserte (accès à une source améliorée d'eau potable)	82 % (2004)
Taux de raccordement aux services d'égouts	70% (source : Mohamed RIFKI -PNA)
Continuité du service d'eau potable en milieu urbain	près de 100 % (estimé)

Consommation moyenne par jour (l/j/h)	71 L/j/hab.
Prix moyen de l'eau en USD/m³)	entre 0,29 et 0,66 (3,20 et 7,18 dirhams) en 2008
Part des branchements avec compteurs	près de 100 % (estimé)
Montant investi annuellement dans l'eau et l'assainissement	5,7 milliards de dirhams (687 millions de USD), correspondant à 22 USD par personne (2005)
Part financée par le prix de l'eau	Faible
Part financée par le budget général	Environ 30% du PNA avec les collectivités publiques (Mohamed RIFKI -PNA)
Part financée par des apports extérieurs	Elevé (environ 70% du PNA)
Institutions	
Responsable de la politique sectorielle de l'eau	Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement pour la gestion des ressources en eau
Régulateur national	Aucune institution dédiée, mais certaines fonctions de régulation sont confiées au ministère de l'Intérieur

Exploitation du service en milieu urbain	Un opérateur national, l'ONEP, 4 opérateurs privés (<u>LYDEC</u> , Redal, Amendis et SMD) et 12 Régies		
Exploitation du service en milieu urbain	Environ 4,500 associations d'usagers (2004		
Accès à l'eau	Urbain	Rural	Total
Robinet dans l'habitation	82,6 %	18,1 %	58,3 %
Robinet dans le jardin	2,6 %	1,7 %	2,2 %
Eau en bouteille	0,6 %	0,3 %	0,5 %
Borne Fontaine	10,8 %	11 %	10,9 %
Puits protégés	0,8 %	13,5 %	5,6 %
Puits ouverts	1 %	26,6 %	10,7 %
Sources	0,9 %	17,2 %	7,1 %
Rivières ou ruisseaux	0,0 %	5,4 %	2,0 %
Lacs, réservoirs de barrages	0,0 %	0,3 %	0,1 %

Eau de pluie	0,0 %	4,0 %	1,5 %
Camion citernes	0,6 %	1,5 %	0,9 %
Autre	0,1 %	0,4 %	0,2 %
Total	100 %	100 %	100 %

- (Sources : Wikipédia, Présentation du PNA par Mohamed RIFKI, », direction Planification et Stratégie ONEP, 2005)

2- Les chiffres par concessionnaire

➤ Lydec

Par une délibération du Conseil de la Communauté Urbaine de Casablanca, adoptée à l'unanimité le 15 avril 1997, la LYDEC ou Lyonnaise des eaux de Casablanca s'est vu confier, pour une durée de 30 ans la gestion déléguée de la distribution d'électricité, d'eau potable et du service d'assainissement liquide à Casablanca et Mohammedia. LYDEC a commencé ses activités le 1er Août 1997. Elle assure la gestion de l'assainissement liquide de la ville à travers :

- 4058 km de collecteurs ;
- 29 stations d'assainissement qui envoient les eaux usées vers la station de prétraitement d'El Hank.

En 2007 l'activité de l'assainissement liquide a représenté près de 33 % du total des montants investis. Les chiffres en fin 2009 sont les suivants :

❖ Les infrastructures de la Lydec:

Tableau 4: Infrastructures de la Lydec en 2009

Longueurs de collecteurs	Stations de relèvement des EU	Stations de prétraitement des EU	pompes	Bassins de stockage des EP

3748 km	55	2	133	39=>500 000 m ³
---------	----	---	-----	----------------------------

(source : site internet de la Lydec)

❖ Les travaux réalisés au cours de l'année 2009 :

Tableau 5: Travaux de la Lydec en 2009

Grands Collecteurs nettoyés	Réseaux 2 nd aire et 3 ^{aire} curées	Canalisations renouvelées et renforcées	Canalisations posées en extension	Canalisations posées en lotissements	Branchement projet INDH-Inmae	Branchement total grand public
9,25 km	349 km	11,1 km	61,1km	203,8	4931	5459

(source : site internet de la Lydec)

➤ **RAMSA**

❖ **Situation actuelle**

Les conclusions du diagnostic de l'état actuel du réseau d'Assainissement sont les suivantes :

- Réseau de type unitaire dans sa quasi-totalité à l'exception du secteur touristique et balnéaire, situé en bordure des plages de la baie d'Agadir, qui est desservi par un réseau de type séparatif, et équipé de stations de pompage relevant les eaux usées vers le collecteur principal de la ville,
- L'absence quasi-totale de tout système de prétraitement des rejets des unités industrielles, qui rejoignent le réseau d'Assainissement à l'état brute, et les quantités importantes de déchets solides notamment de déchets de poissons envoyés avec les effluents liquides vers les égouts, ce qui cause des problèmes d'obstruction du réseau d'Assainissement et entrave le fonctionnement de la station de traitement,
- Les odeurs constatées au niveau de certains sites provoquées par la production de gaz H₂S dans les canalisations génèrent des nuisances olfactives et la corrosion des installations d'Assainissement,
- L'ensablement de réseau causé notamment par le charriage de matériaux solides (sables, gravas, cailloux etc. ...) en temps de pluie,
- L'insuffisance et/ou mauvais emplacement des ouvrages d'engouffrement des eaux pluviales de la voirie,

- Disparition fréquente des tampons de fermeture des ouvrages,
- Existence d'une multitude de rejets d'eaux usées en mer à l'état brute dans la zone d'Anza,
- Sous-équipement, en réseau d'Assainissement au niveau de certains centres périphériques de la ville d'Agadir (Azrou - M'zar – Kasbat Taher à Ait Melloul).
- Absence du réseau d'assainissement des centres Aourir, Aghroud à Bensergao et la zone des Piémonts d'Agadir
- Les eaux usées sont actuellement évacuées :
 - pour le secteur Nord à Anza : en bordure de côte au nord du Port d'Agadir, sans traitement
 - pour la zone portuaire : en mer au niveau de la jetée principale du port d'Agadir, sans traitement
 - pour le reste de l'agglomération du Grand Agadir : traitement primaire des effluents par lagunage anaérobie à hauteur de 50 000 m³/j et traitement secondaire par le procédé infiltration percolation sur sable d'une capacité de 10.000 m³/j avec évacuation de ces eaux via un émissaire court de 700 Ml

Malgré la collecte et le traitement d'une grande partie des eaux usées du Grand Agadir, des problèmes importants restent à régler :

- la collecte et le traitement des eaux usées de la zone Nord d'Agadir (Port, Anza Urbain et Anza Industriel)
- Eaux pluviales : menace d'arrivée d'eaux extérieures au périmètre urbain avec les conséquences en termes de débordement vers les zones urbanisées et de saturation des collecteurs et drains pluviaux
- Eaux usées : rejets d'eau trop chargés en matière organique et saumures de la part de nombreux industriels de la tranche agroalimentaire favorisant :

L'émanation d'H₂S dans le réseau avec dégagement des odeurs nauséabondes.

Forte salinité à la sortie de STEP M'Zar.

❖ Réalisation 2006 – 2010

Les grandes lignes des réalisations dans cette période se résument à :

- La restructuration de la distribution par l'adoption d'une structure étagée (création d'étages,

séparation des étages, ...) pour assurer des conditions de desserte optimales

- Création d'interconnexions entre les sous réseaux
- Le renforcement de la capacité de stockage et de transfert par la construction de nouveaux réservoirs
- Extension de réseau pour l'alimentation des nouvelles zones d'extension (ZUN Hay Mohammadi, lotissement Adrar, zone sud Ait Melloul, Zaitoune, Taddart à Anza, Aourir, Tamraght, etc.)
- Le suivi et l'amélioration du rendement de réseau (Recherche de fuites, changement des compteurs, réhabilitation réseau,...)
- La réhabilitation des stations vétustes ;

Les objectifs fixés ont été atteints grâce à ces investissements ; En effet les indicateurs de gestion de la distribution d'eau potable dans le Grand Agadir confirment l'aboutissement de ces orientations.

Tableau 6: Infrastructures et travaux de la RAMSA jusqu'en 2010 en KDH

	2006	2007	2008	2009	2010
INFRASTRUCTURE	24 775	31 420	31 490	37 620	37 540
REPARTITION ET DISTRIBUTION	11 644	14 350	15 700	19 280	19 640
MOYENS D'EXPLOITATION	1 657	3 796	2 670	1 130	1 965
TRAVAUX REMBOURSABLES	6 537	5 500	4 900	4 100	4 610
	44 613	55 066	54 760	62 330	63 755
Total	216 769				

❖ **Présentation du programme d'investissement 2009 – 2013**

Tableau 7: Programme d'infrastructures et travaux de la RAMSA jusqu'en 2013 en MDH

Chapitre	2009	2010	2011	2012	2013	TOTAL
Chapitre I- Infrastructure	193.68	233.98	173.80	53.80	16.00	671.26
Chapitre II- Répartition et distribution	61.00	41.70	48.00	49.00	24.00	223.70
Chapitre III- Moyens d'Exploitation	2.27	0.54	2.24	0.54	2.84	8.43
Chapitre IV- Travaux Remboursables	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	55.00
TOTAL	267.95	287.22	235.04	114.34	53.84	958.39

➤ RADEEMA

La RADEEMA assure la distribution d'électricité, d'eau potable et la gestion du service d'assainissement liquide au niveau de la ville de Marrakech. Elle a la gestion de 122 206 branchements d'assainissement liquide.

Le linéaire total des réseaux de distribution et de collecte d'eau en 2009 est de 6 682 Km répartis comme suit :

- Eau potable: 1 997 Km
- Assainissement : 1 940 Km

Les principales actions entreprises et réalisées durant cette période ont permis de résoudre de sérieux problèmes d'électricité, d'eau potable et d'assainissement liquide. Elles ont concerné notamment le renforcement des infrastructures de base, la sécurité d'alimentation en eau, le renouvellement des réseaux défaillants, la protection de l'environnement. Le linéaire total des réseaux de collecte d'eau d'assainissement évolue fortement d'année en année. Rien que sur la période 2008-2009 les chiffres sont :

- ✓ Rapport de gestion 2008 : 1 696 Km
- ✓ Rapport de gestion 2009 : 1 940 Km

Le montant consolidé des investissements réalisés en 2009 s'élève à 518 MDH contre 461 MDH en 2008, soit une augmentation de 12% et un cumul de 1 753 MDH durant les cinq dernières années.

➤ RADEEF

❖ Indicateurs 2006

Tableau 8: Indicateurs de la RADEEF en 2006

Longueur du réseau (Km)	:	1 731
Stations de traitement	:	3
Stations de relevage	:	2
Nombre de branchements	:	120 175
Taux de desserte	:	96 %

❖ **Investissement de la RADEEF en 2008 :**

La Régie autonome de distribution d'eau et d'électricité de Fès (RADEEF) a programmé des investissements de l'ordre de 274,52 millions de DH au cours de l'année 2008.

Pour le secteur de l'assainissement (119,35 MDH), la RADEEF a fixé pour objectifs en 2008 l'amélioration de l'assainissement de divers secteurs de la ville par un arrêt total des écoulements à ciel ouvert ou dans les cours d'eau, la réduction substantielle des retours d'eaux usées et le lancement des travaux de réalisation de la station d'épuration des eaux usées de Fès pour permettre la dépollution de Oued Sebou.

➤ **RAK**

La ville de Kenitra est divisée principalement en six grands bassins.

- Le bassin versant A draine la zone industrielle située au Nord-Est d'une superficie de 225 ha ;
- Le bassin versant B, de forme très allongée, est long de 4 km environ. Son collecteur principal draine une superficie totale de 250 ha ;
- Le bassin versant C, d'une superficie de 145 ha, draine la nouvelle médina ;
- Le bassin versant D, drainé par le collecteur D de l'avenue Mohamed Diouri et par le collecteur D1 du Boulevard Moulay Youssef, totalise une superficie de 470 ha ;
- Le bassin versant E draine le quartier Val Fleury d'une superficie de 110 ha ;
- Le bassin versant F situé à l'Ouest de Kenitra draine les lotissements récemment construits (Bir Rami, Ouled Oujih, la zone industrielle de Bir Rami,...) et s'étend sur une superficie de l'ordre de 1 200 ha.

Traitement et rejet des eaux usées:

Les eaux usées de l'agglomération de Kenitra sont actuellement entièrement rejetées sans traitement dans l'oued Sebou.

Réseau de collecte des eaux usées et pluviales:

La ville de Kenitra est dotée d'un réseau d'assainissement de type unitaire qui couvre la quasi-totalité de la ville. Le linéaire du réseau est de 646.2 km se répartissant comme suit :

- réseau d'ossature primaire et secondaire : 90.6 km
- réseau tertiaire : 555.6 km



Figure 4: Travaux de la RAK (source : site internet de la RAK)

➤ **RADEEJ**

La RADEEJ a mené de nombreux travaux parmi lesquels on compte:

- ✓ Reprise de la gestion des réseaux d'assainissement liquide des villes d'Azemmour, Sidi Bennour et des centres d'Oualidia et Ouled Frej.
- ✓ Achèvement des travaux de délestage du collecteur de la ville basse par la réalisation du déversoir d'orage Ennakhil et le renforcement du déversoir d'orage du port avec l'augmentation de la capacité de transit totale à 10m³/s.
- ✓ Achèvement des travaux de restructuration et de renforcement des collecteurs de la place Mohamed V, de l'avenue Hassan II et de l'avenue Mohamed V.
- ✓ Interception des eaux pluviales à la limite des bassins versants de la ville haute et de la ville basse pour soulager le collecteur principal.
- ✓ Lancement des travaux d'équipement en assainissement liquide de la zone Nord-Est de la ville d'El Jadida (côté camping international)
- ✓ Lancement des travaux de réhabilitation du collecteur principal de l'avenue Mohamed VI et Boulevard de Suez.

- ✓ Le délestage des eaux pluviales de la zone industrielle.
- ✓ La réhabilitation des réseaux des quartiers Mellah, quartier Hajjar et Si Tibari(en cours), Avenue Ibn Khaldoun, Derb Ben Chadlia.
- ✓ La mise à niveau des regards de visite et la création de nouvelles bouches d'égout.
- ✓ Poursuite du programme de curage annuel du réseau pour la suppression des odeurs nauséabondes et l'amélioration des conditions de vie des citoyens dans les villes d'El Jadida et Azemmour et Sidi Bennour.
- ✓ Renouvellement gratuit des branchements vétustes
- ✓ Réalisation des études pour la construction d'un intercepteur de rejets le long de la corniche de la ville d'El Jadida.
- ✓ Lancement des travaux de la tranche d'urgence issue du schéma directeur de l'assainissement liquide du centre d'Oualidia par l'équipement de la partie basse par un système d'assainissement semi collectif.

➤ RADEET

Le taux de branchement au réseau d'assainissement dans la région de Béni Mellal ne cesse de croître. Ce taux était de 63% en 2006. Les projections donnaient un taux de croissance de 0,75% par an soit 64%, 65% et 66% respectivement en 2007, 2008 et 2010.

Mais avec le programme de l'INDH et les efforts consentis dans le cadre de ce programme dans la région de Béni Mellal ces prévisions ont été revues à la hausse. Ce qui donne avec la réalisation de ce programme, les taux de branchement de : 68%, 72%, 77% et 81% respectivement en 2007, 2008, 2009 et 2010.

➤ RADEEO

La ville d'Oujda est dotée d'un réseau d'assainissement liquide unitaire, qui dessert environ 96% de la population.

Ce réseau est constitué de 15 collecteurs d'ossature (49 km environ) drainant chacun un bassin

versant et d'un réseau de collecte assez développé qui totalise environ 927.38 Km.

Le diagnostic physique et hydraulique du réseau effectué en 2002, dans le cadre de l'étude de Schéma Directeur d'Assainissement Liquide de la ville d'Oujda a permis de relever les observations suivantes :

Dégradation des structures allant de l'absence des équipements aux fissurations de regards, effondrements localisés de collecteurs et pénétration des racines dans les regards,

Colmatage plus ou moins avancé des collecteurs,

Mise en charge en temps de pluie et débordements par engorgements des collecteurs,

Présence de nombreux étranglements et d'angles droits,

Présence de plusieurs zones en Contrebas ne pouvant pas être raccordées gravitairement au réseau d'assainissement,

La capacité des réseaux de la ville est inférieure à une capacité biennale,

Rejet direct des eaux usées dans l'oued Bounaim sans aucun traitement.

Grands projets :

❖ **Amélioration de la qualité de service et entretien des réseaux**

Dès la prise en charge de l'activité assainissement liquide, la RADEEO a mené des actions prioritaires pour améliorer le fonctionnement du réseau existant, traiter les points noirs et réduire les rejets des eaux usées près des agglomérations, notamment :

Le curage de près de 140 Km de réseau ;

Le curage de tous les déversoirs d'orage ;

Le traitement de plus de 46 000 réclamations des clients ;

La réalisation d'un collecteur de contournement au niveau du quartier Mir Ali pour mettre fin aux rejets des eaux usées près des habitations.

La réhabilitation de trois stations de relevage sur la rive droite de oued Isly pour éviter le rejet d'eaux usées dans le lit de ce dernier;

La mise à la côte de près de 1600 regards de visite pour assurer la sécurité routière et celle des piétons ;

Le dédoublement en \varnothing 800, sur 1 km, de l'intercepteur principal sur la route de Bouchtat pour renforcer sa capacité d'évacuation;

La construction de l'Ovoïde T150, sur 1 Km, en bordure de la route Aounia pour supprimer les déversements du collecteur H2 près des villages et éviter la réutilisation des eaux usées brutes à des fins agricoles ;

Les travaux de déviation des eaux usées près du quartier EL HASSANI par la réalisation d'un collecteur en \varnothing 600 sur 1.2 Km;

Le renforcement des ouvrages de collecte des eaux pluviales dans certains points noirs du réseau;

La construction d'un canal pour eaux pluviales en section ovoïde T150, sur 1.4 Km en bordure de la route Msalla.

Par ailleurs la Régie poursuit les grands travaux inscrits dans le cadre de la tranche prioritaire d'assainissement liquide entamée en 2008 notamment les travaux de remplacement du collecteur C6, la construction du délesteur D2 et la reprise de ses réseaux amont, la construction de la première station d'épuration de la ville d'Oujda ainsi que les travaux de réalisation de l'intercepteur des eaux usées vers la STEP.

❖ **Réalisation 2009:**

Les principales réalisations au cours de l'exercice 2009 et leur finalité se résument comme suit :

La Régie a poursuivi les missions d'assistances techniques au suivi des travaux de la tranche prioritaire d'assainissement liquide de la ville d'Oujda confiée au groupement SEURECA-KOCKS-CID dans le cadre du marché 484/A/2006, au groupement PHENIXA-BURGEAP dans le cadre du marché 523/A/2007 et au BET ADI titulaire du marché n° 589/A/2008 ;

La création de près de 150 bouches d'égout à avaloir et à grille afin d'améliorer la collecte et l'évacuation des eaux pluviales dans les différents points noirs de la ville ;

La réalisation des travaux de curage, de réhabilitation et de renforcement du réseau existant pour l'amélioration et l'optimisation du fonctionnement du réseau et des ouvrages existants et ce par la réalisation des travaux suivants :

Curage et inspection de près de 10 Km de réseau et des déversoirs d'orage ;

Réhabilitation d'environ 15 Km de réseau de diamètre allant de DN 300 mm à 600 mm;

Déplacement de 5 Km de réseaux pour accompagner les travaux de requalification urbaine de la ville d'Oujda ;

Mise à la côte de 200 regards de visite et de 150 bouches d'égout à avaloirs et à grille ;

Réfection d'environ 250 branchements.

Le raccordement au réseau d'assainissement des zones situées en contre bas du réseau notamment aux quartiers Hay El HASSANI, ainsi que l'assainissement pluvial des zones basses.

La Régie a poursuivi les projets d'assistance technique à l'Unité de Gestion de Projet (UGP) financés par la Facilité Euro-Méditerranéenne d'Investissement et de Partenariat (FEMIP) et ce afin d'accompagner la réalisation des travaux de la tranche prioritaire d'assainissement liquide de la ville d'Oujda dans le cadre du contrat de financement signé avec la BEI en octobre 2003 ;

La poursuite du programme d'équipement en réseau d'assainissement liquide des quartiers sous équipés dans le cadre de la convention cadre de mise à niveau des quartiers sous équipés de la ville d'Oujda et de sa périphérie, et dans le cadre du PNAL, pour 9 quartiers (environ 1 600 ménages) en 2009.



Quartier ENNAHDA

Quartier OUKACHA



Figure 5 : Travaux de la RADEEOK (source : site internet de la RADEEO)

❖ **Prévisions 2010-2014 :**

Quartier TOUFFAH Quartier WIFFAQ III

Les investissements d'un montant global d'environ 432.5MDH, prévus pour la période 2010-2014, concernent essentiellement l'achèvement de la réalisation des travaux de la tranche prioritaire d'assainissement liquide de la ville d'Oujda, financée dans le cadre du contrat de financement conclu avec la Banque Européenne d'Investissement (BEI), pour un montant de 30 Millions d'Euros (environ 320 MDHS), les prestations d'assistance technique à l'Unité de gestion de projet (UGP) financée par subvention de 2 Millions d'Euros de la Facilité Euro-Méditerranéenne d'Investissement et de Partenariat (FEMIP) ainsi que par la subvention de 100 Millions de DHS de la Direction des Collectivités Locales du Ministère de l'Intérieur et du Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement (MATEE) et ce dans le cadre du programme national d'assainissement liquide (PNAL).

La tranche prioritaire consiste en :

Les études des avants projets détaillés (APD), préparation des dossiers d'appel d'offres (DAO) et suivi des travaux de la tranche prioritaire d'assainissement liquide de la ville d'Oujda ;
Des travaux de réhabilitation, de renforcement et d'extension du réseau existant sur environ 30 km de canalisation de diamètres allant de 300 à 600 mm ;
Des travaux d'interception et de transport des eaux usées vers la future station d'épuration comprenant : 6.5 km de collecteur intercepteur de diamètre 800 mm ;

➤ **ONEP**

Assainissement Liquide et protection des ressources en Eau:

L'ONEP intervient dans le domaine de l'assainissement liquide en vue d'assurer la protection des ressources et d'améliorer les conditions sanitaires des populations dans le cadre d'une vision de

gestion intégrée du cycle de l'eau.

L'Office a mis au point un plan de développement de 15 milliards de Dhs visant à activer la réalisation des projets d'assainissement liquide à l'horizon 2015 dans l'ensemble des communes dans lesquelles il assure la distribution d'eau potable.

L'ONEP assure le service de l'assainissement dans plus de 41 communes totalisant plus de 1,7 millions d'habitants.

❖ Programme d'investissement 2008-2010:

Les projets de l'Office dans ce domaine intègrent systématiquement les trois composantes nécessaires à tout projet viable et durable, à savoir : la collecte, le transport et surtout l'épuration des eaux usées avant leur restitution vers le milieu naturel.

Tableau 9 : Programme d'investissement de l'ONEP entre 2008 et 2010

2008	2009	2010	Total période 2008-2010
983 MDH	914 MDH	1 052 MDH	2 949 MDH

IV- Les défaillances de ce réseau

Les cinquante dernières années ont vu une augmentation nette de la fréquence des inondations au Maroc. La période 1975-2004 s'est distinguée par la nature excessive des rares années humides avec une pluviométrie très forte et concentrée sur de très courtes périodes de l'année. Des centaines de millimètres d'eau sont tombés dans des régions arides en quelques jours et rien pour le reste de l'année.

Le phénomène des inondations au Maroc a commencé à être ressenti plus fortement durant les deux dernières décennies, en raison d'une part, de la croissance démographique, de l'essor économique et du développement urbain, agricole, industriel et touristique qui entraînent une occupation croissante des zones vulnérables et d'autre part, de l'aggravation des phénomènes extrêmes (sécheresse et crues) suite aux changements climatiques engendrant de forts orages localisés à l'origine de crues rapides et violentes.



Figure 6: Photos des inondations à Derb Soltane - El Fida (Casablanca) en 1996

Lors de la semaine du 20 au 27 novembre 2002 le Maroc a connu l'une des plus importantes inondations de son histoire avec des dégâts matériels et humains considérables :

- Au moins 63 morts, 26 disparus, des dizaines de blessés ;
- Des pertes importantes au niveau de l'habitat (24 habitations effondrées; 373 inondés; ...)
- Des centaines d'hectares de terres agricoles endommagés; des centaines de têtes de bétail emportées ;
- Des unités industrielles subissant de graves dégâts notamment à Berrechid et Mohammedia : dans cette ville, la plus importante raffinerie du royaume (La SAMIR) a pris feu ce qui représenterait plus de 300 millions USD en pertes.



Figure 7: Photos des inondations en 2002 à Mohammedia



Figure : Inondation EHTP, Novembre 2010

La région de la grande Casablanca est menacée par le phénomène des inondations et plus particulièrement certaines zones de ladite région, notamment Berrechid et l'Aéroport Mohammed V sont de plus en plus menacées par les inondations de l'oued Bouskoura et des oueds à l'amont de Berrechid (Tamedroust, El Himer, Mazer et Touijine).

Le Maroc prend déjà des mesures rigoureuses pour lutter contre ce fléau à travers la réalisation de barrages. Cependant ces mesures ont besoin d'être renforcées à la source. La récupération des eaux pluviales en est une solution.

V- Les actions entreprises pour pallier aux défaillances

Depuis bien des années déjà, le Maroc s'attèle à mettre en place des solutions problèmes liés à l'assainissement aussi bien urbain que rural. Celles-ci se concrétisent à travers la mise en place d'un certain nombre d'organismes et de programmes affectés à des tâches précises afin de régler des défaillances préalablement répertoriées. C'est ainsi que l'on a pu assister successivement à la concession du secteur de l'assainissement à des entreprises privées dans certains grands centres urbain, puis à la mise en place du Schéma Directeur National de l'assainissement liquide (SDNAL), puis le Programme National d'Assainissement Liquide (PNA) puis les PDAIRES.

1- Le Programme National d'Assainissement (PNA)

Au Maroc, le secteur de l'assainissement liquide accuse un retard considérable, ce qui porte un préjudice grave à la préservation des ressources en eaux et à l'environnement de manière générale. En effet, en 2005 un volume de 600 Millions de m³ d'eaux usées urbaines a été rejeté sans traitement préalable.

Dans ce sens un Programme National d'Assainissement Liquide et d'Épuration des Eaux Usées (PNA) a été élaboré en 2005, visant à évaluer globalement les coûts de réalisation et de maintenance, et de classer les différents centres selon les priorités conjointement par le Ministère de l'Intérieur et le Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement.

Objectifs :

Ce programme vise deux objectifs principaux à l'horizon 2015 :

- atteindre un niveau de raccordement global au réseau de 80 % en milieu urbain ;
- rabattre la pollution domestique de 60 % en 2010 et 80% en 2015.

1.1- Consistances physiques et financières du programme

Le programme concerne 260 villes et centres urbains, dont le service d'assainissement est géré par les communes, l'ONEP ou les régies, totalisant une population de plus de 10 millions d'habitants en 2005. Il n'inclut pas les centres dont le service d'assainissement est géré par des concessionnaires privés.

Le montant du programme d'investissement est de l'ordre de 43 Milliards de Dirhams, répartis comme suit :

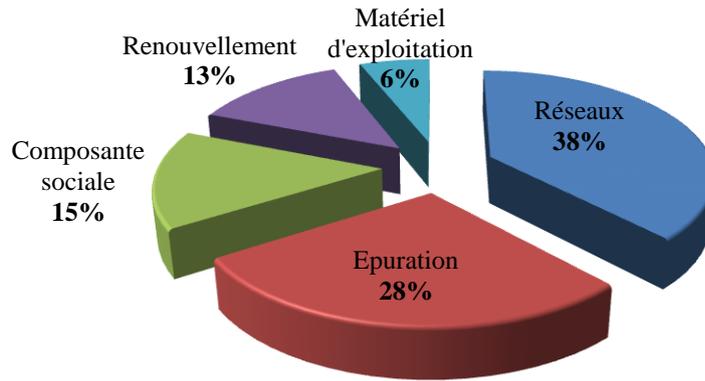


Figure 8 : Parts des différents postes d'investissement

La mise en œuvre nécessite la réalisation des investissements suivants :

- Des investissements dans les réseaux d'assainissement d'un montant de 16,1 Milliards de dirhams et comprenant :
 - La réhabilitation et le curage initial du réseau ;
 - L'assainissement des quartiers non assainis ;
 - L'extension du réseau d'ossature ;
 - L'extension du réseau de desserte et des branchements ;
 - La restructuration et le renforcement du réseau pluvial ;
 - L'interception et le pompage.
- ✓ Des investissements en épuration d'un montant de 11,9 Milliards de dirhams et comprenant :
 - Le prétraitement ;
 - Le traitement primaire ;
 - Le traitement secondaire ;
 - Le traitement tertiaire ;
 - L'émissaire en mer (Grandes Villes côtières de plus de 100 000 habitants).
- ✓ Des frais de renouvellement d'un montant de 5,6 Milliards de dirhams.
- ✓ Des investissements dans la composante sociale d'un montant de 6,8 Milliards de dirhams qui s'inscrivent dans le cadre de l'INDH, cette dernière prévoit notamment l'élargissement de l'accès à l'assainissement dans 250 quartiers urbains pauvres et 360 communes rurales démunies, ces investissements comprennent :
 - L'extension des réseaux d'assainissement dans les quartiers urbains pauvres ;
 - Une augmentation conséquente du nombre de branchements dans ces quartiers ;

- La réalisation d'un assainissement autonome adéquat pour les communes rurales pauvres.
- ✓ L'acquisition de matériel d'exploitation d'un montant de 2,6 Milliards de dirhams.

1.2- Financement du programme

Pour la mise en œuvre de ce programme, le gouvernement a adopté un plan triennal couvrant la période 2006-2008. Ainsi des subventions de l'Etat sont accordées annuellement pour la réalisation des programmes d'assainissement liquide et d'épuration des eaux usées par le biais de :

- Ministère de l'Aménagement du Territoire de l'Eau et de l'Environnement ;
- Ministère de l'intérieur.

Dans un cadre partenarial avec les intervenants suivants :

- Fonds solidarité habitat ;
- Fonds Hassan II pour le Développement Economique et Social ;
- Taxes sur les concessions des carrières situées dans le Domaine Public Hydraulique et les concessions de production d'eau potable.

Globalement le financement de ce programme dont le coût se situe autour de 43 milliards de dirhams pourra se faire selon le scénario suivant :

- Une part de financement du programme est assurée par les usagers, via les tarifs ;
- Le budget général de l'Etat et les institutionnels devront supporter le complément de financement de ce programme.

La figure 9 représente la part de chaque source de financement du programme :

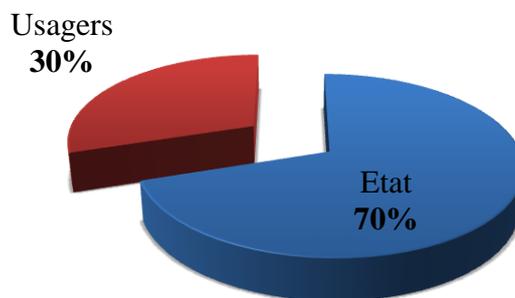


Figure 9 : parts des différentes sources de financement

Il reste à noter que la part des usagers dans le financement se fera à travers la mise en place d'une tarification adéquate. Des révisions des tarifs d'assainissement, qui se situent à 2DH en moyenne en 2005 pour atteindre environ 3,5 DH en 2020 (figure 5), en parallèle avec une amélioration de la gestion.

Ces augmentations des tarifs assureront la part d'autofinancement du programme et le remboursement des prêts.

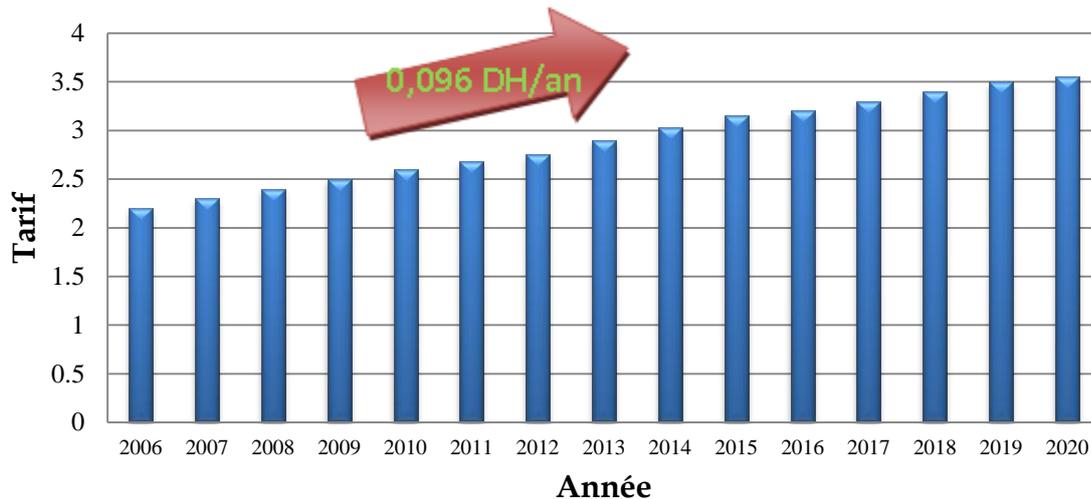


Figure 10 : Evolution des tarifs de l'assainissement (DH/m³)

1.3- Principaux apports du programme

Outre sa contribution à une avancée remarquable du Maroc en termes d'équipements d'assainissement et d'épuration des eaux usées, ce programme permettra des avancées parallèles sur plusieurs secteurs, notamment :

- ✓ Le budget de l'Etat
Ce programme aura un impact positif sur les recettes de l'Etat (IGR, IS, TVA) de l'ordre de 380 millions de dirhams par an ;
- ✓ La promotion des activités économiques
L'ensemble des activités économiques liées au secteur de l'assainissement liquide et de l'épuration des eaux usées (génie civil, équipements électriques et électromécaniques...) connaîtront un développement qui induira le renforcement des entités existantes œuvrant dans le secteur et la création de nouvelles structures ;
- ✓ La création d'emplois
La conception, la réalisation et l'exploitation des ouvrages à réaliser dans le cadre de ce

programme a impliqué la création de plus de 10 000 emplois, dont plus de 2 600 cadres et agents de maîtrise ;

✓ Le développement touristique

Ce programme contribuera au développement touristique du Maroc, en particulier pour sa composante balnéaire, il pourra ainsi créer des conditions propices pour :

- drainer 10 millions de touristes à l'horizon 2010 ;
- mettre à niveau les plages à l'échelle nationale ;
- réaliser les principaux programmes de développement des sites touristiques et balnéaires au Maroc ;

✓ La réduction de la dégradation environnementale

La mise en place de ce programme conduira à une réduction significative de la dégradation de l'environnement, et après sa réalisation, la pollution sera réduite de 100% pour les villes côtières et de 60% pour les centres situés à l'intérieur du pays.

✓ La réduction des risques sanitaires

Les rejets d'eaux usées épurées dans le milieu naturel après réalisation du programme réduiront sensiblement les risques sanitaires pour les populations vivant à proximité des points de rejets ;

✓ La possibilité de réutilisation des eaux usées épurées

Dans le cadre de la promotion des projets intégrés et afin de mieux valoriser les projets d'assainissement et d'épuration des eaux usées, il est indispensable de promouvoir la réutilisation des eaux épurées dans l'irrigation. Le potentiel en eau épurée pourrait permettre la création de petits projets d'irrigation, d'une superficie globale de l'ordre de 60 000 hectares.

1.4- Résumé du PNA

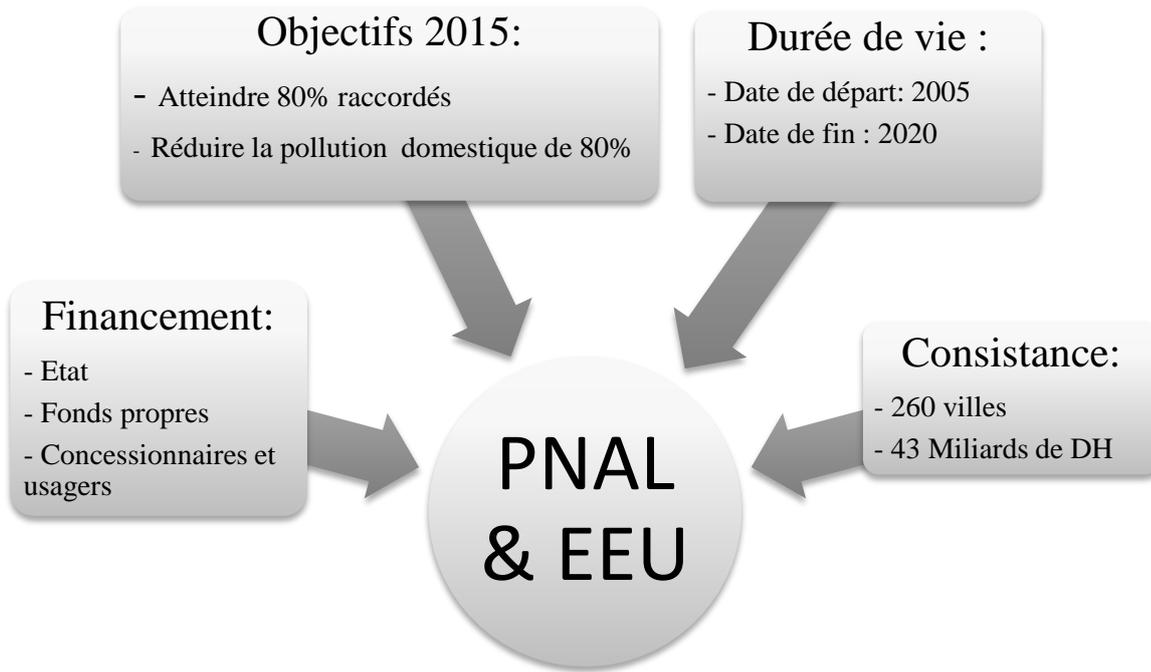


Figure 11: résumé du Programme National d'Assainissement

2- Le Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide (SDNAL)

Afin d'asseoir une stratégie cohérente de gestion du secteur de l'assainissement aux horizons 2005 et 2015 répondant aux objectifs précités et profitant d'autre part de l'expérience accumulée dans ce domaine durant ces dernières décennies, l'étude du SDNAL vise la réalisation des objectifs suivants:

- l'analyse de la situation actuelle de l'assainissement, et l'établissement d'un programme de travaux pour la décennie suivante:
- l'analyse du mode opératoire actuel dans les domaines administratifs et techniques
- la gestion et financement de l'assainissement
- la coordination avec les études de plans directeurs d'assainissement des grandes villes.

L'étude du Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide (SDNAL) s'efforcera de traiter en détail tous ces aspects pour recommander une stratégie à adopter pour les prochaines

décennies, en indiquant les moyens et outils à élaborer pour le développement de ce secteur stratégique.

Ce Schéma Directeur National de l'Assainissement liquide se décline en Schémas Directeurs pour les différentes villes du Maroc élaborés par les autorités communales de ces différentes villes. Nous présentons ici un bref exemple avec la ville d'El Jadida

❖ **Schéma directeur d'assainissement liquide de la ville d'El Jadida**

Le schéma directeur d'assainissement liquide de la ville d'El Jadida (145 000 habitants en 2004) a pour objectif de définir les investissements à réaliser à l'horizon 2025 pour couvrir les besoins en assainissement de la ville et assurer la protection de l'environnement.

➤ ORGANISATION, DELAI, COUT ET FINANCEMENT DE L'ETUDE

Le schéma directeur s'est déroulé sur une durée de 20 mois et a compris les missions suivantes :

Mission A : Analyse et diagnostic de la situation actuelle

Mission B : Identification, comparaison et choix des variantes

Mission C : Etude du plan directeur d'assainissement

Mission D : Etudes APS et APD de la tranche d'urgence

Mission E : Etudes organisationnelles

Mission F : Etude d'impact sur l'environnement.

L'étude a été financée par la Municipalité d'El Jadida (3,2 millions de dirhams) et le FASEP (fonds du Ministère de l'Economie et des Finances français) via la maison mère Burgéap (670 000 euros y compris l'étude de schéma directeur de distribution d'eau potable de la ville d'El Jadida réalisée en parallèle).

➤ **Phase prioritaire : 2005 – 2014**

- Travaux d'urgence (2005-2007) : 75 Millions de Dirhams

- Travaux de réhabilitation du réseau (place Mohammed V, collecteur ville basse)
- Intercepteur des eaux usées
- Curage des réseaux
- Protection contre les crues de l'oued Felfel : Déversoir de sécurité place Annakhil, et les

points de raccordement du réseau secondaire sur le collecteur AB

- Travaux complémentaires (2008-2014) 366 Millions de Dirhams

- Ouvrage de pré-traitement : dégrillage, dessablage-degraisage pour 14 000 m³/jour, 21 T de DBO₅/j dont 70% issues des industries.
- Émissaire sous-marin sur 2 km de longueur
- Ouvrage de dédoublement du canal des doukkalas
- Réalisation des délesteurs
- Reprise des réseaux insuffisants
- Création de réseau structurant



Phase secondaire : 2015 - 2025

Rejet en mer du collecteur

El Manarr

Renforcement du réseau : 83 Millions de dirhams

Il est à noter que ces Schéma Directeurs des différentes localités rentre dans un cadre plus général qui est celui des Programmes Directeurs d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau. Ce qui est un bien fondé pour la gestion des domaines de l'eau au Maroc de façon générale et du domaine de l'assainissement liquide en particulier.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons tenté d'approcher un diagnostic du secteur de l'assainissement au Maroc, les expériences développés depuis plusieurs décennies, l'aspect juridique et institutionnel de gestion du secteur. Tous ces éléments nous ont montré la difficulté de gestion à laquelle est confronté ce secteur, gestion qui fait intervenir des interactions multiples d'ordres techniques, économiques et environnementaux.

Partie 2 :

Dimensionnement des réseaux d'assainissement au Maroc

CHAPITRE3: Les procédés usuels d'assainissement

Introduction

L'assainissement se fait selon des règles qui sont consignées dans les normes. Quand bien même ces normes font états de diverses méthodes et procédés de dimensionnement des ouvrages certaines restent privilégiées par les ingénieurs lorsque les conditions le permettent, ce qui est généralement le cas, et c'est justement la raison pour laquelle ceux-ci sont qualifiés d' « usuels ».

I- Dimensionnement du réseau collectif d'eaux pluviales

Comme indiqué dans le chapitre précédent le réseau peut être unitaire ou séparatif. Dans le cas où il est séparatif, on procèdera au dimensionnement du réseau d'eaux pluviales à partir des débits d'eaux pluviales et dans le cas où il est unitaire le dimensionnement des conduites se fera avec les débits des eaux pluviales car ceux-ci sont les plus importants.

1- Calcul des débits

Une fois que l'on s'est fixé un bassin versant un exutoire pour celui-ci, on peut alors calculer les débits des eaux pluviales à l'exutoire de ce bassin ; Les calculs des débits des eaux pluviales suivent les étapes suivantes :

1. Mesurer à partir du plan d'assainissement la surface A du bassin versant considéré (A en ha)

$$A \leq 200 \text{ ha}$$

2. Calculer à partir du plan coté la pente du terrain naturel du bassin versant (I en m/m)

I est la pente moyenne pondérée de la chaussée en m/m. $0.002 \leq I \leq 0.05$

3. Mesurer graphiquement la longueur du bassin versant (L en hm)

L : est le plus long cheminement hydraulique du bassin versant

4. Calculer le coefficient de ruissellement pondéré du bassin versant C. $0.2 \leq C \leq 1$

5. Calculer le coefficient de correction m :

$$m = \left(\frac{2\sqrt{A}}{L}\right)^{-0.42b/(1-b)}$$

Pour la région de Casablanca, on obtient :

$$m^2 = [4A/L^2]^{0.30} \text{ avec } 0.80 \leq m \leq 1.73 \quad (\text{source : guide de la Lydec})$$

6. Calculer le débit d'eau pluvial décennal en utilisant la formule de Caquot suivante (Q en m³/s):

$$Q(F) = K.C^U . I^V . A^W . m^2$$

Où la fréquence F est l'inverse de la période de retour T adoptée.

Les paramètres de la formule sont obtenus par les expressions suivantes :

Tableau 10: Les paramètres de la formule de Caquot

Paramètres	K	U	V	W
	$\frac{0.5^{b(F)} a(F)}{6.6}$	1+0.287b(F)	-0.41b(F)	0.95+0.507b(F)

Pour la région de Casablanca, avec T= 10ans, on obtient :

$$Q=0,850 \times I^{0,30} \times C^{1,21} \times A^{0,78} \times m^2$$

7. Pour 2 bassins versants B1 et B2 assemblés en série :

➤ Calculer la superficie équivalente :

$$A_{\text{éq}}=A1+A2$$

- Calculer le coefficient de ruissellement équivalent

$$C_{\text{éq}} = (A1 \times C1 + A2 \times C2) / (A1 + A2)$$

- Calculer la pente équivalente

$$I_{\text{éq}} = [(L1 + L2) / (1/2 * L1 / I1 + 1/2 * L2 / I2)]^2$$

- Calculer la longueur équivalente :

$$L_{\text{éq}} = L1 + L2$$

8. Pour 2 bassins versants B1 et B2 assemblés en parallèle :

- Calculer la superficie équivalente :

$$A_{\text{éq}} = A1 + A2$$

- Calculer le coefficient de ruissellement équivalent

$$C_{\text{éq}} = ((A1 \times C1 + A2 \times C2) / (A1 + A2))$$

- Calculer la pente équivalente

$$I_{\text{éq}} = (I1 \times Q1 + I2 \times Q2) / (Q1 + Q2)$$

- Calculer la longueur équivalente :

$$L_{\text{éq}} = L1 + L2$$

Les coefficients de ruissellement de base pris en compte sont donnés par le tableau ci-après en fonction des types d'habitat ou de zone.

Tableau 11: COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT ELEMENTAIRES

TYPOLOGIE D'HABITAT	ZONING	COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT
Petits immeubles +commerces	B1-B2-B3	0.45
Equipement public		0.40
Complexe universitaire	C1U	0.40
Immeubles résidentiels	C1	0.45
Habitat mixte (villas + immeubles)	C2	0.45
Moyennes villas	D1	0.35
Grandes villas	D2	0.30
Habitat moderne/mixte	E4/E7	0.65
Habitat traditionnel	F3-S1	0.80
Zone Hôtelière	H4	0.30
Zone industrielle	I1/I2/I3	0.65
Zone industrielle	I4	0.60
Bureaux	I5	0.40
Terrain de sport/cimetière	SP/C	0.20
Espaces verts + parcs	EV	0.20
Voiries + parking	-	0.90

2- Calcul des diamètres des conduites

Après avoir calculé le débit de pointe à l'exutoire du bassin versant, on passe à la détermination des dimensions de la canalisation. Dans le cas d'une canalisation circulaire suit les étapes sont les suivantes :

1. Calculer le débit décennal d'eaux pluviales pour le dimensionnement des conduites d'eaux pluviales (voir fiche technique relative au calcul du débit d'eaux pluviales)
2. Relever la pente des collecteurs à partir des profils en long

3. Calculer le diamètre de la conduite (en m) à partir de la formule suivante :

$$\varnothing = 0,30 \times I^{3/16} \times Q^{3/8}$$

Avec Q : Débit des EP calculé précédemment (en m³/s)

4. Calculer le débit à pleine section (en m³/s):

$$QPS = 24,935 \times I_1/2 \times \varnothing^{8/3}$$

5. Calculer la vitesse à pleine section (VPS en m/s) selon la formule suivante :

$$VPS = 31,748 \times I^{1/2} \times 2/3$$

6. Vérifier que :

$$V_{PS} \geq 1 \text{ m/s pour les conduites d'eaux Pluviales}$$

$$V_{PS} \leq 5 \text{ m/s}$$

Où V_{PS} est la vitesse à pleine section.

Si ces conditions ne sont pas respectées:

- augmenter la pente du collecteur et reprendre le calcul à partir du point n° 3 si $V_{ps} < 1$ m/s.
- diminuer la pente du collecteur et reprendre le calcul à partir du point n° 3 si $V_{ps} > 5$ m/s.
- Changer le matériau de fabrication des canalisations si les autres contraintes de charges et la réglementation le permettent.

II- Dimensionnement du réseau d'eaux usées

Comme pour les eaux pluviales le dimensionnement des réseaux d'eaux usées se fait conformément à la norme en vigueur dans la localité où on se trouve. Ainsi il s'agira de suivre les prescriptions fournies par le concessionnaire de l'assainissement à travers son guide d'assainissement.

1- Calcul des débits

Les calculs des débits des eaux usées se font en vue de satisfaire des critères de dimensionnement en l'occurrence la capacité à évacuer les effluents et l'entretien du réseau. Pour ce

faire ils suivent un enchainement ordonnés qui consiste à respecter les étapes suivantes :

- 1-Compter le nombre d'appartement à partir du plan de masse
2. Estimer le nombre de la population N en adoptant 5 habitants par appartement (enhab.)
3. Définir le ratio de consommation en eau potable C (en l/hab. /j) à partir du tableau en annexe
4. Adopter le coefficient de rejet à l'égout R=0.80. Ce coefficient qui représente la fraction de la consommation en eau potable qui retourne à l'égout est pris égal à 0,8. Cette valeur est celle que préconise la norme marocaine tout comme bon nombre d'ouvrages d'assainissement.
5. Calculer débit moyen domestique d'eaux usées domestique Qmd : (en l/j).

$$Qmd = NxCxR$$

6. Adopter le coefficient de pointe journalière CPJ =1.20
7. Calculer le coefficient de pointe horaire CPH à partir de la formule suivante

$$CPH = 1.80 + [2 / (1.20 * Qmd)]^{1/2}$$

$$1.70 \leq CPH \leq 4 \quad Qmd \text{ en l/s}$$

6. Calculer le débit de pointe domestique d'eaux usées à partir de la formule suivante:

$$QPd = CPJ \times CPH \times Qmd$$

Tableau 12: Dotations en eau potable de la Lydec

TYPE D'HABITAT	CODE	DOTATION EN EAU POTABLE
Ancienne Médina	B1/B2/B3-S1	75 l/hab/jour
Nouvelle Médina	F2-F3	75 l/hab/jour
Habitat économique	E1-E2	75 l/hab/jour
Immeubles		150 l/hab/jour

Immeubles résidentiels	A2-A3-C1	234 l/hab/jour
Habitat mixte(villas + immeubles)	C2	130 l/hab/jour
Moyennes villas	D1	240 l/hab/jour
Grandes villas	C3-C4-D2	548 l/hab/jour
Zones industrielles	I1/I2/I3/I4/I5/I6	30 à 40 m ³ /ha/jour
Equipement public		10 m ³ /ha/jour
Communes périphériques		160 l/hab/jour

2- Calcul des diamètres des conduites

Une fois le débit calculé, il convient de déterminer les dimensions des conduites. Pour des conduites de sections circulaires les diamètres se déterminent selon la procédure suivante :



1. Calculer le débit de pointe annuel des eaux usées selon les étapes décrites au paragraphe précédent ;

2. Relever la pente des collecteurs à partir des profils en long

3. Calculer le diamètre de la conduite (en m) à partir de la formule suivante :

$$\varnothing = 0.30 \times I^{3/16} \times Q^{3/8}$$

Avec Q : Débit des EU calculé précédemment (en m³/s)

4. Calculer le débit à pleine section (en m³/s):

$$QPS = 24,935 \times I^{1/2} \times \varnothing^{8/3}$$

5. Calculer la vitesse à pleine section (VPS en m/s) selon la formule suivante :

$$VPS = 31,748 \times I^{1/2} \times \varnothing^{2/3}$$

6. Vérifier que :

$V_{PS} \geq 0.50$ m/s pour les conduites d'eaux usées

$V_{PS} \leq 5$ m/s

Où V_{PS} est la vitesse à pleine section.

Ces vérifications constituent la vérification des conditions de l'autocurage.

Si ces elles ne sont pas respectées, il faut:

- augmenter la pente du collecteur et reprendre le calcul à partir du point n° 3 si $V_{ps} < 1$ m/s.
- diminuer la pente du collecteur et reprendre le calcul à partir du point n° 3 si $V_{ps} \geq 5$ m/s.

Conclusion

Les méthodes employées pour les calculs des réseaux d'assainissement diffèrent selon les lieux et les normes adoptées. Toutefois, certains procédés sont plus courants que d'autres. L'assainissement à Casablanca dans les nouveaux lotissements se doit de se faire en système séparatif.

Le débit de pointe d'eaux pluviales se calcule par la méthode superficielle avec la formule de Caquot. Et le débit de pointe d'eaux usées se calcule en considérant le retour à l'égout de la fourniture en eau potable.

Par la suite, le calcul des dimensions des sections s'effectue à partir des débits de pointe précédemment calculés en tirant le rayon hydraulique à partir de la formule de Manning-Strickler ou en se référant à des tableaux et abaques déjà établies.

Cependant, lorsque ces méthodes aboutissent à de grandes dimensions des canalisations ou posent d'autres problèmes d'ordre environnemental et de gestion des ressources, on s'oriente vers les techniques alternatives en assainissement liquide.

CHAPITRE4: Les techniques alternatives en assainissement

Introduction

Lorsque les méthodes usuelles en assainissement ne permettent pas la réalisation des ouvrages dans des conditions satisfaisantes, on est amené à envisager d'autres solutions que l'on nomme « techniques alternatives » en assainissement liquide. Ces techniques dont l'utilisation est courante dans certaines localités, ne sont appliquées que lorsque certaines méthodes plus répandues ne peuvent pas s'appliquer ; d'où leur qualificatif d'alternatives.

I- Généralités sur les techniques alternatives

1- Définition

On entend par « techniques alternatives en assainissement », l'ensemble des techniques qui viennent se substituer au concept classique de collecte et d'acheminement des eaux de façon collective par un réseau de canalisation et d'égouts. L'objectif n'est alors plus d'évacuer les eaux pluviales le plus loin possible, mais de gérer ces volumes d'eau au niveau de la parcelle. (RHOUZLANE.S, Récupération des eaux pluviales, Maroc [2011])

2- Principes de fonctionnement

Les techniques alternatives reposent sur les deux principes suivants :

- ✓ la rétention de l'eau pour réguler les débits et limiter la pollution à l'aval
- ✓ l'infiltration dans le sol ou la réutilisation de ces eaux afin de ne pas avoir à les acheminer vers l'égout

Ces techniques présentent l'avantage d'être intimement liées à l'aménagement urbain, qu'elles peuvent contribuer à valoriser. En effet, outre le fait qu'elles permettent de viabiliser des terrains que l'assainissement classique ne permettrait pas d'assainir si ce ne serait à des coûts

exorbitants, leur mise en œuvre se doit de s'intégrer parfaitement dans le contexte naturel et urbain où elles sont appliquées. Ainsi l'infiltration dépendra des conditions géologiques et hydrogéologiques et la réutilisation pour l'arrosage dépendra des espaces verts existant, etc...

Par ailleurs, la durabilité de ces solutions techniques est un sujet essentiel et il convient de lier l'investissement et le fonctionnement pour pérenniser les ouvrages. (Fiche technique de l'assainissement de la COMMUNAUTE DE COMMUNES ÉPERNAY PAYS DE CHAMPAGNE)

On pourra donc aller au-delà de ces deux principes de bases que sont la régulation et l'infiltration, en traitant les eaux de pluies et les eaux usées afin de leur permettre d'autres usages qui les valoriseraient.

Parmi les principales techniques alternatives on note :

- ✓ Les bassins de stockage et d'infiltration
- ✓ Les puits d'infiltration,
- ✓ Les noues végétalisées,
- ✓ Les fossés

II- Les techniques alternatives les plus courantes

1- Les bassins de rétention

- **Définition**

C'est une technique d'assainissement compensatoire des effets de l'imperméabilisation des sols en zone urbaine, permettant de répondre aux objectifs de contrôle à la source des ruissellements, avec ou sans infiltration. Le bassin de rétention des eaux pluviales a pour but de limiter les apports conséquents d'eau pluviales au réseau en écrétant l'apport en eau dans les réseaux ou le milieu naturel afin d'éviter la saturation des réseaux d'assainissement, le débordement des déversoirs d'orages et au final des chocs de pollutions vers le milieu naturel.(Wikipédia)



**Figure 12: Bassin de rétention de la Coopérative EHTP à Bouskoura
RHOUZLANE, SORO, [2011])**

(Photo,

On note l'existence de bassin de rétention ayant pour but :

- la régulation des eaux évacuées vers le réseau : ce sont des bassins dits de régulation ou de stockage
- l'infiltration des eaux retenues : ce sont des bassins dits d'infiltration
- les deux rôles précités

D'autres bassins de rétentions en plus du fait qu'ils rentrent dans l'une des catégories précitées fournissent de l'eau pour d'autres usages tels que l'irrigation, le nettoyage des voiries, etc...

Ces bassins qui constituent des ouvrages de stockage temporaire peuvent être à sec ou en eau.

❖ Bassins secs

Ouvrages de stockage des eaux pluviales les restituant soit par infiltration soit à débit régulé vers un exutoire ou un réseau. Ils sont conçus pour évacuer les volumes retenus le plus tôt possible et pour rester vide le reste du temps.

❖ Bassins en eau

Ouvrage toujours en eau réalisé par de simples mouvements de terre avec maintien d'une zone d'eau permanente au fond du bassin permettant la mise en place de végétation aquatique.



Figure 13: Photos d'un bassin en eau et d'un bassin à sec(Www.enpc.fr/cereve/)

2- Les noues

➤ Définition :

Les noues désignent des fossés ouverts, peu profonds et d'emprise large, servant au recueil, à la rétention et/ou à l'infiltration des eaux pluviales.



➤ **REALISATION:**

Les noues sont réalisées avec une pelle mécanique. Après décapage de la terre végétale de surface, le profilage de la noue est assuré selon sa vocation définitive.

➤ **INTEGRATION PAYSAGERE**

L'intégration paysagère des noues est aisée, compte tenu de leur profil. L'engazonnement est suffisant, mais il doit être réalisé avant la mise en service et avec une bonne épaisseur de sol de bonne qualité.

Quelques conseils :

➤ **ENTRETIEN**

L'entretien s'assimile à celui d'un espace vert (tonte de la pelouse, ramassage des débris, arrosage éventuel, etc.).

Fréquence d'entretien : tous les 3 à 6 mois.

COUT INDICATIF : 8 à 18 €/m³ stocké

➤ **AVANTAGES**

Apport esthétique, faible coût, moins sensible au colmatage, bonne intégration paysagère, plus-value écologique.

➤ **INCONVENIENTS**

Emprise foncière importante, risque de pollution de la nappe si absence de prétraitement et activité à risque. Sensibilité modérée au manque d'entretien.

3- Les fossés

Les fossés désignent des ouvrages linéaires à ciel ouvert de faible largeur et servant au

recueil des eaux pluviales, à leur rétention et à leur évacuation par infiltration ou rejet dans un cours d'eau ou un réseau.

➤ REALISATION

Les fossés sont réalisés avec l'aide d'engins mécaniques, avec un godet approprié au profil retenu. Il est possible d'avoir recours à des cloisons, maçonnés ou non, afin d'améliorer les performances de stockage.

Remarques:

a) En présence d'un fossé d'infiltration, veiller à ne pas compacter le fond du fossé lors de l'exécution des terrassements

b) En milieu urbain, la réalisation d'un ponceau préfabriqué ou d'un busage est nécessaire au franchissement du fossé. Le dimensionnement de ce busage peut jouer, le cas échéant, la fonction de limiteur de débit.

L'intégration paysagère des fossés est délicate car il est difficile, compte tenu du profil, de planter des végétaux. De plus ils nécessitent un entretien régulier.

➤ COUT INDICATIF

30 à 40 €/m³ (330 à 450 dirhams) stocké, incluant le terrassement, le géotextile, etc...

➤ AVANTAGES

- Simplicité et faibles coûts.
- L'entretien est souvent limité à quelques fauchages annuels à l'aide d'engins mécanisés à fort rendement tels que les gyrobroyeurs, et au ramassage des débris.
- Fréquence d'entretien : tous les 3 à 6 mois. Un curage peut être envisagé en cas de colmatage

➤ INCONVENIENTS

- Colmatage, risque de pollution de la nappe s'il n'y a pas de traitement de prétraitement ou s'il existe des activités à risques dans la zone assainie.

- Sensibilité modérée au manque d'entretien de l'ouvrage.

4- Retenue à la source : toits et chaussées

4.1- Toitures et terrasse réservoirs et les toits verts

Cette technique présente beaucoup d'avantages pour les collectivités puisqu'elle permet:

- Des économies en termes de canalisation : l'eau ainsi récoltée temporairement n'ira pas se jeter immédiatement dans le réseau d'évacuation des eaux de pluies. Ce processus permet alors de réduire les débits et les pointes de débit, limitation des crues (gestion des catastrophes).
- Des économies en termes de gestion de la pollution à deux niveaux : le filtrage de l'eau de pluie l'empêche d'emporter les poussières souvent toxiques présentes sur les toits en ville. Ensuite la diminution du volume d'eau à traiter par unité de temps permet un meilleur rendement des stations d'épuration. En effet, il est plus facile d'éliminer une même quantité de déchet concentrée que diluée.



Figure 15: Photo d'une toiture en terrasse ou toit vert

([Www.enpc.fr/cereve/](http://www.enpc.fr/cereve/))

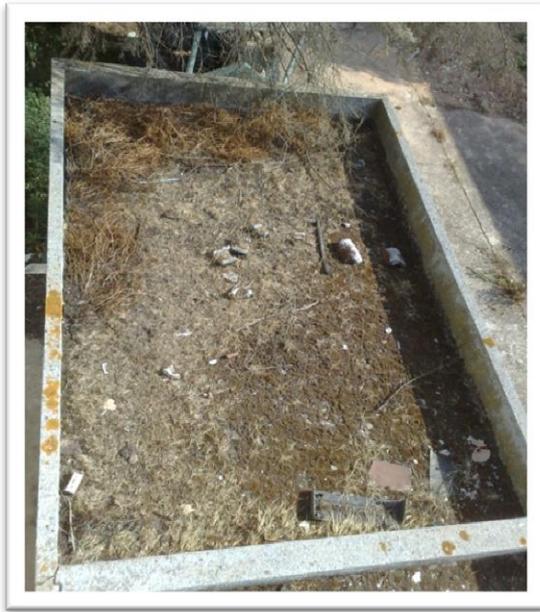


Figure : Récupération des eaux pluviales sur les toitures de l'EHTP (Photo RHOUZLANE, [2010])

4.2- Chaussées à Structure Réservoir (CSR)

Chaussées qui, outre leur fonction première consistant à assurer le trafic léger et lourd des véhicules ou le transit piétonnier, stockent les eaux pluviales dans les couches constitutives du corps de chaussée.

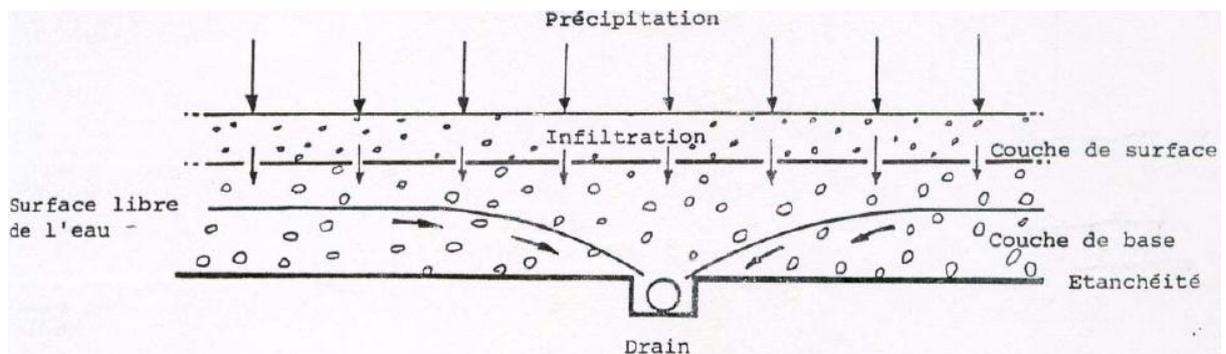


Figure 16: Schéma d'une chaussée à structure réservoir

(Www.enpc.fr/cereve/)

Conclusion

Les techniques alternatives en assainissement sont nombreuses. Toutefois leur application est soumise à certains critères liés aux conditions naturelles et l'envergure du projet où l'on souhaite les implanter. Par ailleurs il importe de connaître le contexte de l'urbanisation en général et de l'assainissement en particulier du lieu d'application de ces techniques afin de savoir si elles sont les mieux adaptées. Aussi afin d'appréhender l'applicabilité de ces techniques au Maroc, il conviendrait de faire un état des lieux de l'assainissement liquide au Maroc.

Un bassin de rétention est une excavation dans le sol qui permet de retenir les eaux pluviales pendant les périodes des orages et les faire évacuer à faible débit. (Guide de la Lydec)

Un bassin de rétention des eaux pluviales est une zone de stockage des eaux pluviales enterré ou à ciel ouvert. Ils peuvent être raccordés sur le réseau public, le milieu hydraulique superficiel ou à un système d'infiltration.

CHAPITRE5: Les méthodes de dimensionnement des bassins de rétention

Introduction

Comme définis dans le chapitre précédent, les bassins de rétention font partir des techniques alternatives employées lorsque l'envoi direct des eaux pluviales ou usées n'est pas approprié, ou lorsque l'on souhaite un autre usage pour ces eaux. On distingue deux (2) types de bassins de rétention : Les bassins d'infiltration et les bassins de régulation.

Le dimensionnement de ces bassins est similaire et il est soumis à des conditions réglementaires et techniques.

I- Conditions d'exécution

1- Pour les bassins d'infiltration

1.1- Conditions réglementaires

La réglementation en matière d'infiltration des eaux d'assainissement au Maroc. La loi sur l'eau en son article 52 stipule que : « Aucun déversement, écoulement, rejet, dépôt direct ou indirect dans une eau superficielle ou une nappe souterraine susceptible d'en modifier les caractéristiques physiques, y compris thermiques et radioactives, chimiques, biologiques ou bactériologiques, ne peut être fait sans autorisation préalable accordée, après enquête, par l'agence de bassin. ».

1.2- Conditions techniques

Ceux-ci fonctionnent exclusivement sur le principe de l'infiltration des eaux pluviales. Tout d'abord, pour qu'il y ait infiltration, il faut que la conductivité hydraulique soit située dans un intervalle qui permet l'infiltration.

Tableau 13 : Possibilité d'infiltration et ordre de grandeur de la conductivité hydraulique

K(m/s)	10 ⁻¹ 10 ⁻² 10 ⁻³	10 ⁻⁴ 10 ⁻⁵	10 ⁻⁶ 10 ⁻⁷ 10 ⁻⁸	10 ⁻⁹ 10 ⁻¹⁰ 10 ⁻¹¹
Types de sols	Gravier sans sable ni éléments fins	Sable avec gravier, Sable grossier à fin	Sable très fin Limon grossier à limon argileux	Argile limoneuse à argile homogène
Possibilités d'infiltration	Excellentes	Bonnes	Moyennes à faibles	Faibles à nulles

(Source : Ordres de grandeur de la conductivité hydraulique K dans différents sols (Musy & Soutter, 1991))

Le choix du lieu d'implantation doit aussi prendre en compte :

- ✓ La profondeur et la variation du niveau de la nappe phréatique, sa vulnérabilité et ses usages car l'infiltration recharge la nappe
- ✓ La capacité d'absorption du sol,
- ✓ la topographie adaptée pour pouvoir conduire les eaux de façon gravitaire vers le bassin,
- ✓ la possibilité de réutilisation de l'espace pour avoir une bonne intégration paysagère
- ✓ la gestion et l'entretien des systèmes.

2- Pour les bassins de régulation

2.1- Conditions réglementaires

Il n'y a pas de texte de loi en la matière mais les guides des régions donnent des conditions sur la réalisation de ces ouvrages. La réalisation d'un bassin d'infiltration est donc soumise à la condition de trouver un terrain répondant à ces différentes conditions. Dans ce cas une condition incontournable est celle du débit de fuite autorisé vers le collecteur.

2.2- Conditions techniques

- ✓ la topographie : Le bassin doit avoir un fond au-dessus de la cote du radier du

collecteur, sinon il faudra installer une station de relevage. Ou alors on pourra installer la canalisation de fuite au-dessus du fond et procéder dans ce cas à un curage périodique.

- ✓ la possibilité de réutilisation de l'espace pour avoir une bonne intégration paysagère
- ✓ la gestion et l'entretien des systèmes

II- Dimensionnement des bassins de rétention

1- Bases théoriques des méthodes de calcul des retenues

1.1- Etablissement et utilisation de la méthode des pluies

L'analyse statistique conduit dans la méthode des pluies à une série de courbes, chaque courbe étant relative à un pas de temps donné et comportant, en ordonnées, les hauteurs de pluies maximales sur le pas de temps considéré, et en abscisses, les probabilités de dépassement correspondant ou, ce qui les rend plus concrètes, les périodes de retour T (temps moyen nécessaire pour qu'apparaisse une pluie maximale supérieure ou égale à la pluie maximale portée en ordonnée).

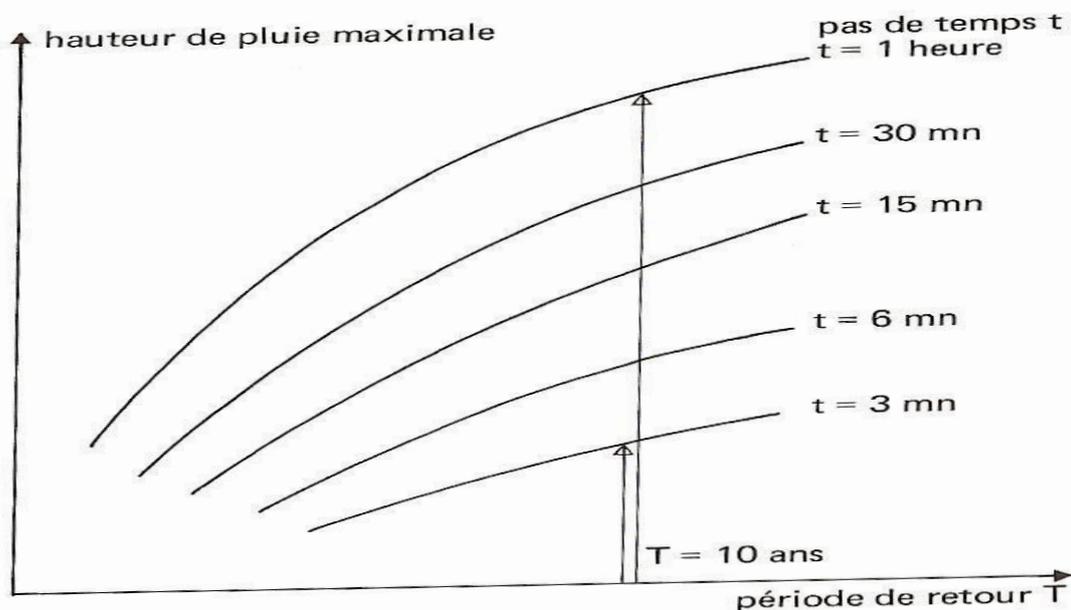


Figure 17: Courbe des hauteurs de pluie (Régis BOURRIER, 1985)

Pour l'établissement de la courbe enveloppe on procède de la manière suivante : toutes les courbes sont reportées sur un même graphique. La valeur de période de retour de 10 ans étant

retenue, on trace la verticale au point d'abscisses $T = 10$ ans. Cette verticale coupe les courbes relatives aux différents pas de temps en autant de points que de pas de temps choisis pour l'analyse.

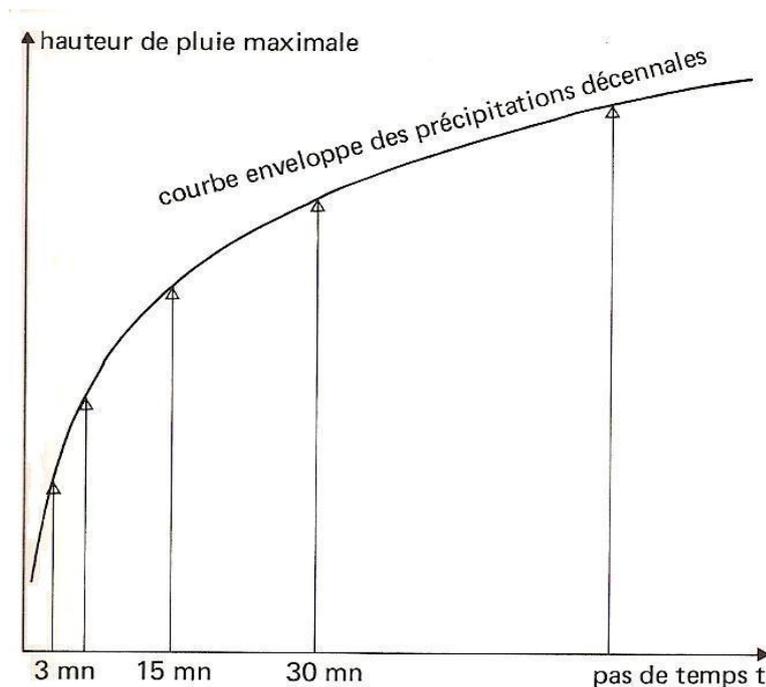


Figure 18: Courbe enveloppe des précipitations décennales (Régis BOURRIER, 1985)

On porte alors sur un autre graphique, en abscisses, les pas de temps par ordre croissant de durée et, en ordonnées, les ordonnées des points d'intersection correspondants ci-dessus. La courbe est appelée courbe enveloppe des précipitations décennales pour la région. On peut bien sûr, choisir une autre période de retour que celle de 10 ans. Comme pour les réseaux d'égouts le choix d'une période de retour résulte toujours d'un calcul économique mettant en balance le coût d'accroissement de capacité de la retenue avec les risques encourus (patrimoine, voire vies humaines à protéger).

Afin de déterminer le volume à donner à la retenue, on trace sur le même graphique la courbe représentant la hauteur totale de la lame d'eau équivalente au volume évacué, en fonction du temps, par l'ouvrage de sortie normale de la retenue. Par lame d'eau équivalente, on entend la hauteur d'eau qu'on obtiendrait si l'on étalait uniformément, sur toute la surface active du bassin versant d'alimentation de la retenue, le volume d'eau évacué ou évacuable par le dispositif de sortie normale de la retenue depuis le début de l'épisode pluvieux. L'hypothèse la plus souvent faite et choisie est que l'ouvrage de sortie normale de la retenue d'étalement fonctionne à débit constant dès que l'on a dépassé un certain temps t_0 (temps optimal qui pourra aussi être noté T_{opt}), temps nécessaire à l'obtention du fonctionnement à débit constant (et maximal) de cet ouvrage de sortie.

Il en résulte : qu'il est possible de déterminer le volume V à donner à la retenue, en

soustrayant, à chaque instant, des apports les tranches d'eau équivalentes aux volumes évacués c'est-à-dire, finalement, en soustrayant des ordonnées de la droite représentative des tranches d'eau équivalentes aux volumes évacués. On obtient ainsi, à chaque instant, la tranche d'eau équivalente stockée dans la retenue qui, multipliée par la surface active du bassin versant, donne le volume V à stocker à chaque instant. La valeur maximale de V se repère sans difficulté sur le graphique.

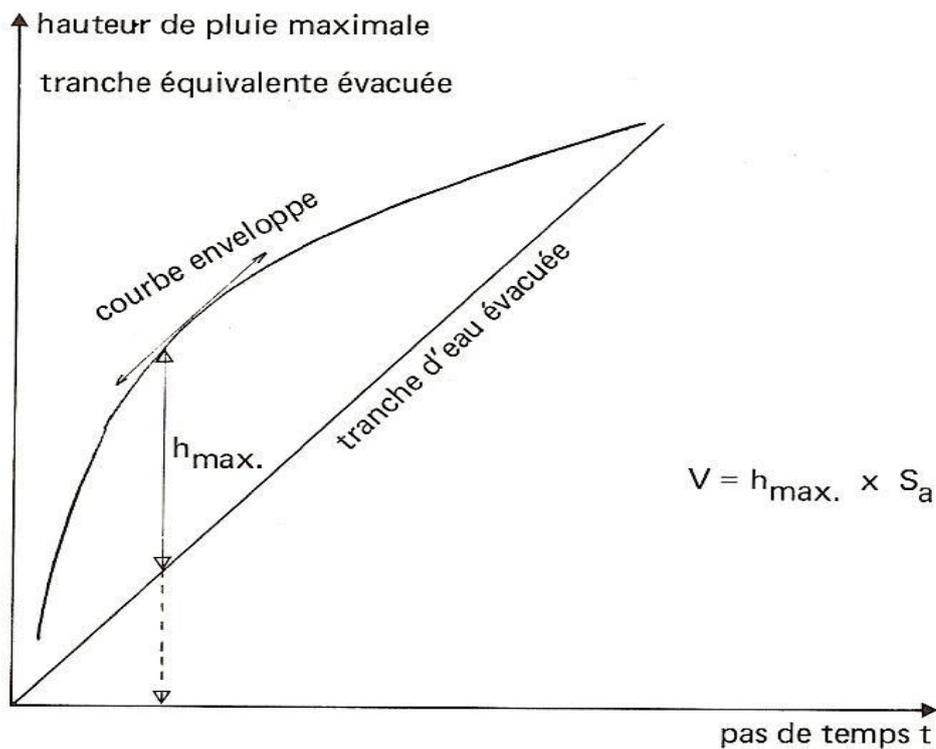


Figure 19: Détermination graphique de la hauteur maximale de stockage par la méthode des pluies (source : Régis BOURRIER, 1985)

Le volume à donner à la retenue d'étalement sera :

$$V = h_{\max} * S_a$$

1.2- La méthode des volumes

Dans la méthode des volumes la valeur considérée est le volume d'eau stocké, au cours de l'intervalle de temps (pas de temps) utilisé.

La différence avec la méthode des pluies est la suivante : Soit C une capacité donnée de retenue. La méthode des pluies considérant une pluie type telle qu'en chaque point sa fréquence soit

décennale le maximum est automatiquement obtenu au bout du temps t_A . On ne considère que C est dépassée que si la courbe enveloppe s'écarte de la droite $h_s(t)$ d'une valeur supérieure à h_c ; h_s étant donné par :

$$h_s = h_q * t$$

La méthode des volumes considère tous les événements possibles et en particulier l'événement fictif annuel le plus défavorable. Les maxima sont obtenus à des instants différents (t_1, t_2, \dots, t_N). Ceci entraîne le fait que la valeur de C a plus de chances d'être dépassée dans ce calcul.

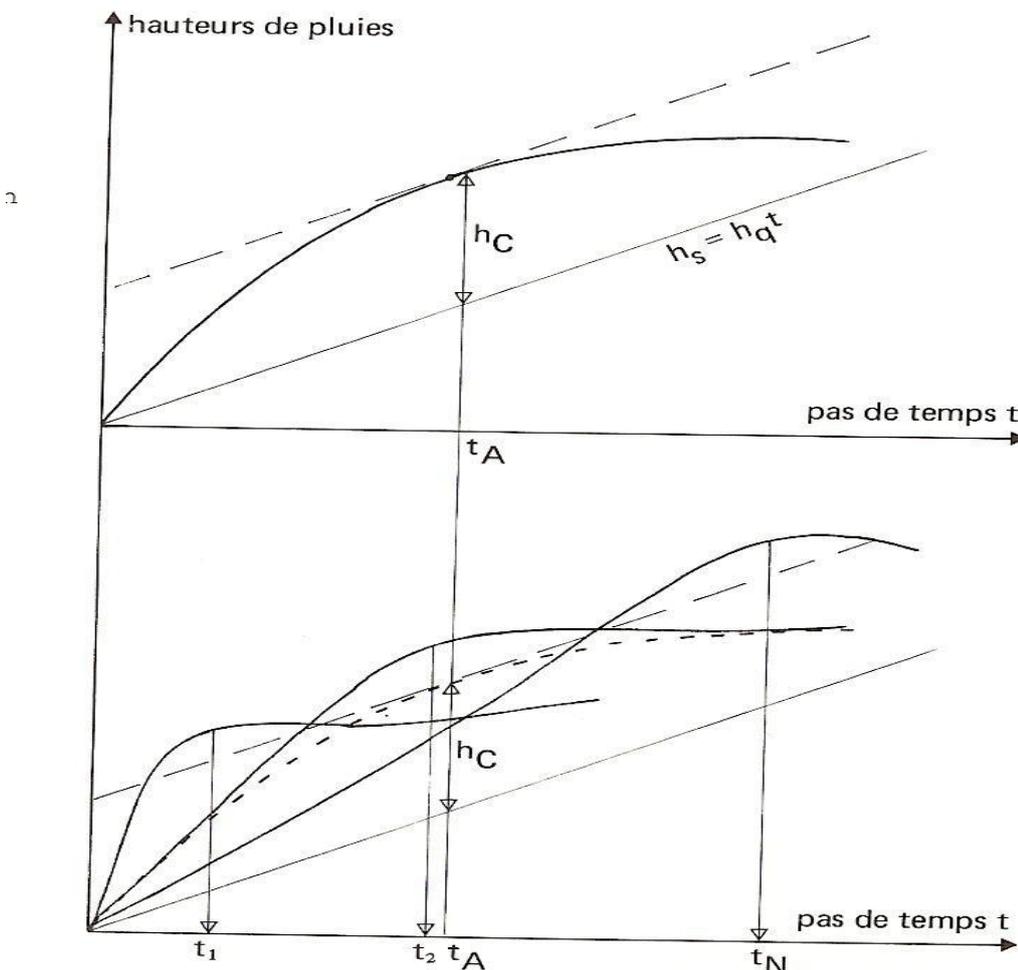


Figure 20: Détermination graphique de la hauteur maximale de stockage par la méthode des volumes (Régis BOURRIER, 1985)

Les hauteurs d'eau équivalentes à stocker ont été déterminées pour chaque épisode pluvieux

en faisant la différence entre la hauteur d'eau moyenne apportée sur l'intervalle (ou pas) d'analyse par l'épisode pluvieux considéré et les hauteurs d'eau équivalentes au volume écoulé à l'exutoire pendant la durée de l'épisode pluvieux (ou durant le pas de temps considéré). Dans ce cas on a considéré des exutoires (ou ouvrages de sortie normale) de retenue à débit constant. Rien n'oblige à cette simplification.

On procède ensuite à l'analyse statistique des valeurs extrêmes annuelles des hauteurs d'eau à stocker. On obtient ainsi (pour chacun des débits de vidange choisis) une courbe donnant les hauteurs à stocker en fonction de leurs probabilités d'apparition ou plutôt de leurs périodes de retour, courbe très analogue à la courbe enveloppe de la méthode des pluies.

Partant alors de la famille de courbes ainsi obtenue, on construit, par une méthode graphique analogue à celle décrite pour la dernière phase d'établissement de la courbe enveloppe de la méthode des pluies, une autre famille de courbes donnant pour une série de périodes (ou durées) de retour données (2, 4, 10 et 20 ans) la hauteur d'eau équivalente à stocker en fonction de la valeur du débit de vidange (débit de l'ouvrage de sortie normale) choisi. Cette méthode conduit à des résultats plus élevés que ceux fournis par la méthode des pluies.

2- Démarche pratique de détermination du volume maximal

2.1- Les étapes à suivre

Quel que soit le type de bassin (d'infiltration ou de régulation) son dimensionnement peut suivre la démarche générale résumée dans le tableau suivant :

Tableau 14 : Formulaire des étapes à suivre pour le calcul du volume maximal

ETAPES	Valeur à calculer	Valeur retenue ou calculée
1. Données générales	Surface totale (S) Si elle se décompose généralement en deux surfaces identifiables, on a : $\begin{cases} S \text{ imperméable} = \dots\dots m^2 \\ S \text{ végétalisée} = \dots\dots m^2 \end{cases}$ $S = S_{\text{imper}} + S_{\text{végét.}}$	$S = \dots\dots m^2$
	Coefficient de ruissellement	Cr imperméable = Cr végétalisé =
	Si rejet à débit limité, débit de rejet autorisé (q) Si infiltration prévu, perméabilité du sol (K)	q= l/s/ha K= m/s
2. Choix de l'événement pluvieux	Période de retour	T = ans

3. Débit de fuite	<p>Débit de fuite (Q_f)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si rejet à débit limité : $Q_f = S \times 10^{-7} \times q$ (ou valeur imposée) - Si infiltration : <ul style="list-style-type: none"> • pour des bassins : $Q_f = S \text{ fond du bassin} \times K$ • pour des noues ou fossés : $Q_f = S \text{ miroir} \times K$ • our des puits ou tranchées : $Q_f = 0,5 \times S \text{ parois verticales} \times K$ <p>Pour toutes ces formules les surfaces sont en m^2</p>	<p>$Q_f = \dots\dots m^3/s$</p> <p>$Q_f = \dots\dots l/s$</p>
4. Stockage	<p>Coefficient d'apport global</p> <p>$Ca_{\text{global}} =$</p> <p>Surface active $Sa = Ca_{\text{global}} \times S$ (avec S en m^2)</p>	<p>$Ca_{\text{global}} =$</p> <p>$Sa = \dots\dots m^2$</p> <p>$Sa = \dots\dots ha$</p>
	<p>Débit spécifique de vidange</p> <p>$qs = 60\,000 \times Q_f / Sa$ (avec Q_f en m^3/s et Sa en m^2)</p>	<p>$qs = \dots\dots mm/min$</p>
	<p>Hauteur maximale à stocker (déterminé par la méthode des pluies)</p>	<p>$\Delta h = \dots\dots mm$</p>
	<p>Volume d'eaux pluviales à stocker</p> <p>$V_{\text{max}} = 1,2 \times 10 \times \Delta h \times Sa$ (avec Δh en mm et Sa en ha)</p>	<p>$V_{\text{max}} = \dots\dots$</p>

2.2- Résumé pratique des méthodes de calcul du volume maximal à stocker

a- Méthode des pluies

- 1- A partir des courbes IDF, fixer une période de retour (en général $T = 10$ ans)
- 2- Construire la courbe enveloppe (figure):

$$H(t) = \frac{3600 \cdot Q \cdot t}{S_a}$$

Q : débit de fuite en $m^3/s/ha$

t : le temps en heures

S_a : la surface active

- 3- Construire la courbe représentant la tranche d'eau évacuée
- 4- Déterminer graphiquement Δh_{max} (la différence entre la Courbe enveloppe et la tranche d'eau évacuée)

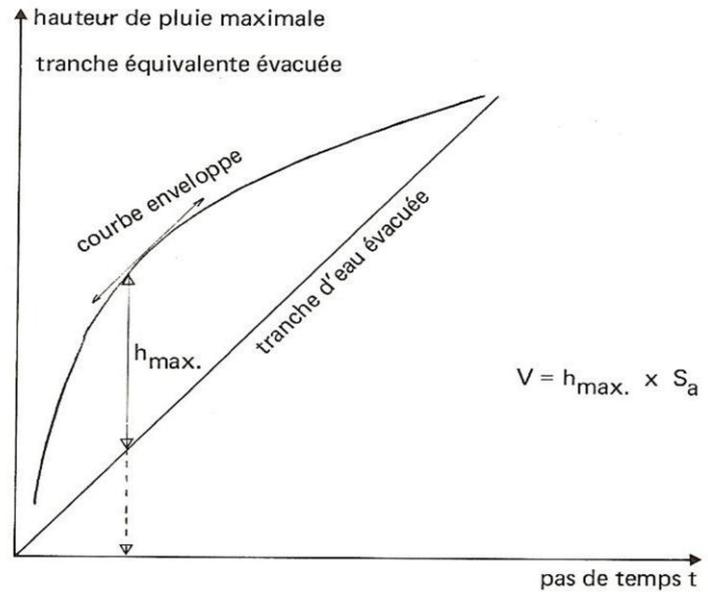


Figure 21: détermination de Δh_{max}

- 5- Déterminer Le volume V_u utile (volume d'eau maximale à stocker) du bassin de rétention est donc :

$$V_u = 10 \cdot \Delta h_{max} \cdot S$$

Avec : ΔH_{max} : en mm

S_a : en ha

V_u : en m^3

b- Méthode des volumes

Le volume d'eau maximale à stocker

est calculé à partir des averses maximales

observées en utilisant le modèle de Montana :

$$V_u = V_{\text{entrée}} - V_{\text{sortie}}$$

$V_{\text{entrée}}$: volume reçu par le bassin

pendant une durée t

V_{sortie} : Volume sorti du bassin

pendant la même durée t

- $V_{\text{entrée}} = h.S_a = h.C_a.S$

- $V_{\text{sortie}} = Q.t$

Où :

La hauteur d'eau h est donnée par $h = i.t$ avec $i = a.t^b$

a et b sont les coefficients de Montana pour la zone concernée

C_a le coefficient d'apport

S la surface du bassin versant

On a alors : $V_u = a.S.C_a.t^{b+1} - Q.t$ avec V_u : en m^3 , Q en m^3/min et t en min

Q étant le débit de fuite

Le volume à stocker est maximal pour t tel que : $dV/dt=0$

Ce qui correspond à un temps optimal $t_{\text{opt}} = \left[\frac{Q}{a.S.C_a(1+b)} \right]^{1/b}$

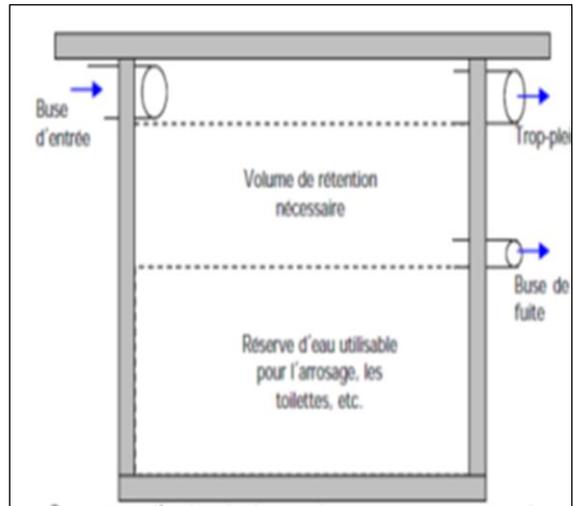


Figure22 : Bilan des volumes dans un bassin de rétention

3- Design des bassins de rétention

3.1 Bassin à ciel ouvert

La méthode de stockage utilisée est certainement la plus évidente. Il s'agit simplement d'une excavation réalisée en aval du projet où les eaux de ruissellement sont dirigées. Cependant, ces bassins peuvent recevoir divers traitements pour les intégrer au paysage, permettre un entretien plus facile ou allonger leur durée de vie.



Figure 22: Photo d'un bassin à ciel ouvert

On rencontre souvent des bassins dont l'étanchéité est réalisée avec des "bâches" noires dont l'esthétique est plus que discutable. Ce sont en réalité des géomembranes conçues spécialement pour cette utilisation. Il en existe plusieurs types en fonction des conditions de mise en place ou de la qualité des eaux à stocker.

Le problème avec cette technique de récupération c'est qu'elle est inadaptée pour les pays de climat aride à cause de l'évaporation.

Le bassin restant toute l'année en eau, il doit être aménagé et entretenu pour qu'il reste agréable. Différentes espèces animales et végétales peuvent cohabiter et s'autoréguler. Pour cela, le lac doit avoir une profondeur suffisante et variable, entre 1 et 3 m, sur son ensemble pour permettre une circulation naturelle de l'eau, notamment à partir d'un ruisseau pour éviter l'eutrophisation du bassin.

Dans ce type de bassins, l'aspect paysager doit être considéré dès la conception du projet. Il peut être confié à des spécialistes qui pourront, en plus de l'aspect esthétique, choisir les espèces qui peuvent être introduites et qui pourront cohabiter. Il pourra aussi prévoir un programme d'entretien qu'il faudra suivre pour que le nouveau milieu "naturel" fonctionne normalement.



Figure 23: Intégration paysagère des bassins à ciel ouvert

3.2 Bassin enterré en béton armé

Les bassins enterrés en béton armé sont adaptés pour la gestion des eaux pluviales de projets urbains et périurbains tels que les lotissements, les parkings ou les voiries.



Figure 24: Exemple de bassin enterré en cours de réalisation

Généralement, un bassin enterré se caractérise par son indice des vides, sa hauteur de marnage et ses dimensions qui définissent au final son volume utile.

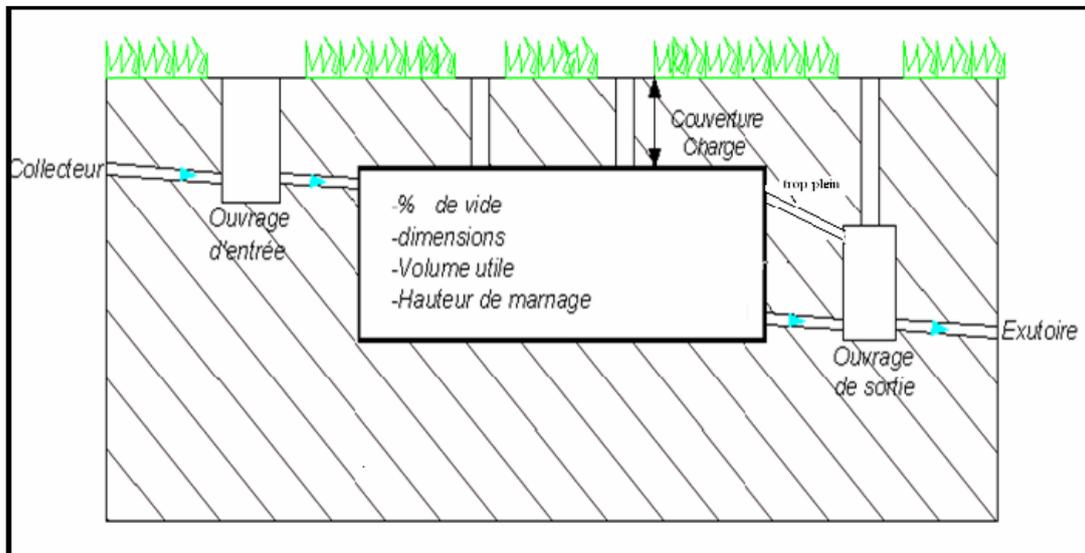


Figure 25: Schéma type d'un bassin enterré

Les bassins enterrés en béton armé sont des ouvrages pouvant être situés sous espace vert, sous voirie légère ou lourde, selon la structure employée.

Les bassins enterrés sont alimentés par les eaux pluviales d'un réseau de type séparatif.

Partie 3 :
Application au projet :
Viabilisation d'un
lotissement de 35 hectares
par assainissement autonome

CHAPITRE6: Présentation du projet

I- Présentation de la zone d'étude

1- Situation géographique

Le terrain à assainir se situe dans la wilaya de la Région du Grand Casablanca, dans la Préfecture de Nouasseur, précisément dans la commune urbaine de Bouskoura.

La commune urbaine de Bouskoura (voir annexe1) appartient à la province Nouaceur, s'étend sur 13700 Ha et est limitée par:

Au Nord : commune rurale Dar Bouazza ;

Au Sud : Commune rurale Oulad Saleh ;

À l'Est : La commune urbaine de Mediouna. ;

À Ouest: Province de Settat.

Zone d'étude :

C'est un terrain de 35 hectares délimité par les bornes de coordonnées :

Tableau 15 : limites topographiques du terrain à assainir

Abscisses	Bornes	Ordonnées
288040,40	B.33	321271,45
288900,43	B.36	321102,86
288851,59	B.37	320781,17
287759,76	B.27	320948,31
287821,94	B.3	321037,58
287900,53	B.4	321164,70
287904,67	B.34	321171,35

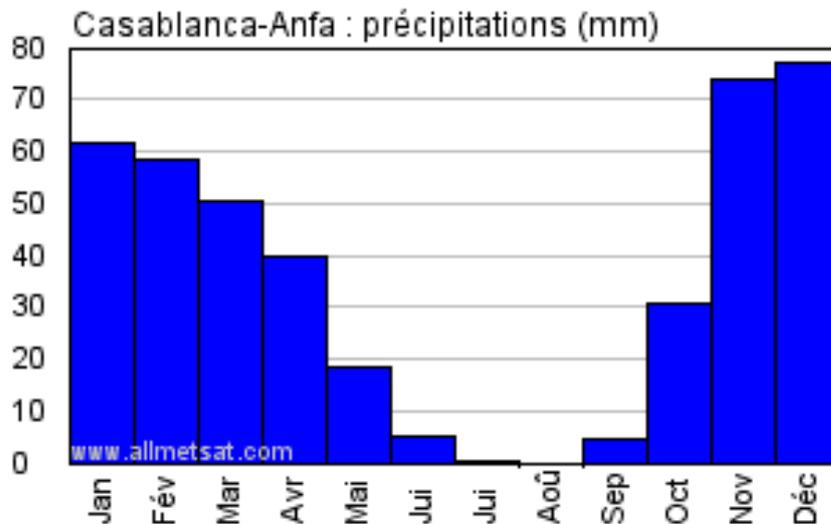


Figure 27 : Pluviométrie de Casablanca en fonction des mois

3- Topographie

La topographie du terrain montre l'altitude moyenne est de 125m au-dessus du niveau de la mer avec des côtes variant de 122m à 128m. La pente moyenne est de l'ordre de 0,5⁰% inclinée de l'Est vers l'Ouest.

4- Hydrogéologie

L'ossature principale de la wilaya de Casablanca est constituée de formations granitiques et de roches métamorphiques, qui affleurent en de nombreux endroits. Les schistes primaires, d'âges ordoviciens siluriens, largement présentés, sont fréquemment injectés de filons dolomitiques souvent minéralisés.

En intercalation dans les schistes, se rencontrent des bancs de quartzites et de grès dont la puissance varie de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres. Enfin, des niveaux calcaires apparaissent dans des endroits localisés et sont souvent le siège d'écoulement préférentiel d'eau.

La nappe présente dans la zone fait partie du grand ensemble de la Chaouia côtière. C'est une bande qui longe l'atlantique entre l'Oued Mellah et l'Oum Er Rbia sur une largeur de 15 à 20 Km. La surface de cette nappe est de 1800 Km² et les réserves sont estimées à 2 milliards de m³. Elle est subdivisée en deux unités hydrogéologiques :

- _ La Chaouia côtière entre Casablanca et Mohammedia (superficie de 500 Km²) ;
- _ La Chaouia côtière entre Casablanca et Azemmour (superficie de 1300 Km²).

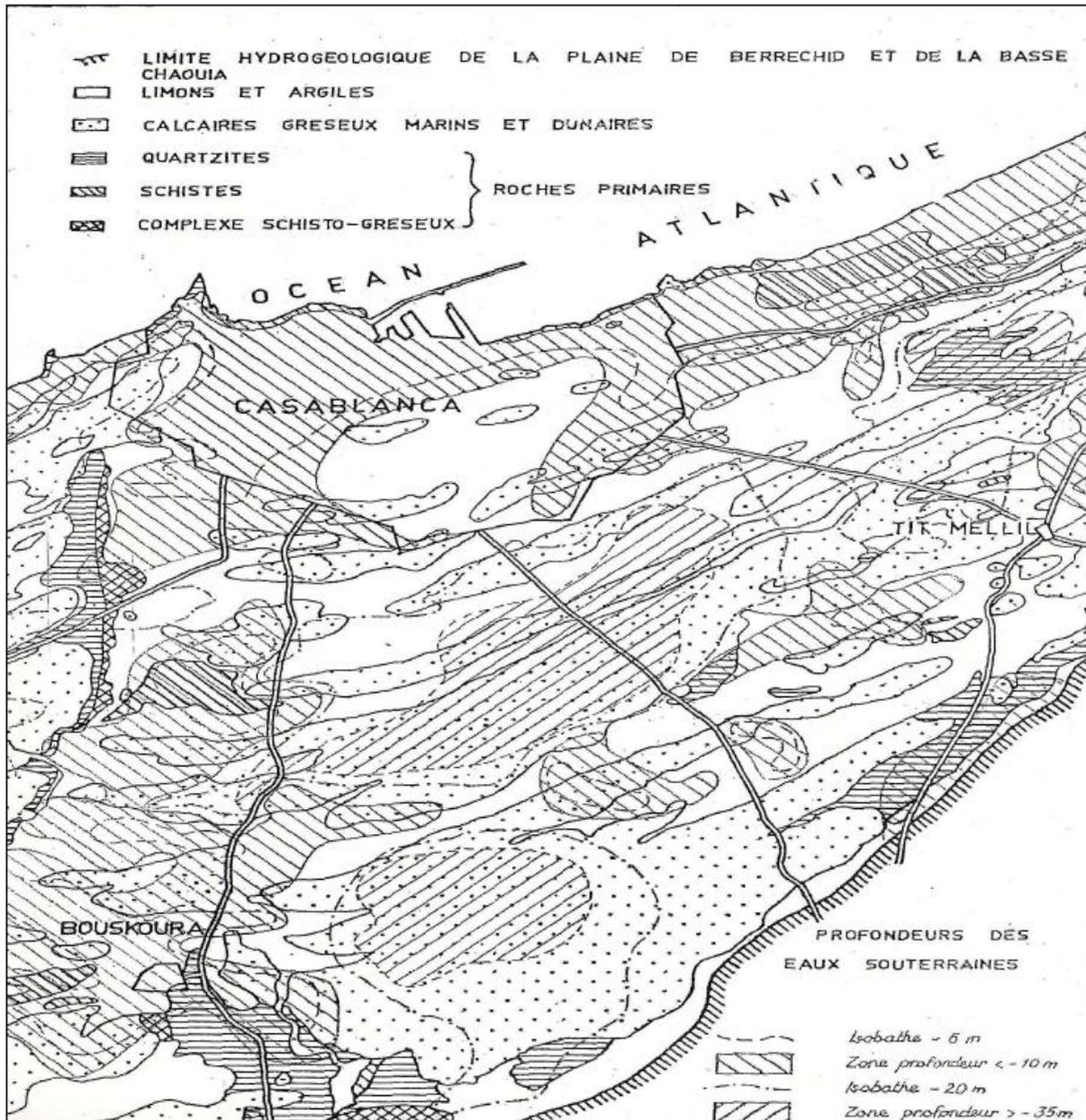


Figure 28 : Carte géologique de la région de Casablanca

Par ailleurs les essais sur la zone d'étude donnent une conductivité hydraulique $K=2,23.10^{-8}$

5- Hydrologie

Les coefficients de Montana caractérisant la pluviométrie dans la zone d'étude pour une période de 10 ans sont les suivant :

$$a= 4,2092 \text{ et } b= -0,6301$$

Ces valeurs sont données par le Schéma Directeur de l'Assainissement Liquide de Casablanca dont l'assainissement est géré par la Lydec.

II- Consistance du projet

Notre travail consistera à assainir ce lotissement de 35 hectares composées d'une « zone Villas » et d'une « zone Immeubles » en systèmes séparatifs. Et vu la distance avec les collecteurs existants, l'option d'assainissement autonome devra être privilégiée.

Aussi faudra-t-il au préalable :

- montrer l'intérêt de ne pas procéder à un branchement au réseau collectif dans ce cas ;
- vérifier que ce mode d'assainissement par les techniques alternatives est adapté à ce projet ;

Si les préalables précédents sont vérifiés, il nous incombera alors de :

- Déterminer les techniques alternatives appropriées
- Dimensionner les ouvrages conséquents pour l'application de ces techniques
- Déterminer les utilisations adaptées aux volumes d'eaux effluents
- Déterminer les problèmes susceptibles de subsister
- Proposer des solutions à ces problèmes

CHAPITRE 7: Conception du système d'assainissement et étude des variantes

Introduction

Avant tout calcul concernant ce projet, on se doit de concevoir sa composition, ses différentes étapes de réalisation. Ceci se fera par la proposition des variantes puis par la sélection de variante sur bases de certains critères. La conception à adopter devra répondre aux critères suivants par ordre de priorité :

- ✓ répondre aux normes en vigueur
- ✓ être la moins coûteuse possible
- ✓ être la plus aisée à réaliser techniquement

I- conception du réseau d'assainissement

Pour ce projet différentes conception du réseau d'assainissement pourraient éventuellement être adoptées.

- ✓ **Variante de conception 1:** assainissement en réseau séparatif par branchement au réseau collectif

Cette conception est celle qui équivaut à l'assainissement classique en réseau séparatif en assainissement collectif.

- ✓ **Variante de conception 2:** assainissement en réseau séparatif par construction de bassin de rétention, puis épuration et réutilisation des eaux sur la parcelle.

Pour viabiliser ce terrain, nous procéderons par l'installation de 18 bassins de rétentions dans les 18 blocs constituant la « zone villas ». Cette conception permettra de ne pas réserver spécialement une zone au dimensionnement d'un grand bassin de rétention.

Nous mettrons d'abord en évidence l'importance de cette répartition en calculant les dimensions équivalente à un seul bassin pour assainir toute la zone.

- ✓ **Variante de conception 3 :** Aménagement de bassins de rétention pour les eaux pluviales et acheminement des eaux usées vers le réseau.

Cette variante est une variante intermédiaire entre la variante 1 et la variante 2.

- ✓ **Variante de conception 4:** assainissement en réseau séparatif par construction de bassin de rétention, puis mélange des eaux épurées et réutilisation sur la parcelle sur la parcelle

Cette variante sera soumise à une étude de compatibilité du mélange eaux-pluviales traitées et eaux usées traitées. Elle pourra le cas échéant permettre réduire le coût de traitement des eaux usées si une simple dilution permet de respecter les normes de réutilisation.

II- Etude de la faisabilité des variantes de conception

1- Faisabilité de la variante 1 : assainissement en réseau séparatif par branchement au réseau collectif

1.1- Conformité avec la norme

Cette variante respecte la qualité des eaux à rejeter dans le réseau public. En effet les eaux autorisées à être rejetées ne doivent pas provenir d'activités industrielles de pollution particulières. Par ailleurs les débits à l'exutoire ne doivent pas saturer les collecteurs. Les caractéristiques du réseau à l'exutoire permettront de confirmer si cette dernière condition est vérifiée.

1.2- Viabilité technique

Cette variante ne rencontre pas de contrainte au niveau de la norme. Toutefois il pourrait être nécessaire d'installer des stations de relevage afin d'atteindre le collecteur avec une cote qui permet de s'y brancher.

1.3- Faisabilité économique

Cette variante pourrait être très onéreuse vu que le collecteur principal se trouve très éloigné du terrain à assainir. Il faudrait donc comparer le coût de cette variante aux autres variantes susceptibles d'être réalisées.

2- Faisabilité de la variante 2 : assainissement en réseau séparatif par construction de bassin de rétention, puis épuration et réutilisation des eaux

sur la parcelle

La réutilisation des eaux usées doit répondre au premier critère qui est la conformité avec la norme. Pour cela nous confronterons d'abord la qualité des eaux usées avec les normes de réutilisation.

2.1- Qualité des eaux usées

Tableau 16 : Concentrations de polluants dans les eaux usées urbaines

Paramètres	Concentrations
MES	100 à 500 mg/L
DCO	250 à 1000 mg/L
DBO5	100 à 400 mg/L
Cadmium	1 à 10 mg/L
Cuivre	83 à 100 mg/L
Plomb	5 à 78 mg/L
Zinc	100 à 570 mg/L

(source :ONEP-GTZ, 1998)

Les ratios retenus au Maroc pour l'évaluation des différents flux de pollution domestique sont les suivants :

- 76 g de MO/hab./j
- 55 g de MO/hab./j
- 9 g de matière azotée/ hab/j

Tableau 17 : Normes marocaines pour l'utilisation des eaux traitées en irrigation

Catégorie	Conditions de réalisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux (a) [moyenne arithmétique du nombre d'œufs par litre (b)]	Coliformes fécaux [moyenne géométrique du nombre par 100ml (b)]
-----------	---------------------------	---------------	---	---

A	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics (c)	Ouvriers agricoles, Consommateurs Publics	Absence	<1000 (d)
B	Irrigation de cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et des Plantations d'arbres (d)	Ouvriers Agricoles	Absence	Aucune norme n'est Recommandée
C	Irrigation localisée des cultures de la catégorie B si les ouvriers agricoles et le public ne sont pas exposés	Aucun	Sans objet	Sans objet

2.2- Conclusion sur la variante 2

Vu que la réutilisation prévu est l'arrosage d'espaces verts accessibles au publique, la qualité des eaux requises doit être la catégorie A. Ce qui nécessite jusqu'à une épuration jusqu'au niveau tertiaire. Un tel niveau d'épuration nécessite l'installation d'une unité complète de station d'épuration.

L'option d'installer une unité étant exclue dès le départ (le plan de masse a été élaborer avec dans le cahier de charge l'option de ne pas installer une station d'épuration.) il ne peut donc être envisagé de réutiliser les eaux usées épurées sur la parcelle. La variante 2 est donc à écarter.

3- Faisabilité de la variante 3 : Aménagement de bassins de rétention pour les eaux pluviales et acheminement des eaux usées vers le réseau collectif

3.1- Faisabilité

Cette variante est une variante intermédiaire entre les variantes 1 et 2.

De ce fait, sa faisabilité du point de vue des normes et du point de vue technique ne se pose pas car elle repose sur les avantages de la variante 2 et évite les inconvénients qui condamnent la variante 2.

3.2- Conclusion sur la variante 3

Cette variante permettrait de retenir les eaux pluviales et éventuellement de les réutiliser.

Mais la construction d'une canalisation pour rejoindre le réseau public n'est pas évitée. Il faudrait alors l'évaluer économiquement pour savoir si elle est la meilleure. Ce qui devra passer par le dimensionnement du réseau en entier puis l'énumération des dépenses éviter par cette variante.

4- Etude de la variante 4 : assainissement en réseau séparatif par construction de bassin de rétention, puis mélange des eaux épurées et réutilisation sur la parcelle sur la parcelle

On étudie ici le cas du mélange des eaux usées avec les eaux pluviales afin de faire une dilution. Pour vérifier si le mélange répond aux normes nous procédons ici au calcul des contributions moyennes des différents types d'eau.

3.1- Contribution des eaux de pluviales

Les apports pluviométriques moyens au niveau de tout le terrain correspondent à ceux de la zone de Casablanca, c'est-à-dire 420 mm.

Le coefficient d'apport est de : $Ca_{\text{ég}} = 0,56$

Le volume total annuel des eaux pluviales est donc :

$$V_{EP\text{annuel}} = Ca_{\text{ég}} * h * S$$

$$V_{EP\text{annuel}} = 0,62 * 0,42 * 350000$$

$$V_{EP\text{annuel}} = 91140 \text{ m}^3 \text{ par an.}$$

3.2- Contribution des eaux usées

Les débits moyens des eaux usées sont les suivants :

Tableau 18 : Débits des eaux usées

Désignation	type d'habitat	Nbre d'hbts	EAU POTABLE	EAUX USEES	
			consommation Moy.(l/jour)	débit moyen (m3/j)	volume annuel m3

Zone villa	villa	786	188640	150,912	55082,88
Bloc A	immeuble	156	23400	18,72	6832,8
	Clinique		4716	3,7728	1377,072
Bloc B	immeuble	432	64800	51,84	18921,6
Bloc C	immeuble	588	88200	70,56	25754,4
Bloc D	immeuble	504	75600	60,48	22075,2
Bloc E	immeuble	516	77400	61,92	22600,8
Bloc F	immeuble	600	90000	72	26280
Bloc G	immeuble	528	79200	63,36	23126,4
Bloc H	immeuble	528	79200	63,36	23126,4
Bloc I	immeuble	432	64800	51,84	18921,6
Bloc J	immeuble	432	64800	51,84	18921,6
Bloc K	immeuble	528	79200	63,36	23126,4
Bloc L	immeuble	528	79200	63,36	23126,4
Bloc M	immeuble	528	79200	63,36	23126,4
Bloc N	immeuble	528	79200	63,36	23126,4
Bloc O	immeuble	264	39600	31,68	11563,2
	Ecole	718	7180	5,744	2096,56
Bloc P	immeuble	528	79200	63,36	23126,4
Bloc Q	immeuble	432	64800	51,84	18921,6
Bloc R	immeuble	120	18000	14,4	5256
	Centre de santé		4308	3,4464	1257,936
Bloc S	Collège	718	7180	5,744	2096,56
Bloc T	Ecole	718	7180	5,744	2096,56
Total		11112	1445004	1156,003	421941,2

Le volume total annuel des EU est donc de :

$$V_{EU\text{annuel}} = 421941,2 \text{ m}^3 \text{ par an}$$

3.3- Conclusion sur la variante

Le volume annule des eaux usées est nettement supérieur à celui des eaux pluviales (4,63 fois plus grand). Par ailleurs le grand espacement de temps entre les pluies fait que dans certaines périodes les bassins ne retiendraient que des eaux usées. Pour les même raison de respect des normes de la qualité exigée pour l'arrosage des espaces verts accessible au public, cette variante est donc à écarter.

Conclusion

Il ressort de cette étude de variantes que trois variantes méritent d'être dimensionnées :

- ✓ Variante 1 : assainissement en réseau séparatif par branchement au réseau collectif.
- ✓ Variante 3 : Aménagement de bassins de rétention pour les eaux pluviales et acheminement des eaux usées vers le réseau.

Celles-ci constitueront respectivement les variantes de dimensionnement 1, 2

CHAPITRE8: Première variante de dimensionnement : assainissement par branchement au réseau collectif

Introduction

Dans ce chapitre, nous procédons à une évaluation du projet par les techniques usuelles d'assainissement collectif. Ceci afin de déterminer si ce type d'assainissement est approprié à ce projet ou si au contraire il présente beaucoup de contraintes.

I- Assainissement des eaux pluviales

1- Calcul des Débits

1.1- Coefficient de ruissellement équivalent

Le coefficient de ruissellement équivalent Cr_{eq} est donné par la formule :

$$Cr_{eq} = \frac{\sum (\text{Surfaces élémentaires} * Cr_{élémentaires})}{\sum \text{Surfaces élémentaires}}$$

$$D'où : Cr_{eq} = \frac{\sum Si * Ci}{\sum Si}$$

On a les données suivantes :

Tableau 19 :coefficient de ruissellement équivalent

Entités	Coefficients élémentaires C_i	surfaces S_i	$S_i * C_i$
esp.verts	0,2	61844	12368,8
voiries et parkingZ.imm	0,9	128591,7	115732,53
voiries et parkingZ.villa	0,9	694,5	625,05
Surf.villa	0,35	46477,8	16267,23
Immeubles	0,45	112392	50576,4

$$\Rightarrow Cr_{\text{éq}} = \frac{12368,8+15732,53+625,05+16267,23}{350000}$$

Ainsi : $Cr_{\text{éq}} = 0,56$

1.2- Application de la formule de Caquot

On rappelle la formule superficielle de Caquot pour la détermination des débits de pointe des eaux pluviales :

$$Q = K.C^U . I^V . A^W . m^2$$

Avec :

Q : Débit de brute en m³/s ;

I : pente moyenne du bassin versant en m/m ;

C : coefficient de ruissellement ;

A : superficie du bassin versant en Hectares (35 ha);

K : coefficient caractéristique.

K .U.W.V dépend des coefficients de Montana a et b.

$$K = (a \cdot 0,5^b) / (6,6 \cdot U)$$

$$U = 1 / (1 + 0,287 \cdot b)$$

$$V = (-0,41 \cdot b) / (1 + 0,28 \cdot b)$$

$$W = (((0,507 \cdot b) + 0,95) / (1 + (0,287 \cdot b)))$$

$$m = \left(\frac{2\sqrt{A}}{L} \right)^{-0,42b / (1-b)}$$

D'après les données sur la zone d'étude, on a :

$$a=4,2092 \text{ et } b=-0,6301$$

Et par application des formules précédentes, on obtient :

Tableau 20 : Paramètres de la formule de Caquot

Période de retour	a	b	k	u	v	W
10 ans	4,2092	-0,6301	0,85	0,3	1,21	0,78

Les mesures des données nécessaires sur le plan de masse et le plan côte TN nous permettent d'obtenir les données nécessaires à l'application de la formule de Caquot.

On obtient ainsi :

Tableau 21 : les données pour l'application de la formule

L (hm)=	12,53251
A (ha)=	35
I (m/m)=	-0,0003431
on prend: I=	0,005
m=	0,96608552

Remarques :

- On a une contre-pente, On adopte donc la pente minimale de 0,005 (Vues la longueur et la largeur de la voirie concernée, le remblai coûterait trop cher)
- On a bien $0,8 < m < 1,73$

On obtient : $Q = 1,0102389 \text{ m}^3/\text{s}$ soit 1010 l/s

2- Dimensions de la canalisation correspondante à l'exutoire

1.1- Calcul par la débitance

On définit la débitance Q_b par :

$$Q_b = \frac{Q}{\sqrt{I}}$$

Avec le volume de pointe et la pente équivalente du terrain, on détermine donc la débitance.

On a :

$$Q_b = \frac{Q}{\sqrt{I}}$$

$$\Rightarrow Q_b = \frac{1010}{\sqrt{0,005}}$$

$$\Rightarrow Q_b = 14283,55$$

Par utilisation du tableau des diamètres en fonction des débitances donné en annexe, on obtient une canalisation T130.

En complétant ce tableau par la formule :

$$Q_{bEP} = 60 * R^{3/4} * S \text{ (Manning-Stickler)}$$

Avec

$R = \emptyset/4$, le rayon hydraulique

$$S = \pi * \emptyset^2/4$$

On obtient :

$$Q_{bEP} = 60 * (\emptyset/4)^{3/4} * \emptyset^2/4$$

$$Q_{bEP} = 8,92 * (\emptyset/4)^{11/4}$$

D'où :

$$\emptyset = (Q_{bEP} / 8,92)^{4/11}$$

$$\Rightarrow \emptyset = (14283,55 / 8,92)^{4/11}$$

$$\Rightarrow \emptyset = 1187 \text{ mm}$$

Ce qui donne effectivement un diamètre nominal de $\emptyset 1200$.

1.2- Utilisation de l'abaque

Ce résultat est confirmé par les plages définies par l'abaque Débit-Pente-Diamètre de canalisation pour une conduite circulaire en CAO. En effet, ce débit de pointe de 1010l/s avec cette pente de 0,005 correspondent à une canalisation circulaire CAO $\emptyset 1200$.

II- Assainissement des eaux usées

1. Calcul des Débits

Le calcul des débits des eaux usées se base sur le principe que les eaux usées arrivant aux égouts proviennent de l'eau potable après son usage. Ainsi le débit de pointe des eaux usées sera fonction de la consommation en eaux potables. Cette consommation en eaux potables est calculée (estimée) à partir des dotations en eau potables selon le type d'habitat ou la fonction du bâtiment.

1.1- La consommation d'eau potable

a- La dotation en eau potable

Notre lotissement est constitué d'une zone villas et d'une zone immeuble. Et l'on distingue dans chacune de ces zones, une zone de logements moyens standing et une deuxième de haut standing. On compte également des équipements que sont les écoles, la clinique, le poste de police etc...

Les dotations correspondantes sont :

Tableau 22 : Les dotations d'eau potable

<u>Dotations</u>	dotation
Villa : l/j/hab.	240
Immeuble : l/j/hab.	150
Ecole : l/j/élève	10
local de police : l/j/ U	1000
centre de sport (l/j/ha)	20 000
Clinique l/j/ha	20 000
bureau/commerce/ maison des jeunes : l/j/U	3000
résidence de tourisme (l/j/pers)	600
restaurant (l/j/U)	5000
parking l/j/U	3000

1.2- Les hypothèses sur la population

La consommation d'eau se calcule à partir des dotations d'eau potable et d'hypothèses faites sur le nombre d'habitants ou d'utilisateurs en fonction du type de bâtiment. Ces hypothèses sont soit données dans le cas où le cahier de charge du projet les fixe, soit fixées par les normes, soit évaluées

en fonction du projet au moment de la réalisation des études d'assainissement. Dans notre cas nous nous conformerons aux hypothèses données par la norme telles que présentées par le guide de la Lydec complétées par des informations auprès du promoteur.

Celles-ci sont les suivantes :

Tableau 23 :Les hypothèses sur la population

<u>Hypothèses</u>	
Bâtiments	nombre d'habitants
Villa	5
Immeuble	6
résidence de tourisme	2
norme de lit dans l'établissement de santé	30
nombre d'appartement par étage	3
taux de retour à l'égout	0,8
coef de p journalière	1,2
nombre d'élèves à l'école = 1/10 population concernée	
la clinique (bloc A)	2358
centre de santé (bloc R)	2154
Logements dans la pyramide	70
nombre de bureau dans la pyramide	72
nombre de magasins dans le supermarché	36
nombre de boutiques de marques	44
nombre de résidence de tourisme	62
Clés de commerce dans la rue	200
nombre de la population concernée	21553

1.3- La consommation moyenne en eau potable

La consommation en eau potable s'obtient par la somme des produits des dotations par les nombres d'habitants supposés des différents bâtiments. Dans notre cas, cela donne les résultats

suivants :

Tableau 24 :La consommation d'eau potable

Désignation	type d'habitat	Villas haut standing	Villas moy.standing	R+5	R+6	R+7	Nbre d'hbts	cons. Moy(l/jour)
Zone villa	villa	51	80	-	-	-	786	188640
Bloc A	immeuble			2	2	0	156	23400
	Clinique							4716
Bloc B	immeuble			5	6	0	432	64800
Bloc C	immeuble			4	6	4	588	88200
Bloc D	immeuble			4	4	4	504	75600
Bloc E	immeuble			4	2	6	516	77400
Bloc F	immeuble			4	4	6	600	90000
Bloc G	immeuble			2	4	6	528	79200
Bloc H	immeuble			2	4	6	528	79200
Bloc I	immeuble			2	4	4	432	64800
Bloc J	immeuble			2	4	4	432	64800
Bloc K	immeuble			2	4	6	528	79200
Bloc L	immeuble			2	4	6	528	79200
Bloc M	immeuble			2	4	6	528	79200
Bloc N	immeuble			2	4	6	528	79200
Bloc O	immeuble			0	4	2	264	39600
	Ecole						718	7180
Bloc P	immeuble			2	4	6	528	79200
Bloc Q	immeuble			5	6	0	432	64800
Bloc R	immeuble			1	2	0	120	18000
	Centre de santé							4308
Bloc S	Collège						718	7180
Bloc T	Ecole						718	7180
total		51	80	47	72	72	10394	1437824

1.4- Les débits de pointe d'eaux usées

Le débit des eaux usées s'obtient à partir de la consommation en eau potable affectée du coefficient de retour à l'égout puis du coefficient de pointe journalière, puis du coefficient de pointe horaire. Ainsi on obtient :

Tableau 25 :Les débits d'eaux usées

Désignation	type d'habitat	Nbre d'hbts	Eau potable		eaux usées		
			cons. Moy(l/jour)	Cons. Moy (l/s)	débit moyen (l/s)	débit de pointe journalière (l/s)	débit de pointe horaire (l/s)
Zone villa	villa	786	188640	2,183333	1,746667	2,096	6,288
Bloc A	immeuble	156	23400	0,270833	0,216667	0,26	0,78
	Clinique		4716	0,054583	0,043667	0,0524	0,1572
Bloc B	immeuble	432	64800	0,75	0,6	0,72	2,16
Bloc C	immeuble	588	88200	1,020833	0,816667	0,98	2,94
Bloc D	immeuble	504	75600	0,875	0,7	0,84	2,52
Bloc E	immeuble	516	77400	0,895833	0,716667	0,86	2,58
Bloc F	immeuble	600	90000	1,041667	0,833333	1	3
Bloc G	immeuble	528	79200	0,916667	0,733333	0,88	2,64
Bloc H	immeuble	528	79200	0,916667	0,733333	0,88	2,64
Bloc I	immeuble	432	64800	0,75	0,6	0,72	2,16
Bloc J	immeuble	432	64800	0,75	0,6	0,72	2,16
Bloc K	immeuble	528	79200	0,916667	0,733333	0,88	2,64
Bloc L	immeuble	528	79200	0,916667	0,733333	0,88	2,64
Bloc M	immeuble	528	79200	0,916667	0,733333	0,88	2,64
Bloc N	immeuble	528	79200	0,916667	0,733333	0,88	2,64
Bloc O	immeuble	264	39600	0,458333	0,366667	0,44	1,32
	Ecole	718	7180	0,083102	0,066481	0,079778	0,239333
Bloc P	immeuble	528	79200	0,916667	0,733333	0,88	2,64
Bloc Q	immeuble	432	64800	0,75	0,6	0,72	2,16
Bloc R	immeuble	120	18000	0,208333	0,166667	0,2	0,6

	Centre de santé		4308	0,049861	0,039889	0,047867	0,1436
Bloc S	Collège	718	7180	0,083102	0,066481	0,079778	0,239333
Bloc T	Ecole	718	7180	0,083102	0,066481	0,079778	0,239333
Total		10394	1437824	16,64148	13,31319	15,97582	34,9099

2- Dimensions de la canalisation correspondante à l'exutoire

2.1- Calcul par la débitance

On définit la débitance Q_b par :

$$Q_b = \frac{Q}{\sqrt{I}}$$

Avec le volume de pointe et la pente équivalente du terrain, on détermine donc la débitance.

On a :

$$Q_b = \frac{Q}{\sqrt{I}}$$

$$\Rightarrow Q_b = \frac{34,9}{\sqrt{0,005}}$$

$$\Rightarrow Q_b = 493,57$$

Par utilisation du tableau donnant les diamètres en fonction du débit, on obtient une canalisation CAO de diamètre Ø300 (diamètre minimal).

La canalisation en PVC étant plus lisses que les canalisations CAO, si on choisit une canalisation PVC, le diamètre sera également le diamètre minimal Ø300.

2.2- Détermination à partir de l'abaque

On a un débit de pointe de 34,9 l/s qui doit passer dans une canalisation de pente 0,005. En se référant à l'abaque des diamètres en fonction de la pente et du débit de pointe

Et pour une canalisation en CAO on obtient : $\varnothing 300$

Et pour une canalisation circulaire en PVC on obtient : $\varnothing 300$

3- Vérification de l'autocurage

Vérification de la première condition d'autocurage sur la vitesse à pleine section :

$$V_{ps} = Q_{PS} / S$$

Avec : $S = \pi * \varnothing^2 / 4$ et $Q_{PS} = 24,935 * I^{1/2} * \varnothing^{8/3}$

$$S = \pi * 0,3^2 / 4 \text{ et } Q_{PS} = 24,935 * 0,005^{1/2} * 1,2^{8/3}$$

$$S = \pi * 0,3^2 / 4 \quad S = \pi * 0,3^2 / 4 \text{ et } Q_{PS} = 24,935 * 0,005^{1/2} * 1,2^{8/3}$$

$$\Rightarrow S = 0,0707 \text{ m}^2 \text{ et } Q_{PS} = 0,0711 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'où :

$$\Rightarrow V_{ps} = 0,0711 / 0,0706$$

$$\Rightarrow V_{ps} = 1,01 \text{ m/s}$$

Vérification de la première condition d'autocurage sur le remplissage à $H_2/10$ pour le débit moyen Q_{moy} :

En se référant au tableau précédant donnant les débits d'eau usées on a $Q_{moy} = 13,31 \text{ l/s}$

Le rapport des débits (avec le débit à pleine section) donne :

$$Q_{moy} / Q_{PS} = 13,31 / 34,9$$

$$\Rightarrow Q_{moy} / Q_{PS} = 0,38$$

Ainsi, on obtient $Q_{moy} / Q_{PS} > 1,2$

La deuxième condition d'autocurage est donc vérifiée.

L'autocurage est donc vérifié pour la canalisation de 1800m allant du lotissement au collecteur principal.

Conclusion

Les diamètres des canalisations à installer sont assez grande pour les eaux pluviales et le fait que les canalisations devront être placées dans le sens contraire de la pente du terrain naturel vers le collecteur existant qui est à une distance de 1,8 km. De plus, il faudra faire d'autres aménagements de remblayage et installer un poste de relevage. Tout cela nous amène à la conclusion que penser à d'autres solutions que les méthodes d'acheminement directe vers le réseau s'imposent pour ce projet pour chercher des solutions techniquement et économiquement plus adaptées.

CHAPITRE9: Deuxième variante : les bassins de rétention comme techniques alternatives

1- Bassin équivalent à tout le terrain

1.1- Choix de l'événement pluvieux

En se conformant aux normes marocaines, dans notre cas au guide de la Lydec, la période de retour choisie adopter est $T= 10$ ans. Celle-ci se justifie par le fait que l'on suppose que les risques contre lesquels l'on veut se prémunir sont largement couverte par une pluie de fréquence correspondante à 10 ans, et de plus, la gestion des bassins étant annuelle, cette période est largement satisfaisante.

1.2- Coefficient d'apport C_a

Le coefficient d'apport $C_a = \{\text{volume ruisselé à l'exutoire} / \text{volume total précipité}\}$, est souvent approché par le coefficient de ruissellement (ou d'imperméabilisation) C évoqué précédemment.

Jusqu'à l'orage décennal, le coefficient d'apport C_a peut être confondu avec le coefficient de ruissellement C . Mais en général on adopte la formule : $C_a=1,1*C$.

Pour des pluies plus rares, on a constaté que les surfaces « perméables » participent au ruissellement du fait de la saturation des sols et/ou de l'importance des précipitations ; par suite, le coefficient d'apport est sensiblement supérieur au coefficient d'imperméabilisation.

Faute d'avoir des informations précises (résultat de mesures, études hydrologiques fines), la règle suivantes est souvent appliquée :

- pour des pluies cinquantenales, le coefficient d'apport sera obtenu en multipliant le coefficient d'imperméabilisation par 1,2 à 1,3 ;
- pour des pluies centennales, des coefficients C_a de 0,8 à 0,9 pourront être pris suivant l'occupation du sol et la pente du terrain.

Dans notre étude, on adoptera, et ce conformément au guide de la Lydec, la formule :

$$Ca=1,1*C$$

a- Coefficient de ruissellement équivalent

Le coefficient de ruissellement équivalent $Cr_{\text{éq}}$ est donné par la formule :

$$Cr_{\text{éq}} = \frac{\sum(\text{Surfaces élémentaires} * Cr_{\text{élémentaires}})}{\sum \text{Surfaces élémentaires}}$$

$$D'où : Cr_{\text{éq}} = \frac{\sum Si * Ci}{\sum Si}$$

On a les données suivantes :

Tableau 26 : Coefficients de ruissellement zone villa

Entités	Coefficients élémentaires C_i	surfaces S_i	$S_i * C_i$
esp.verts	0,2	61844	12368,8
voiries et parkingZ.imm	0,9	128591,7	115732,53
voiries et parkingZ.villa	0,9	694,5	625,05
Surf.villa	0,35	46477,8	16267,23
immeubles	0,45	112392	50576,4

$$\Rightarrow Cr_{\text{éq}} = \frac{12368,8 + 115732,53 + 625,05 + 16267,23}{350000}$$

Ainsi : $Cr_{\text{éq}} = 0,56$

b- Coefficient d'apport équivalent :

Le coefficient d'apport équivalent $Ca_{\text{éq}}$ à la totalité du bassin est donné par :

$$Ca_{\text{éq}} = 1,1 * Cr_{\text{éq}}$$

D'où : $Ca_{\text{éq}}=1,1*0,56$

Ainsi : $Ca_{\text{éq}}=0,62$

1.3- Débit de fuite

Le débit de fuite est le débit sortant de l'ouvrage de rétention. Comme indiqué dans le tableau présentant les étapes du dimensionnement des bassins de rétention, le débit de fuite peut correspondre au débit évacuer vers un collecteur ou le milieu naturel par le biais d'une canalisation, tout comme il peut exprimer le débit sortant du bassin par infiltration.

Dans notre cas, l'infiltration ne peut être prise en compte car d'une part cela ne saurait être envisagé vu la faible perméabilité de la zone ($2,23.10^{-8}$) et d'autre part parce que les bassins à construire auront des parois imperméabilisées afin de ne pas nuire au bâtiment avoisinant.

Notre débit de fuite correspondra donc au débit autorisé à être évacué dans les collecteurs de la Lydec. Ce débit de fuite est de 1 l/s/ha.

Cependant, vu que les collecteurs environnant ne sont pas construits, il s'agira pour nous de nous assurer que les débits sortant peuvent être totalement absorbé par la réutilisation de ses eaux sur place.

1.4- Calcul du volume maximal à stocker

Nous adopterons la méthode des volumes du fait des données dont nous disposons.

Le volume d'eau maximale à stocker est calculé à partir des averses maximales observées en utilisant le modèle de Montana :

$$Vu = V_{\text{entrée}} - V_{\text{sortie}}$$

Ventrée : Volume reçu par le bassin pendant une durée t

Vsortie : Volume sorti du bassin pendant la même durée t

$$V_{\text{entrée}} = h \cdot S_a = h \cdot C_a \cdot S$$

$H = i \cdot t$ où i et donné par la formule de Montana : $i = a \cdot t^b$

$$V_{\text{sortie}} = Q.t$$

$$\text{On a alors : } Vu = a.S.Ca.t^{b+1} - Q.t$$

Avec Vu en m^3 , Q en m^3/min et t en min

Le volume à stocker est maximal $dV/dt=0$

$$\text{Ce qui correspond à un temps optimal } t_{\text{opt}} = \left[\frac{Q}{a.S.Ca(1+b)} \right]^{1/b}$$

$$\text{D'où : } V_{\text{max}} = a.S.Ca.t_{\text{opt}}^{b+1} - Q.t_{\text{opt}}$$

Dans notre cas les données sont :

$$a = 4,2092$$

$$b = -0,6301$$

$$S = 350000 \text{ m}^2$$

$$Q = 1 \text{ l/s soit } 0,06 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Ca = 0,62$$

On obtient:

$$\mathbf{T_{opt} = \left[\frac{0,06}{4,2092 * 350000 * 0,62 * (1 - 0,6301)} \right]^{-1/0,6301}}$$

$T_{opt} = 3143,4 \text{ min}$ soit 2jours 4heures 23min et 24 secondes.

Et le volume maximal à stocker correspondant est $V_{\text{max}} = 5136,7 \text{ m}^3$

Détermination des dimensions du bassin de rétention correspondant.

En adoptera une forme parallélépipède avec les parois verticales légèrement inclinées avec une pente a/h comme indiqué sur la figure au lieu d'un parallélépipède rectangle.

Cette forme est à l'avantage de donné un grand volume tout en permettant la stabilité des bords du bassin.

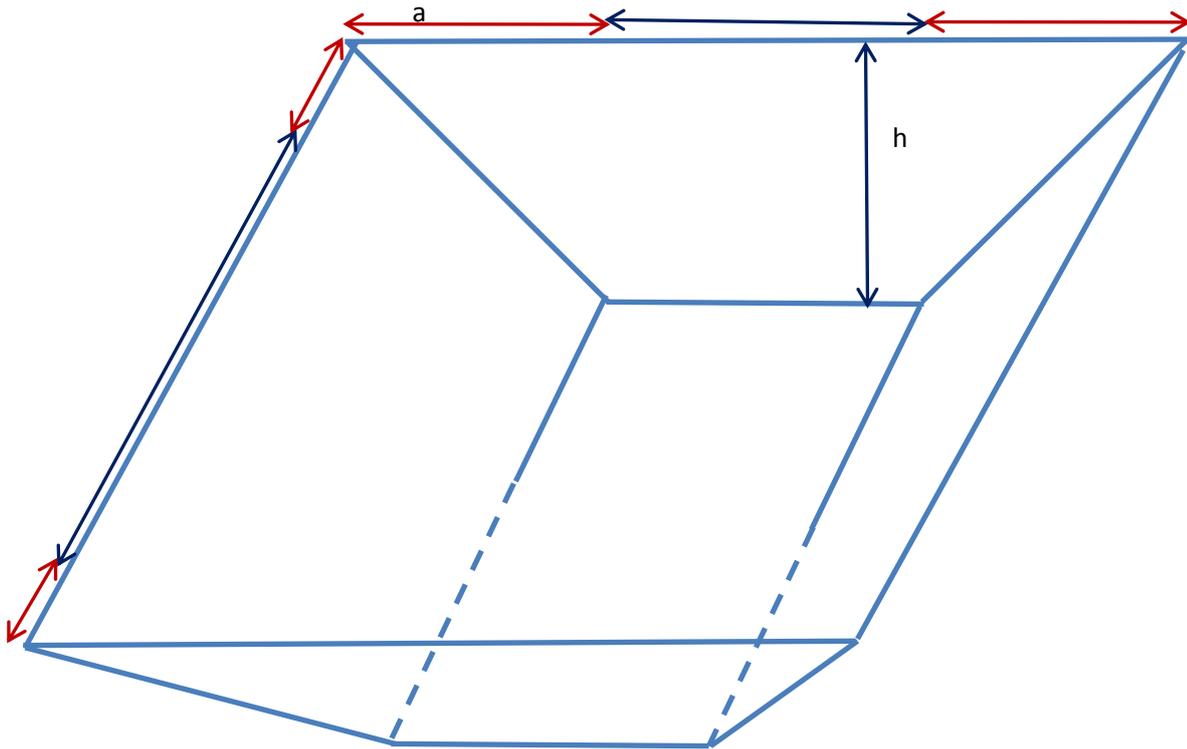


Figure 29: Forme du bassin de rétention

On choisit de maintenir une profondeur de 1,5m de profondeur car la nappe est très proche de la surface. Ce qui donne une surface au sol de 3333m^2 pour un parallélépipède rectangle soit près d'un demi-hectare avec la forme choisie.

2- Bassin pour le bloc A

Les blocs ayant la même configuration et les mêmes composantes que sont les immeubles, les espaces verts et la voirie, l'étude peut être réduite à celle d'un seul bloc auquel on appliquera la démarche indiquée précédemment.

Cette même démarche pourra être appliquée à n'importe lequel des autres blocs en remplaçant les valeurs des surfaces des immeubles, des espaces verts et des voiries par les valeurs correspondantes.

Nous commençons notre étude par le bloc A.

2.1- Choix de l'événement pluvieux

L'événement pluvieux reste la pluie décennale pour les mêmes raisons évoquées précédemment

2.2- Coefficient d'apport Ca

Comme indiqué précédemment la formule du coefficient d'apport adoptée est :

$$Ca=1,1*C$$

a- Coefficient de ruissellement équivalent

Le coefficient de ruissellement équivalent $Cr_{\text{éq}}$ est donné par la formule :

$$Cr_{\text{éq}} = \frac{\sum(\text{Surfaces élémentaires} * Cr_{\text{élémentaires}})}{\sum \text{Surfaces élémentaires}}$$

$$D'où : Cr_{\text{éq}} = \frac{\sum Si * Ci}{\sum Si}$$

Les données mesurées sur le plan de masse sont :

Tableau 27 : Coefficient de ruissellement bloc A

Entités	Coefficients élémentaires C_i	surfaces S_i
esp.verts	0,2	3895
voiries et parking	0,9	5727
immeubles	0,45	4991

On obtient donc : $Cr_{\text{éq}} = 0,69$

b- Coefficient d'apport équivalent :

Le coefficient d'apport équivalent $Ca_{\text{éq}}$ à la totalité du bassin est donné par :

$$Ca_{\text{éq}} = 1,1 * Cr_{\text{éq}}$$

$$D'où : Ca_{\text{éq}} = 1,1 * 0,69$$

Ainsi : $Ca_{\text{éq}}=0,76$

2.3- Débit de fuite

Le débit de fuite appliqué est 1 l/s/ha.

2.4- Calcul du volume maximal à stocker

$$t_{\text{opt}} = \left[\frac{Q}{a \cdot S \cdot Ca(1+b)} \right]^{1/b}$$

D'où : $V_{\text{max}} = a \cdot S \cdot Ca \cdot t_{\text{opt}}^{b+1} - Q \cdot t_{\text{opt}}$

Les données sont :

$$a = 4,2092$$

$$b = -0,6301$$

$$S = 14613 \text{ m}^2$$

$$Q = 1 \text{ l/s soit } 0,06 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Ca = 0,76$$

On obtient:

$$T_{\text{opt}} = \left[\frac{0,06}{4,2092 \cdot 14613 \cdot 0,76 \cdot (1 - 0,6301)} \right]^{-1/0,6301}$$

$$\Rightarrow T_{\text{opt}} = 2328 \text{ min}$$

Et le volume maximal à stocker correspondant est $V_{\text{max}} = 379,7 \text{ m}^3$

3- Bassins des autres blocs de la « zone immeubles »

3.1- Choix de l'événement pluvieux

L'événement pluvieux reste la pluie décennale pour les mêmes raisons évoquées précédemment.

3.2- Coefficient d'apport Ca

Comme indiqué précédemment la formule du coefficient d'apport adoptée est :

$$Ca=1,1*C$$

a- Coefficient de ruissellement équivalent

Le coefficient de ruissellement équivalent $Cr_{\text{éq}}$ est donné par la formule :

$$Cr_{\text{éq}} = \frac{\sum(\text{Surfaces élémentaires} * Cr_{\text{élémentaires}})}{\sum \text{Surfaces élémentaires}}$$

$$D'où : Cr_{\text{éq}} = \frac{\sum Si * Ci}{\sum Si}$$

Les données sont mesurées sur le plan de masse et l'application numérique donne les résultats suivants :

Tableau 28 : Coefficients de ruissellement des blocs immeubles

Bloc	Surface dédiée au bâtiment (m2)	surface de l'espace vert (m2)	surface de la voirie (m2)	Surface totale du bloc (voiries et bâtiments)(m2)	Surface totale (m2)	coefficient de ruissellement du bassin versant
A	4991	3895	5727	10718	14613	0,69
B	15143	5384	8635	23778	29162	0,61
C	5230	2220	5305	10535	12755	0,68
D	4811	3971	7501	12312	16283	0,72
E	4512	2639	7064	11576	14215	0,72
F	4442	2485	5248	9690	12175	0,69
G	4443	2334	5196	9639	11973	0,69
H	4443	2204	9543	13986	16190	0,76
I	6172	4239	9543	15715	19954	0,72
J	6248	3986	6030	12278	16264	0,67
K	4416	1974	5008	9424	11398	0,69
L	4289	1981	5119	9408	11389	0,69
M	4472	1921	5035	9507	11428	0,69
N	3800	1921	7352	11152	13073	0,75
O	3639	3716	7307	10946	14662	0,75
P	5864	2957	6108	11972	14929	0,68
Q	14717	2958	7411,7	22128,7	25086,7	0,6
R	4192	3276	4981	9173	12449	0,69
S	3537	4430	6164	9701	14131	0,74
T	3041	3356	4314	7355	10711	0,71

b- Coefficient d'apport équivalent

Le coefficient d'apport équivalent $Ca_{\text{éq}}$ à la totalité du bassin est donné par :

$$Ca_{\text{éq}} = 1,1 * Cr_{\text{éq}}$$

Les valeurs de $Cr_{\text{éq}}$ étant obtenues dans le paragraphe précédent, on obtient :

Tableau 29 : Coefficients de ruissellement des blocs immeubles

Bloc	Surface dédiée au bâtiment (m2)	surface de l'espace vert (m2)	surface de la voirie (m2)	Surface totale (m2)	coefficient de ruissellement du bassin versant	coefficient d'apport du bassin versant
A	4991	3895	5727	14613	0,69	0,76
B	15143	5384	8635	29162	0,61	0,67
C	5230	2220	5305	12755	0,68	0,75
D	4811	3971	7501	16283	0,72	0,79
E	4512	2639	7064	14215	0,72	0,79
F	4442	2485	5248	12175	0,69	0,76
G	4443	2334	5196	11973	0,69	0,76
H	4443	2204	9543	16190	0,76	0,84
I	6172	4239	9543	19954	0,72	0,79
J	6248	3986	6030	16264	0,67	0,74
K	4416	1974	5008	11398	0,69	0,76
L	4289	1981	5119	11389	0,69	0,76
M	4472	1921	5035	11428	0,69	0,76
N	3800	1921	7352	13073	0,75	0,83
O	3639	3716	7307	14662	0,75	0,83
P	5864	2957	6108	14929	0,68	0,75
Q	14717	2958	7411,7	25086,7	0,6	0,66
R	4192	3276	4981	12449	0,69	0,76
S	3537	4430	6164	14131	0,74	0,81
T	3041	3356	4314	10711	0,71	0,78

3.3- Débit de fuite

Le débit de fuite appliqué est 1 l/s/ha.

3.4- Calcul du volume maximal à stocker

a- Par la méthode des volumes :

$$t_{opt} = \left[\frac{Q}{a.S.Ca(1+b)} \right]^{1/b}$$

$$D'où : V_{max} = a.S.Ca.t_{opt}^{b+1} - Q.t_{opt}$$

Les données sont :

$$a = 4,2092$$

$$b = -0,6301$$

Les valeurs de S sont données dans les tableaux.

$$Q = 1 \text{ l/s soit } 0,06 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tableau 30 : Volumes d'eau à stocker dans la zone villa

Bloc	Surface totale (m2)	coefficient d'apport du bassin versant	temps optimal (min)	volume maximal net à stocker (m3)
A	14613	0,76	2328	379,7
B	29162	0,67	3600,4	875,0
C	12755	0,75	4277,8	460,6
D	16283	0,79	4684	589,4
E	14215	0,79	4684	554,2
F	12175	0,76	4378,1	433,6
G	11973	0,76	4378,1	431,3
H	16190	0,84	5103,7	729,6
I	19954	0,79	4684	752,3
J	16264	0,74	4178,4	524,3

K	11398	0,76	4378,1	421,7
L	11389	0,76	4378,1	421,0
M	11428	0,76	4378,1	425,4
N	13073	0,83	4997,5	569,6
O	14662	0,83	4997,5	559,1
P	14929	0,75	4277,8	523,4
Q	25086,7	0,66	3507,1	793,2
R	12449	0,76	4378,1	410,5
S	14131	0,81	4892,2	485,1
T	10711	0,78	4581,2	344,4

4- Bassin pour les voiries la « zone Villa »

On choisit ici de procéder à l'assainissement de la voirie à part car les eaux internes des villas seront gérées à l'intérieur même de ces villas.

4.1- Choix de l'événement pluvieux

On considère le même événement pluvieux que précédemment.

4.2- Coefficient d'apport Ca

Comme indiqué précédemment la formule du coefficient d'apport adoptée est :

$$Ca = 1,1 * C$$

a- Coefficient de ruissellement équivalent

Le coefficient de ruissellement équivalent Cr_{eq} est donné par la formule :

$$D'où : Cr_{eq} = \frac{\sum S_i * C_i}{\sum S_i}$$

La surface totale des voiries de la zone villa mesurée sur le plan de masse est: $S_{voiries}$.

$$Z_{\text{villa}}=62461,5$$

On obtient donc : $Cr_{\text{éq}}=0,90$

b- Coefficient d'apport équivalent :

Le coefficient d'apport équivalent $Ca_{\text{éq}}$ à la totalité du bassin est donné par :

$$Ca_{\text{éq}}=1,1*Cr_{\text{éq}}$$

$$\text{D'où : } Ca_{\text{éq}}=1,1*0,9$$

$$\text{Ainsi : } Ca_{\text{éq}}=0,99$$

4.3- Débit de fuite

Le débit de fuite appliqué est 1 l/s/ha.

4.4- Calcul du volume maximal à stocker

$$t_{\text{opt}}=\left[\frac{Q}{a.S.Ca(1+b)}\right]^{1/b}$$

$$\text{D'où: } V_{\text{max}}=a.S.Ca.t_{\text{opt}}^{b+1} - Q.t_{\text{opt}}$$

Les données sont :

$$a= 4,2092$$

$$b= -0,6301$$

$$S=62461,5 \text{ m}^2$$

$$Q=1 \text{ l/s soit } 0,06\text{m}^3/\text{s}$$

$$Ca=0,99$$

On obtient:

$$T_{\text{opt}}= \left[\frac{0,06}{4,2092*14613*0,76*(1-0,6301)}\right]^{-1/0,6301}$$

Ce qui donne :

Tableau 31 : Volumes à stocker provenant de la voirie de la zone villa

	Surface de la voirie des villas (m ²)	coefficient de ruissellement du bassin versant	débit de fuite unitaire (l/s/ha)	débit de fuite (m ³ /s)	débit de fuite (m ³ /j)	temps optimal (min)	volume maximal net à stocker (m ³)
Au-dessus de la voie principale	5239	0,9	1	0,00052	45,26	6674,5	357,4
Au-dessous de la voie principale	11746	0,9	1	0,00117	101,49	6674,5	801,3

5- Bassins pour les villas

On a deux gammes de villas. Les villas de hauts standing et les villas de moyen standing. Avec pour chacune deux types : le type 1 et le type deux. Pour notre étude la différence entre ces villas ne se situera qu'au niveau de la superficie. Ce qui aura une influence sur les volumes des eaux.

5.1- Choix de l'événement pluvieux

On considère le même événement pluvieux que précédemment.

5.2- Coefficient d'apport Ca

Comme indiqué précédemment la formule du coefficient d'apport adoptée est :

$$Ca=1,1*C$$

a- Coefficient de ruissellement équivalent

On a un seul type d'habitat. Le coefficient de ruissellement est donc celui donné par le guide de la Lydec. Le coefficient de ruissellement Cr est donc :

$$Cr=0,35$$

b- Coefficient d'apport équivalent :

Le coefficient d'apport équivalent $Ca_{\text{éq}}$ à la totalité du bassin est donné par :

$$Ca_{\text{éq}} = 1,1 * Cr_{\text{éq}}$$

$$\text{D'où : } Ca_{\text{éq}} = 1,1 * 0,35$$

$$\text{Ainsi : } Ca_{\text{éq}} = 0,38$$

5.3- Débit de fuite

Le débit de fuite appliqué est 1 l/s/ha.

5.4- Calcul du volume maximal à stocker

$$t_{\text{opt}} = \left[\frac{Q}{a.S.Ca(1+b)} \right]^{1/b}$$

$$\text{D'où : } V_{\text{max}} = a.S.Ca.t_{\text{opt}}^{b+1} - Q.t_{\text{opt}}$$

Les données sont :

$$a = 4,2092$$

$$b = -0,6301$$

$$\text{Haut standing: } S_{\text{type 1}} = 490 \text{ m}^2, S_{\text{type 2}} = 450 \text{ m}^2$$

$$\text{Moyen standing: } S_{\text{type 1}} = 490 \text{ m}^2, S_{\text{type 2}} = 450 \text{ m}^2$$

$$Q = 1 \text{ l/s soit } 0,06 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Ca = 0,38.$$

Ce qui donne :

$$T_{\text{opt}} = \left[\frac{0,06}{4,2092 * 14613 * 0,76 * (1 - 0,6301)} \right]^{-1/0,6301}$$

On obtient alors:

Tableau 32 : Volumes à stocker provenant de la zone villa

	Surface de la voirie des villas (m ²)	Coefficient de ruissellement du bassin versant	Débit de fuite unitaire (l/s/ha)	Débit de fuite (m ³ /s)	Débit de fuite (m ³ /j)	Temps optimal (min)	Volume maximal net à stocker (m ³)
Haut standg-type 1	490	0,35	1	4,9E-05	4,23	1490,9	7,5
Haut standg-type 2	450	0,35	1	4,5E-05	3,89	1490,9	6,9
Moyen stdg-type 1	160	0,35	1	1,6E-05	1,38	1490,9	2,4
Moyen stdg-type 2	190	0,35	1	1,9E-05	1,64	1490,9	2,9

Conclusion

Il ressort de ce chapitre que le dimensionnement d'un bassin de rétention pour le bassin équivalent donne un volume maximal à stocker de 5000m³, alors que le dimensionnement en considérant de petits bassins insérés dans les espaces verts des blocs donne un totale des volumes maximaux de plus de 1000 m³. Ainsi si on gagne sur le fait que l'on ne réserve pas de tranche du terrain exclusivement pour les bassins, il s'avère que l'on doit creuser un volume plus grand et de plus en plus d'avoir à faire plus de construction d'étanchéisation.

Conclusions générales et perspectives

Conclusions :

Ce travail de fin d'études a consisté en la réalisation d'un guide des techniques alternatives en assainissement au Maroc et son application sur un site de forte dans la commune de Bouskoura. L'objectif était de réaliser un guide de dimensionnement des ouvrages des techniques alternatives en assainissement, en particulier celui des bassins de rétention. Pour ce faire, nous avons réalisé:

- ✓ un état des lieux de l'assainissement au Maroc. Celui-ci a révélé que l'installation et l'entretien des réseaux au Maroc réalisés.
- ✓ L'élaboration d'un guide des techniques alternatives en assainissement applicables au Maroc et l'élaboration d'un guide de dimensionnement des bassins de rétention
- ✓ L'application du guide à un site: notre étude de cas était l'assainissement d'un lotissement de 35 ha à Bouskoura.

Dans la première partie, l'état des lieux de l'assainissement au Maroc a permis de montrer que le système d'assainissement du "tout à l'égout" causait de nombreux problèmes, en l'occurrence celui des inondations. De plus l'installation et l'entretien des réseaux consomment de gros budgets que supportent l'Etat, les régions et les concessionnaires privés, ainsi que les collectivités publiques. En outre la gestion et la planification s'élève à des sommes très importants. Le Programme National de l'Assainissement à lui seul s'élève à un budget de 43 milliards de dirhams. Cette partie a donc permis d'appréhender la nécessité d'appliquer les techniques alternatives.

Il a ensuite été question dans la deuxième partie d'élaborer le guide des techniques alternatives. Pour ce faire nous avons fait ressortir la méthodologie à adopter pour la réalisation des techniques alternatives en assainissement, en rappelant au préalable les étapes communes d'assainissement qu'il faudra tester au préalable. Cela a permis de montrer que les techniques alternatives s'adaptent mieux à l'assainissement des lotissements car:

- ✓ Elles sont plus respectueuses de la protection de l'environnement
- ✓ elles génèrent une ressource supplémentaire qui est l'eau pluviale
- ✓ elles s'adaptent bien au développement urbain.

Parmi ces techniques la technique des bassins de rétention qui convient bien au cas du Maroc, a fait l'objet de l'élaboration d'un guide de dimensionnement. Celui-ci propose deux méthodes de

calcul du volume maximal:

La méthode des pluies: elle est beaucoup plus précise mais son application demande la disponibilité de plusieurs données hydrologiques et météorologique

La méthode de volume: elle requiert peu de données (coefficient de Montana, débits de fuite) mais est moins précise et conduit à des résultats plus grands que ceux de la méthode des pluies.

Dans la troisième partie il a été question d'appliquer le guide dans notre étude de cas: la viabilisation d'un site de Bouskoura. Pour ce faire nous avons comme données le plan de masse, le plan topographique TN, et les coefficients de Montana. Ce qui nous a conduit à retenir deux variantes de dimensionnement du réseau d'assainissement :

- ✓ L'installation d'un réseau d'assainissement collectif comme cela se fait d'ordinaire
- ✓ L'application des techniques alternatives par aménagement de bassin de rétention des eaux pluviales.

La première variante a aboutie pour le bassin équivalant à tout le lotissement à un diamètre $\phi 1200$ pour les eaux pluviales et un diamètre $\phi 300$, pour les eaux usées. Cette variante rencontre deux problèmes:

- ✓ Le collecteur existant est à une distance de 1,8 km du lotissement
- ✓ L'écoulement vers le collecteur se fait dans le sens des pentes TN négatives. Il s'impose donc d'installer une station de relevage.

La deuxième variante peut se faire avec un bassin de rétention pour tout le lotissement. Mais le volume maximal à stocker de 5000m^3 demanderait de réserver près d'un demi-hectare pour ce bassin si on adopte une profondeur de 1,5m.

Elle peut également ce faire par installation de bassins intégrés dans les espaces verts des blocs de la "zone villa". Mais le volume maximal à stocker est doublé.

Perspectives:

Ce projet pourrait aboutir à l'élaboration d'un logiciel non seulement de calcul des méthodes de dimensionnement des ouvrages de techniques alternatives mais également à la sélection de celles qui pourraient s'appliquer et celles qu'il faut éliminer en se basant sur des critères de faisabilité

réglementaire, technique et économique; la réglementation et la technique se devant d'être respectueuse de l'environnement.

Ainsi ce projet qui se veut novateur par le fait qu'il propose l'assainissement d'un lotissement de grande taille par assainissement autonome, s'insurge en tant que pionnier de la modernisation, d'adéquation et de perfectionnement continus des techniques de l'ingénierie tout en restant dans le respect des règles de l'art du métier d'ingénieur, le respect des normes sans quoi l'anarchie ferait sombrer la noblesse de cette discipline des savants bâtisseurs.

Bibliographie

- ✓ *RHOUZLANE [2011], Guide pour la récupération des eaux de pluie, 120pages, EHTP-SEEE, GRWH-Royaume du Maroc*
- ✓ *Gilles Rivard [2005] Gestion des eaux pluviales en milieu urbain, Concepts et Applications, Québec, 2005*
- ✓ *Guide de l'assainissement de la Lydec, Version n°1, Salah AITBENSALAH Maroc, 2003*
- ✓ *Guide de récupération des eaux pluviales, RHOUZLANE.S, Maroc [2011]*
- ✓ *Article de H. El MAHRAZ paru dans Hommes, terre et eaux n° 117 décembre 2000*
- ✓ *Article Pr. TOUMI sur le Programme National d'Assainissement*
- ✓ *RHOUZLANE Said [2010], Alimentation en eau potable, Ecole Hassania des Travaux Publics (EHTP), Génie de l'Hydraulique de l'Environnement et de la Ville (GHEV)*
- ✓ *KENFAOUI Mohamed [2010], Hydraulique général écoulement à surface libre, EHTP GHEV*
- ✓ *ASMLAL Lmahfoud [2010], Assainissement, EHTP, GHEV*
- ✓ *Rossman [2002], Manuel d'utilisateur d'Epanet, USA*
- ✓ *RHOUZLANE, BATCHABANI [2009], Récupération des eaux pluviales, TFE EHTP, Maroc*
- ✓ *Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique, TFE, EHTP,*
- ✓ *ECOSSE D. (2001) - Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. Mém. D.E.S.S. « Qualité et Gestion de l'Eau », Fac. Sciences, 62 pages, Amiens, France*
- ✓ *(Grommaire-Mertz, 1998)*
- ✓ *ONEP-GTZ, 1998, Maroc*
- ✓ *Loi sur l'eau, bulletin officiel, Maroc, 1995*

Webographie

- ✓ *Wikipédia, Encyclopédie libre, article "Assainissement et eau potable au Maroc",*
- ✓ *Sites internet des régies et concessionnaires privés du domaine de l'assainissement au Maroc*



Annexes

Annexe1 : Abaques de correspondance débitance diamètres de conduites

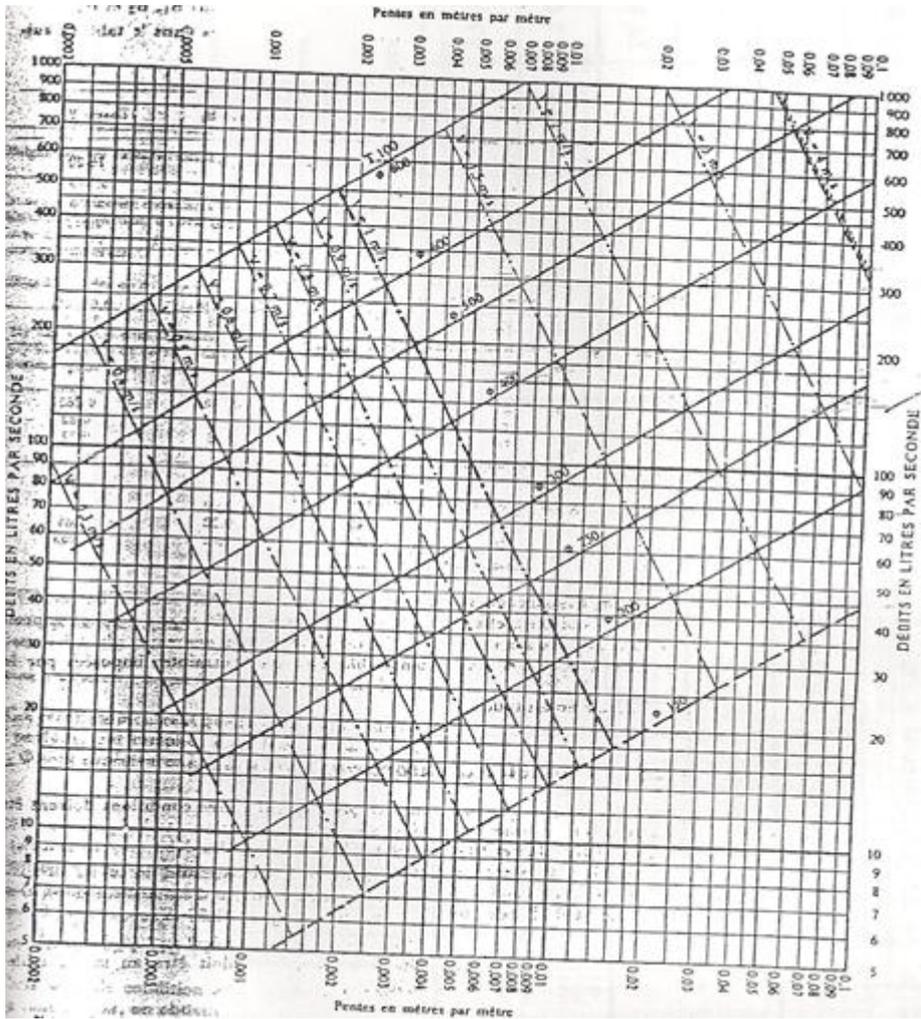


Figure 30 : Abaques de correspondance débitance diamètres de conduites pour les EP

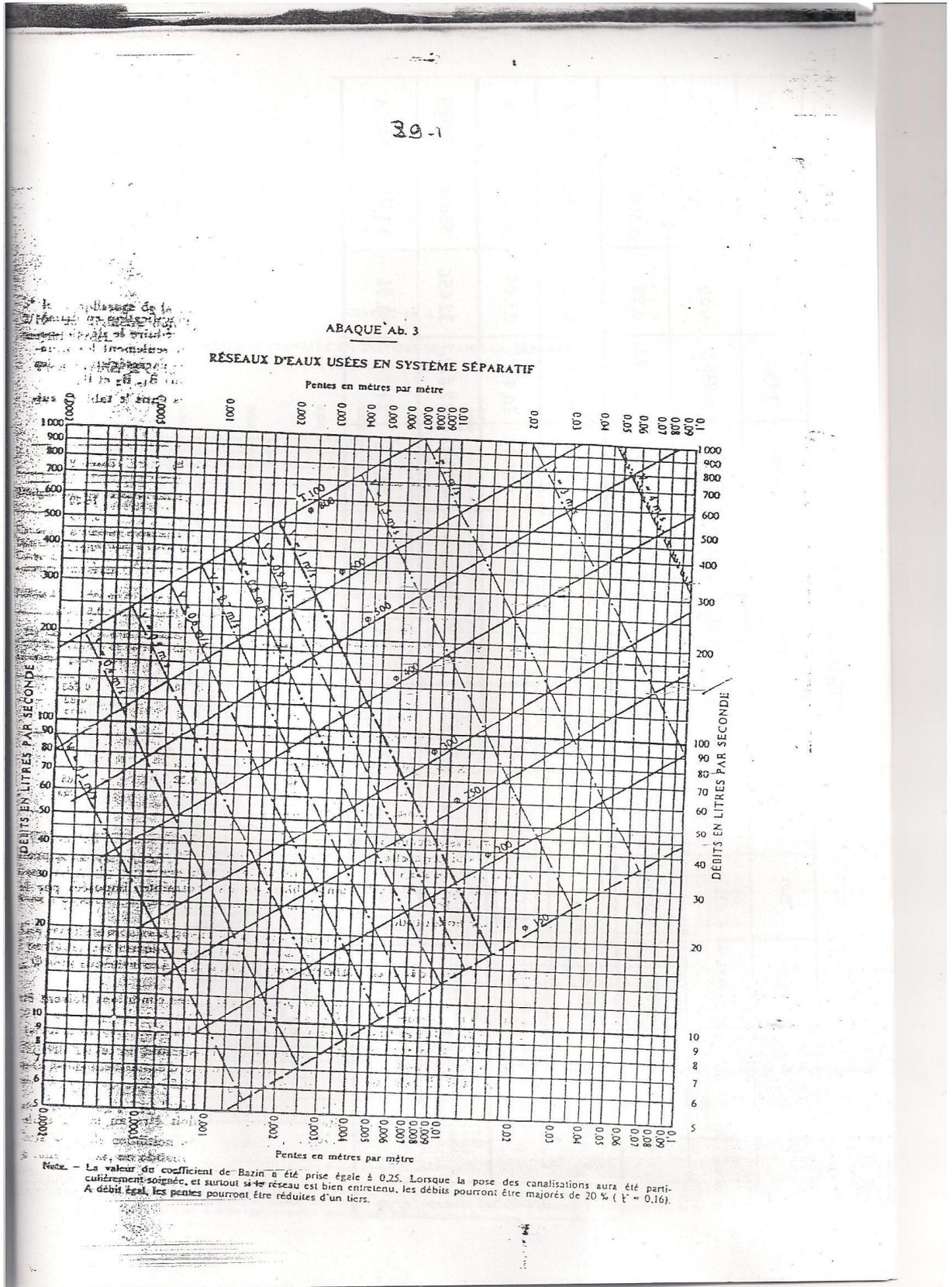


Figure 31 : Abaque de correspondance débit-diamètres de conduites des EU

Annexes 2 : Normes marocaines pour l'utilisation des eaux traitées en irrigation (en conformité avec les valeurs préconisées par l'OMS)

Tableau 33 : Valeurs limites des paramètres bactériologiques

PARAMÈTRES BACTÉRIOLOGIQUES	
Paramètres	Valeurs limites
Coliformes fécaux	1000/100ml ³⁵
Salmonelle	Absence dans 5l
Vibrions Cholérique	Absence dans 450 ml
Parasites pathogènes	Absence
Oeufs, Kystes de parasites	Absence
Larves d'Ankylostomidés	Absence
Fluococercaires de Schistosoma hoematobium	Absence

Tableau 34 : Valeurs limites des paramètres toxiques

PARAMETRES TOXIQUES	
Paramètres	Valeurs limites
Mercure Hg mg/l	0,001
Cadmium Cd mg/l	0,01
Arsenic As mg/l	0,1
Chrome total mg/l	0,1
Plomb Pb mg/l	5
Cuivre Cu mg/l	0,2
Zinc Zn mg/l	2
Sélénium Se mg/l	0,02

Fluor F mg/l	1
Cyanures Cn mg/l	1
Phénols mg/l	3
Aluminium Al mg/l	5
Beryllium Be mg/l	0,1
Cobalt Co mg/l	0,05
Fer Fe mg/l	5
Lithium mg/l	2,5
Manganèse Mn mg/l	0,2
Molybdène Mo mg/l	0,01
Nickel Ni mg/l	0,2
Vanadium v mg/l	0,1

Tableau 35: Valeurs limites des paramètres physicochimiques

PARAMETRES PHYSICOCHIMIQUES	
Paramètres	Valeurs limites
Salinité totale (STD) mg/l	7680
Conductivité électrique (CE) mS/cm à 25°C	12
Infiltration	
Si le SAR est de 0 à 3 et CE	<0,2
Si le SAR est de 3 à 6 et CE	<0,3
Si le SAR est de 6 à 12 et CE	<0,5
Si le SAR est de 12 à 20 et CE	<1,3
Si le SAR est de 20 à 40 et CE	<3

SAR = Sodium Absorption Ratio (coefficient d'absorption du sodium)

CE = conductivité électrique

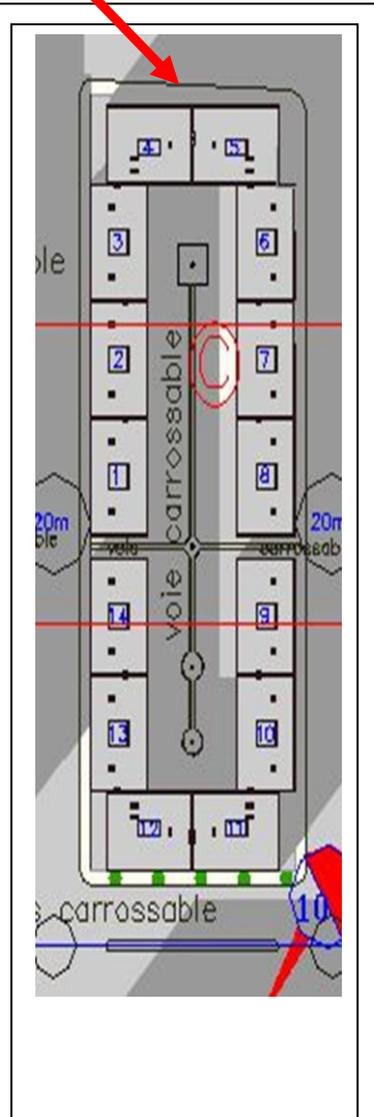
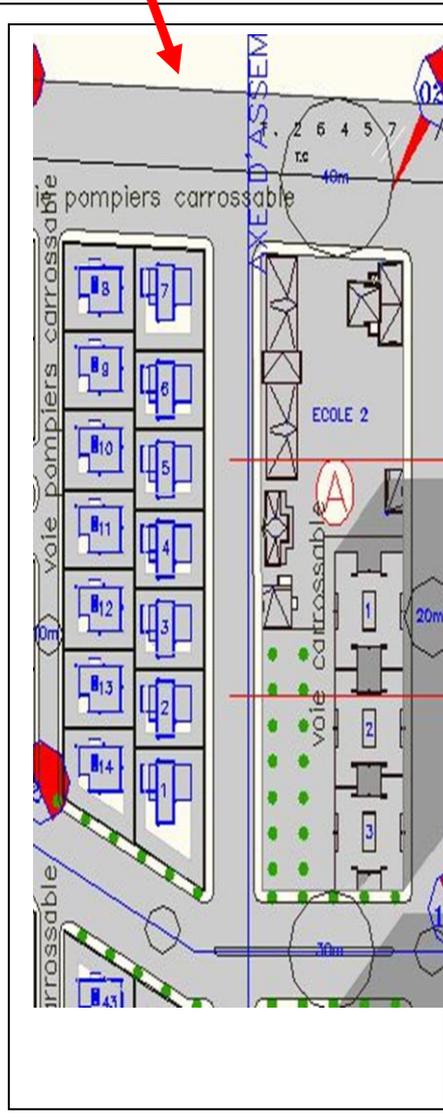
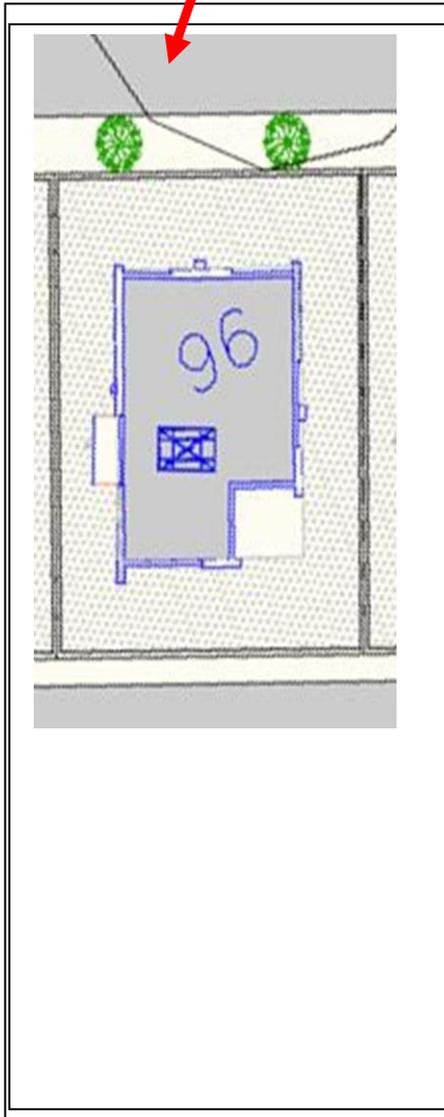
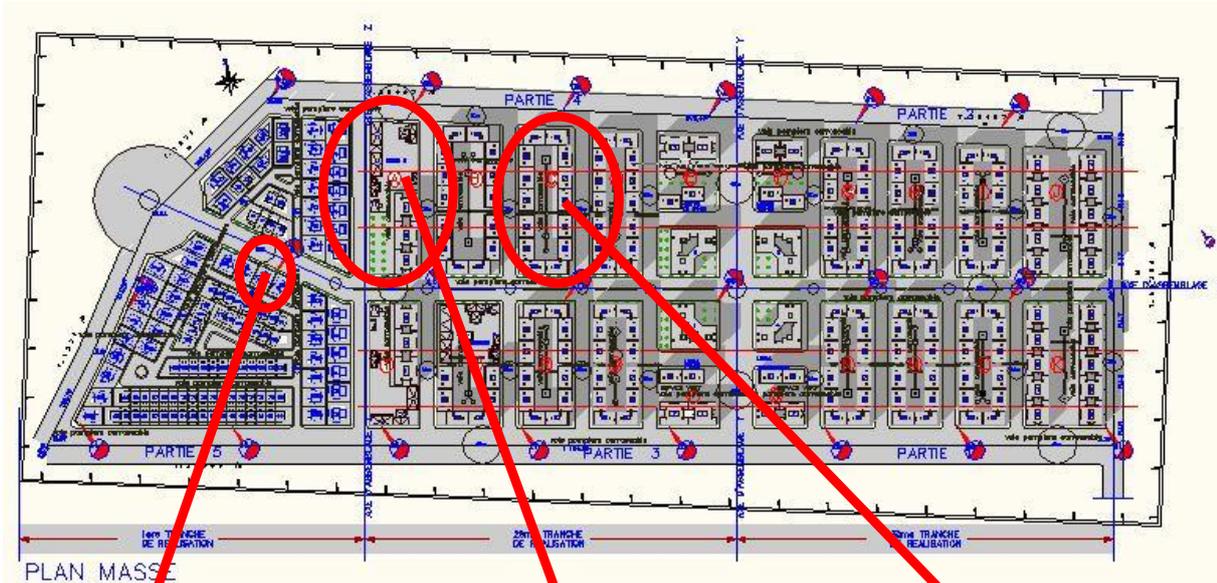
Tableau 36 : Valeurs limites des paramètres des ions toxiques

IONS TOXIQUES (affectant les cultures sensibles)	
Paramètres	Valeurs limites
Sodium (Na)	
- Irrigation de surface (SAR)	9
- Irrigation par aspersion (mg/l)	69
Chlorures (Cl)	
- Irrigation de surface (mg/l)	350
- Irrigation par aspersion (mg/l)	105
Bore (B) (mg/l)	3
EFFETS DIVERS (affectant les cultures sensibles)	
Paramètres	Valeurs limites
Température (°C)	35
pH	6,5 – 8,4
MES mg/l	
□ Irrigation gravitaire	2000
□ Irrigation par aspersion et localisée	100
Azote nitrique (N-NO ₃ -) en mg/l)	30
Bicarbonate (HCO ₃ -) Irrigation par aspersion (mg/l)	518
Sulfates (SO ₄ ²⁻) en mg/l	250

(El Hafiane F.; Soudi B. Département Ressources Naturelles & Environnement Institut Agronomique & Vétérinaire Hassan II : CARACTERISATION DES EFFLUENTS URBAINS)

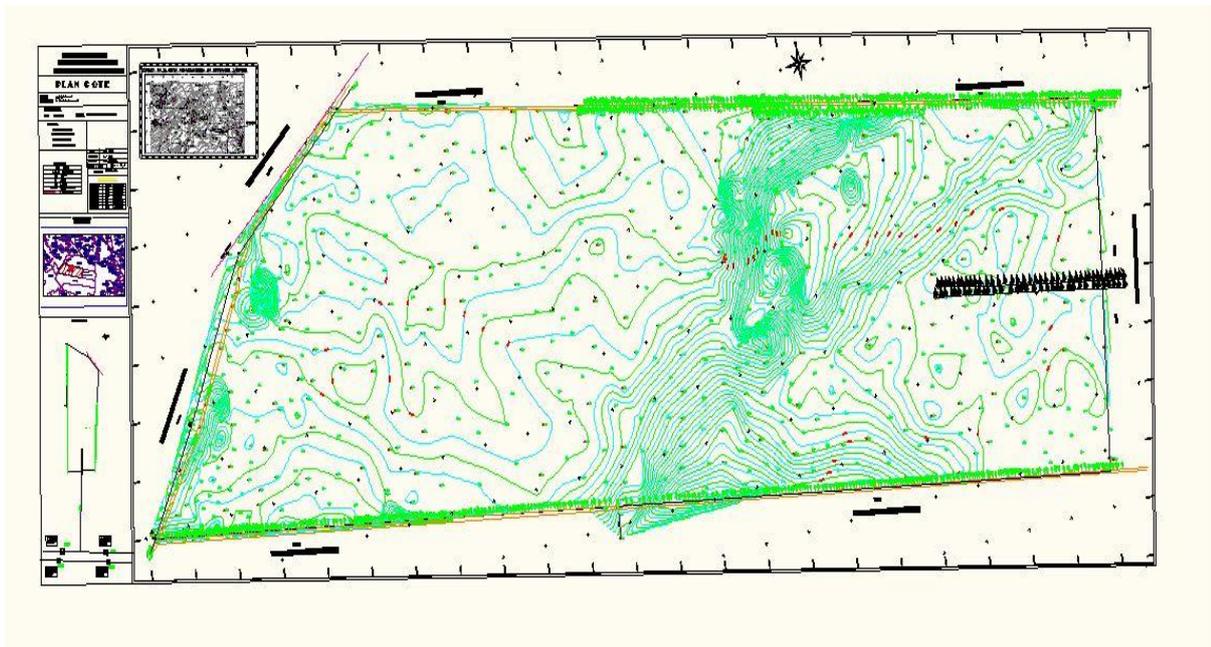
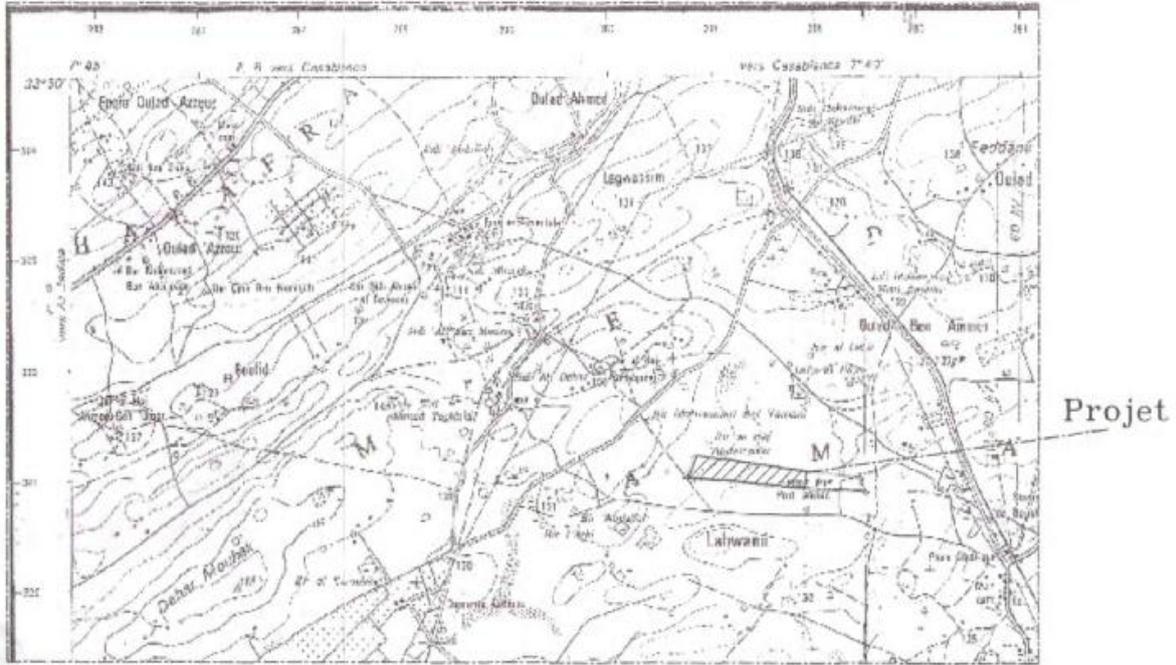
Annexe 3 : Présentation du site d'application de l'étude

❖ Plan de masse



❖ Carte et plan topographique

Extrait de la carte topographique de Berrechid 1/50000





Annexe 4: Visite du site







