



**Sujet:**

**Modélisation du réseau  
d'assainissement du Grand Casablanca  
(Collecteur Ouest)**

**résumé :**

Dans le but établir un diagnostic des dysfonctionnements du réseau existant, LYDEC nous a confié, lors de notre projet de fin d'études, la mission de modélisation du réseau d'assainissement de Casablanca.

Le but de cette étude est de simuler le fonctionnement du réseau principal pour des événements réels en tenant compte des données pluviométriques mesurées par le réseau de pluviographes de LYDEC, en ayant recours à la modélisation par MOUSE/MIKE URBAN et la mise en évidence de l'importance et de l'utilité de l'outil informatique dans la vérification de la capacité hydraulique du réseau d'assainissement en tout moment.

Au terme de ce travail, cette étude a abouti aux résultats suivants :  
L'évaluation de la performance hydraulique du réseau d'assainissement en analysant la capacité hydraulique des tronçons, la fréquence des mises en charges et leur durée et l'étendue des débordements dans l'espace.

**Réalisé par :**

BAKKAS Omar *3IHE*

AFILALI Yassine *3IHE*

**Encadré par :**

ASMLAL Lmahfoud

AIT EL MAKI Abdeslam

TAGHLABI FAYCAL

**Année universitaire : 2017- 2018**



LYDEC

48. Rue Mohamed Diouri, Casablanca 20100,

Maroc

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَقُلْ إِنَّمَا أَعِزَّنَا بِرَبِّهِمْ (اللَّهُمَّ إِنَّا نَسْتَعِينُكَ فِي هَذَا الشَّيْءِ وَنَسْتَعِينُكَ فِي هَذَا الشَّيْءِ وَنَسْتَعِينُكَ فِي هَذَا الشَّيْءِ)

اللَّهُ  
صَلَّى  
الْعَظِيمِ

# Dédicaces

A ma très chère maman

Au meilleur des pères

Qu'ils trouvent en moi la source de leur fierté

A qui je dois tout

A ma sœur WISSAL et mes frères YOUNESSE et ALI A qui je  
souhaite un avenir radieux plein de réussite

A mes Amis

A tous ceux qui me sont chers...

je dédie ce travail

**BAKKAS OMAR**

*A mes parents à qui je dois la réussite de mon parcours.*

*A ma sœur, qui m'a épaulé tout au long de mes expériences.*

*A mon petit frère Afilali Mehdi.*

*A toute ma famille.*

*A tous mes amis qu'ils trouvent ici l'expression de mon respect.*

*A mes honorables enseignants pour le savoir que vous m'avez inculqué.*

*Afilali Yassine*

## Remerciements

Pour cette dernière expérience avant la fin de nos études en école d'ingénieurs, nous avons eu la chance pour notre stage, d'intégrer une entreprise qui véhicule une très forte identité dans le domaine de l'eau. En effet, la Lydec est considéré comme l'un des grands opérateur de services publics qui gère la distribution d'eau et, la collecte des eaux usées et pluviales. Au terme de ce travail de fin d'étude, nous adressons nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

Nous tenons à remercier en premier lieu, notre chère école, **l'Ecole HASSANIA des Travaux Publics** en la personne de son corps professoral et administratif pour tous leurs efforts déployés afin de nous permettre d'étudier dans les meilleures conditions et de nous assurer une formation digne du nom d'ingénieur.

Nous sommes particulièrement reconnaissants à notre encadrant interne **M. ASMLAL Lmahfoud**, coordinateur pédagogique de la filière IHE, qui nous a apporté tout son soutien le long du travail. Sa patience, ses conseils et ses remarques pertinentes nous ont été d'une grande utilité.

Nos vifs remerciements vont aussi à la « Lydec » pour nous avoir donné l'opportunité d'effectuer notre stage de fin d'étude au sein de leurs locaux.

Notre profonde gratitude est exprimée envers Monsieur **Abdeslam AIT EL MAKI** et Monsieur **Fayçal Taghlabi**, nos encadrants externes qui nous ont accueillis dans leurs bureaux, pour les orientations qu'il ont su donner à notre travail de fin d'études, ainsi que pour leurs qualités humaines et leur méthode d'explication : qualités qui nous ont mis dès nos premiers jours de stage sur le fil conducteur du sujet.

Dans le même élan de reconnaissance, nous tenons à remercier les membres de jury qui se sont libérés de leurs obligations pour assister à la soutenance et juger notre travail.

Enfin, que tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail, trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance et gratitude.

## Résumé

Dans le but établir un diagnostic des dysfonctionnements du réseau existant, LYDEC nous a confié, lors de notre projet de fin d'études, la mission de modélisation du réseau d'assainissement de Casablanca.

Le but de cette étude est simuler le fonctionnement du réseau principal du bassin versant OUEST, en ayant recours à la modélisation par MOUSE/MIKE URBAN (parmi les plus utilisés dans la modélisation urbaine) et la mise en évidence de l'importance et de l'utilité de l'outil informatique dans la vérification de la capacité hydraulique du réseau d'assainissement en tout moment.

Au terme de ce travail, cette étude a abouti aux résultats suivants :

L'évaluation de la performance hydraulique du réseau d'assainissement en analysant la capacité hydraulique des tronçons, la fréquence des mises en charges et leur durée et l'étendue des débordements dans l'espace. En effet, La majorité du linéaire du Collecteur Ouest présente un risque de chargement des conduites à l'exception la partie aval du réseau , le collecteur Sidi Maarouf – Bouskoura , et le collecteur Randet..

Les débordements du réseau d'assainissement se situent sur l'ensemble du réseau d'assainissement, surtout au niveau des collecteurs Riviera , Doumergue , les collecteurs Joulane et Mabrouka et la partie aval du collecteur Sidi Maarouf – Bouskoura .

## Table de matières

### Contents

Résumé.....	6
chapitre 1 : Objectifs et Méthodologie.....	15
1. Objectif général.....	16
2. Objectifs spécifiques.....	16
3. Méthodologie de travail :.....	16
3.1. Collecte et Analyse des données.....	16
3.2. Vérification des résultats fournis par la Lydec.....	16
3.3. Revues bibliographiques.....	16
3.4. Modélisation du réseau avec MIKE URBAN.....	17
3.5. Analyse des résultats et des scénarios.....	17
chapitre 2 : Généralités.....	18
1. Types d'assainissement.....	19
2. Dimensionnement des réseaux d'eaux pluviales :.....	20
3. Calcul des débits :.....	20
4. Formule de dimensionnement des collecteurs.....	23
5. Calcul de la retenue du bassin de rétention.....	24
6. La méthode « des volumes ».....	27
7. La Modélisation en hydraulique urbaine et en hydrologie.....	29
7.1. Classification des modèles.....	29
7.1.1. Modèles physiques.....	29
7.1.2. Modèles mathématiques.....	29

7.1.3. Les modèles empiriques.....	29
7.1.4. Les modèles statistiques.....	29
7.1.5. Les modèles conceptuels.....	30
7.1.6. Les modèles mécanistes (ou à base physique) .....	30
7.2. Des processus de modélisation.....	30
7.3. Modélisation hydrologique .....	31
7.4. Modélisation hydraulique-propagation des écoulements.....	33
7.5. Modélisation de la qualité des eaux de ruissellement .....	33
chapitre 3 : Présentation du projet .....	35
1. Généralités sur la région de Casablanca Settat : .....	36
1.1. Situation géographique et superficie : .....	36
1.2. Découpage administratif de la région : .....	37
1.3. Les communes : .....	38
1.4. Historique et développement urbain de la région : .....	38
1.5. Démographie : .....	39
1.6. La gestion déléguée des services : .....	39
2. Définition du contrat de la gestion délégué des services/partenariat public-privé : .....	39
2.1. Contrat de la gestion déléguée de la Lydec : .....	40
2.2. Pouvoir de contrôle de l'Autorité Délégante : .....	40
2.3. Suivi de la Gestion Déléguée : .....	41
2.4. Périmètre de la gestion déléguée : .....	41
3. les outils de la planification de l'assainissement liquide : .....	42
3.1. Définition et contraintes de la planification de l'assainissement liquide : .....	42
3.1.1. Définition : .....	42
3.1.2. Les contraintes : .....	42

3.2. Moyens nécessaires pour atteindre les objectifs de la planification de l'assainissement liquide : .....	42
4. Description du réseau d'assainissement.....	43
4.1. Diamètre des collecteurs .....	47
4.2. Types de collecteurs .....	48
4.3. Matériaux des collecteurs.....	49
4.4. Zone d'étude.....	52
chapitre 4 : Modélisation et simulation.....	56
1. Préparation des données sur ArcGIS .....	59
2. Importation des données sur MIKE URBAN : .....	62
3. présentation générale de l'outil MIKE URBAN.....	63
3.1. Présentation du logiciel MIKE URBAN et ses fonctionnalités : .....	63
3.2. Les étapes de l'analyse sur MIKE URBAN : .....	64
3.3. Construction du Modèle sous MIKE URBAN.....	65
3.4. Analyse et interprétation des résultats : .....	79
4. Analyse discussion et recommandations .....	92
Références & bibliographie : .....	95
Annexes : .....	96

## La liste des figures

<i>Figure 1: système d'assainissement unitaire et séparatif.....</i>	<i>20</i>
<i>Figure 2: Courbe des hauteurs de pluie (Régis BOURRIER, 1985) .....</i>	<i>24</i>
<i>Figure 4: Courbe enveloppe des précipitations décennales (Régis BOURRIER, 1985).....</i>	<i>25</i>
<i>Figure 5: Détermination graphique de la hauteur maximale de stockage par la méthode des pluies .....</i>	<i>27</i>
<i>Figure 6: les nouvelles régions du Maroc .....</i>	<i>36</i>
<i>Figure 7: le découpage administratif de la région Casablanca-Settat.....</i>	<i>37</i>
<i>Figure 8: le périmètre de la gestion déléguée .....</i>	<i>41</i>
<i>Figure 9: Système d'assainissement de Casablanca.....</i>	<i>43</i>
<i>Figure 10: Système d'assainissement de Casablanca.....</i>	<i>44</i>
<i>Figure 11 : Répartition des réseaux d'assainissement par type du réseau.....</i>	<i>46</i>
<i>Figure 12: Répartition des réseaux d'assainissement par diamètre.....</i>	<i>47</i>
<i>Figure 13: Répartition des réseaux d'assainissement par types de conduite .....</i>	<i>48</i>
<i>Figure 14 : Répartition des réseaux d'assainissement par types de matériau.....</i>	<i>49</i>
<i>Figure 15: description du réseau d'assainissement par matériaux .....</i>	<i>49</i>
<i>Figure 16 : points et zones d'inondations à Casablanca.....</i>	<i>51</i>
<i>Figure 17 : Délimitation du collecteur Ouest .....</i>	<i>53</i>
<i>Figure 18 : Le collecteur Ouest à modéliser.....</i>	<i>54</i>
<i>Figure 19: étapes de modélisation.....</i>	<i>58</i>
<i>Figure 20: Fonction SELECT sur ArcGIS .....</i>	<i>59</i>
<i>Figure 21 : L'ensemble des regards de la ville de Casablanca .....</i>	<i>60</i>
<i>Figure 22 : La fonction INTERSECT sur ArcGIS .....</i>	<i>60</i>
<i>figure 23 : Modèle obtenu sur Arcgis .....</i>	<i>61</i>
<i>Figure 24 : Longueur du Collecteur Ouest .....</i>	<i>61</i>
<i>Figure 25: Import / Export Wizard .....</i>	<i>62</i>
<i>Figure 26 : Import/Export wizard , fonction AUTOMAP.....</i>	<i>63</i>
<i>Figure 27 Paramètres des regards (jonctions) en Mouse.....</i>	<i>66</i>
<i>Figure 28: type du noeud .....</i>	<i>67</i>
<i>Figure 29: L'éditeur des conduites dans Mike .....</i>	<i>68</i>
<i>Figure 30 : L'éditeur de matériaux dans Mike.....</i>	<i>69</i>
<i>Figure 31 : la modélisation hydrologique.....</i>	<i>70</i>
<i>Figure 32 : L'éditeur des bassins versants.....</i>	<i>72</i>
<i>Figure 33 : Etablir la connexion de chaque bassin versant.....</i>	<i>72</i>

<i>Figure 34 : Figure : création du modèle hydrologique .....</i>	<i>73</i>
<i>Figure 35 : Pluie de projet DESBORDES.....</i>	<i>75</i>
<i>Figure 36 : les propriétés des séries temporelles .....</i>	<i>75</i>
<i>Figure 37 : Paramètres de la pluie de projet décennale retenue .....</i>	<i>76</i>
<i>Figure 38:Le hyétogramme décennal de projet modélisé .....</i>	<i>77</i>
<i>Figure 39: modèle obtenu sur Mike Urban .....</i>	<i>78</i>
<i>Figure 40:Insertion du modèle sur Mike-View .....</i>	<i>79</i>
<i>Figure 41:vitesse de l'écoulement à l'exutoire .....</i>	<i>80</i>
<i>Figure 42: la vitesse de l'écoulement dans le collecteur Ouest.....</i>	<i>81</i>
<i>Figure 43: tronçons en charge.....</i>	<i>82</i>
<i>Figure 44:profondeur de l'eau dans le regard.....</i>	<i>83</i>
<i>Figure 45 : exemple de regard qui ne déborde pas.....</i>	<i>84</i>
<i>Figure 46 : Synthèse des risques de débordement par nœud pour une pluie décennale .....</i>	<i>85</i>
<i>Figure 47 : Synthèse des risques de débordement par tronçons pour une pluie décennale .....</i>	<i>86</i>
<i>Figure 48 , profil en long du collecteur Azemmour .....</i>	<i>87</i>
<i>Figure 49 : profil en long du collecteur Doumergue .....</i>	<i>87</i>
<i>Figure 50 : profil en long du collecteur Riviera.....</i>	<i>88</i>
<i>Figure 51 : Profil en long du collecteur Bouskoura .....</i>	<i>88</i>
<i>Figure 52 : Profil en long du collecteur Randet.....</i>	<i>88</i>
<i>Figure 53 : profil en long du collecteur Mabrouka.....</i>	<i>89</i>
<i>Figure 54 : profil en long du collecteur Joulane.....</i>	<i>89</i>
<i>Figure 55 : profil en long du collecteur Principal Ouest.....</i>	<i>90</i>
<i>Figure 56 : profil en long de la partie aval du réseau.....</i>	<i>91</i>
<i>Figure 57 : débit rejeté à l'exutoire.....</i>	<i>91</i>
<i>figure 58:Comparaison entre le modèle et les zones d'inondations à Casablanca.....</i>	<i>92</i>

## Liste des tableaux

<i>Tableau 1:Formule de CAquot à Casablanca(Source:LYDEC)</i>	21
<i>Tableau 2: Formule de Caquot à Casablanca actualisée en 2009 (Source : LYDEC)</i>	21
<i>Tableau 3:Assemblage des bassins</i>	23
<i>Tableau 4: Le nombre des communes par préfecture ou province -région</i>	38
<i>Tableau 5:la population dans les préfectures et les provinces de la région</i>	39
<i>Tableau 6:Longueur du réseau de collecte (par type de réseau)</i>	46
<i>Tableau 7:Longueur du réseau de collecte (par diamètre)</i>	47
<i>Tableau 8: Répartition des réseaux d'assainissement par types de matériau</i>	50
<i>Tableau 9 : Longueur des collecteurs principaux</i>	55
<i>Tableau 10:Exemples de coefficient d'imperméabilisation suivant le type d'occupation de sol</i>	71

## Liste des abréviations

LYDEC : Lyonnaise Des Eaux de Casablanca.

MOUSE: MOdel of Urban SEwer.

PVC : PolyChlorure de Vinyle.

BC : Béton Comprimé.

CAO : Ciment Armé Ordinaire.

PRV : Polyester Renforcé de Verre.

## Introduction générale

Le Maroc subit ces dernières années les effets des changements climatiques, d'après un rapport du Secrétariat de l'Eau et de l'Environnement (SEE) sur les inondations au Maroc ; ces derniers auraient pris une grande ampleur pendant les dernières années et commencent à être ressentis plus fortement. La ville de Casablanca n'échappe pas à cette règle puisqu'elle est exposée au risque des crues de l'oued Bouskoura selon une étude menée par la Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau du SEE sur le SIG du Plan National contre les Inondations. (SEMIDE 2005)

En effet, Pendant les fortes précipitations qu'a connu Casablanca la nuit du 29 au 30 novembre 2010, l'oued Bouskoura a inondé les quartiers riverains (de la route d'El Jadida à Beauséjour). Ces événements ont montré la nécessité de trouver une solution aux eaux pluviales de l'oued Bouskoura pour éviter tout risque d'inondation ultérieure.

Notre étude va porter sur l'analyse capacitaire et le risque de débordement du collecteur ouest . En effet, le collecteur Ouest sur lequel on va focaliser draine maintenant un bassin versant pluvial de près de 7 800 hectares, alors qu'il avait été dimensionné à l'époque en prenant en compte un bassin versant d'environ 4 400hectares.

Nous visons par la présente étude de déceler les points noirs (Débordement, surcharge) qui pourraient surgir à l'arrivée d'une crue au réseau futur de Casablanca. Nous avons utilisé pour réaliser cela l'outil informatique de modélisation des réseaux urbains MIKE URBAN en utilisant le moteur MOUSE .

Il faut souligner que face à l'insuffisance hydraulique des réseaux d'assainissement de plusieurs villes au Maroc, et non seulement Casablanca, les Ingénieurs sont appelés à suivre l'évolution du secteur d'assainissement au niveau mondial et à acquérir de nouveaux outils, les logiciels de modélisation en l'occurrence, afin d'optimiser les investissements à l'amont, d'améliorer la qualité du service de collecte des eaux pluviales et d'assurer une gestion adéquate des réseaux à long terme.

# chapitre 1 : Objectifs et Méthodologie

## 1. Objectif général

L'objectif majeur de cette étude est la modélisation du réseau d'assainissement de Casablanca et la mise en évidence de l'importance de l'outil informatique ; le logiciel MOUSE/MIKE URBAN (MOdel of Urban SEwer ) dans la vérification du comportement hydraulique des réseaux d'assainissement.

## 2. Objectifs spécifiques

- Diagnostic capacitaire et débordements probables du réseau modélisé par simulation de la pluie décennale
- Analyse des résultats de la modélisation.
- Sortir avec des recommandations et des solutions

## 3. Méthodologie de travail :

### 3.1. Collecte et Analyse des données

La compréhension du contexte du projet est la base de la compréhension de notre mission. Ceci a été accompli grâce aux documents fournis par la LYDEC :

- Plans,
- Fichiers AutoCAD,
- Fichiers Excel,
- Les rapports.

### 3.2. Vérification des résultats fournis par la Lydec

Après acquisition des données, le découpage des bassins urbains fourni par la Lydec a été vérifié. Aussi, les calculs d'assemblage des bassins et de dimensionnement des regards, des collecteurs principaux ont été revus, puisque les réseaux secondaires et tertiaires sont encore en cours d'achèvement.

A cette étape, après avoir refait le calcul-a, on a eu les données de bases qui nous serviront pour notre modélisation du réseau.

### 3.3. Revues bibliographiques

Il s'agit d'effectuer des recherches bibliographiques sur le domaine de l'hydrologie urbaine et sur le logiciel-MOUSE-MIKE URBAN qu'on a choisi pour la modélisation du réseau de Casablanca. Ce choix, qui sera expliqué davantage dans le chapitre suivant, est dû essentiellement au fait que

c'est un logiciel qui est réputé et approuvé à l'échelle internationale.

La documentation sur le logiciel MIKE URBAN et la réalisation de quelques exemples nous a permis de se familiariser avec le logiciel

### **3.4. Modélisation du réseau avec MIKE URBAN**

L'entrée du modèle physique et des séries de pluies n'était pas une chose aisée. Cette étape est celle qui nous a pris le plus de temps vu la composition du réseau et la nécessité d'entrer manuellement de multiples paramètres pour les composantes du réseau, des milliers d'hectares comprenant plusieurs bassins versant et sous-bassins, 52km du réseau, et 1780 regards. Outre cela, s'ajoute l'entrée des séries de pluies.

L'analyse critique des résultats et la résolution des problèmes que nous avons rencontrés a été présentée.

### **3.5. Analyse des résultats et des scénarios**

Après avoir complété notre modèle par l'entrée des autres paramètres des autres composantes du réseau (déversoir d'orage, exutoire), nous avons analysé les résultats de :

- Taux de remplissage des conduites
- Les profils en long
- Analyse de la capacité hydraulique du réseau d'assainissement (collecteur Ouest).

## chapitre 2 : Généralités

## 1. Types d'assainissement

**L'assainissement non collectif** (également appelé autonome ou individuel) désigne tout système d'assainissement réalisé par le propriétaire sur une **parcelle privée**, en l'absence de réseau public. Il permet de collecter et de traiter l'ensemble des eaux usées domestiques **sur place**. Il doit être réalisé en tenant compte de la nature du sol, de la taille du logement et d'autres critères.

**L'assainissement collectif** est le mode d'assainissement constitué d'un réseau public destiné à collecter les eaux usées domestiques. Celles-ci sont acheminées vers une station d'épuration, équipement public, en vue de leur traitement efficace.

Il existe trois types de réseau d'assainissement collectif :

- unitaire : les eaux usées et pluviales sont évacuées par le même réseau ;
- séparatif : les eaux usées et pluviales sont évacuées séparément.
- Pseudo-séparatif : reçoit les eaux usées et une partie des eaux de ruissellement en provenance directe des habitations. C'est un système dans lequel on divise les apports d'eaux pluviales en deux parties :
  - ✓ Les apports d'eaux pluviales provenant des toitures et cours intérieures qui sont raccordées au réseau d'assainissement, à l'aide des mêmes branchements que ceux des eaux usées domestiques.
  - ✓ Les apports d'eaux pluviales provenant des surfaces de voirie, qui s'écoule par des ouvrages particuliers déjà reçus pour cet objet par les services de la voirie municipale (caniveaux, aqueducs, fossés avec évacuations directes dans la nature...)

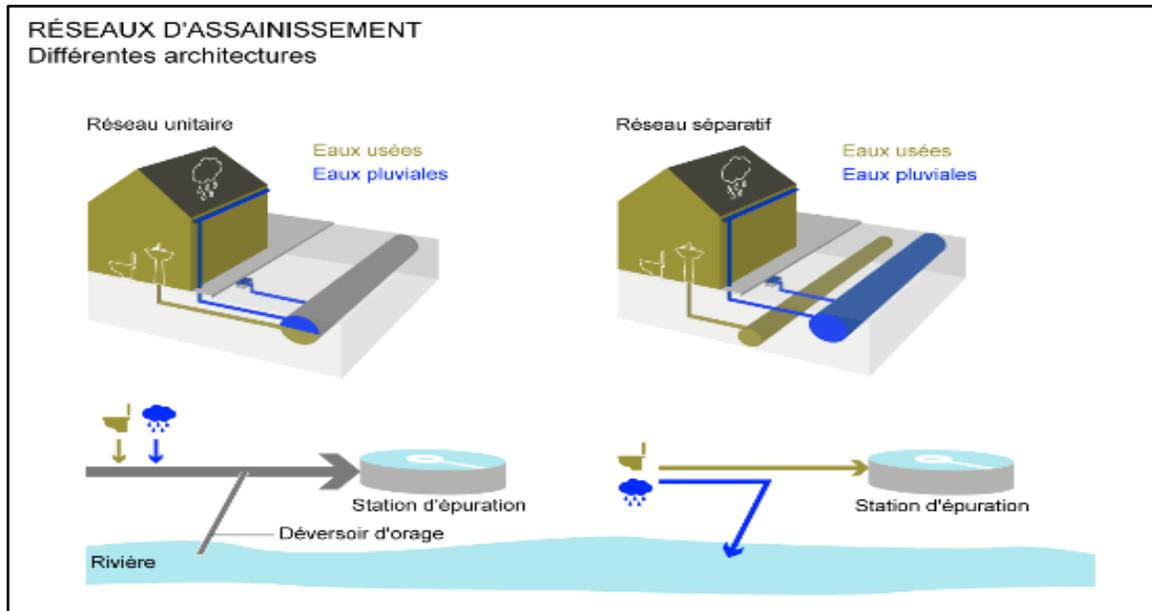


Figure 1: système d'assainissement unitaire et séparatif

## 2. Dimensionnement des réseaux d'eaux pluviales :

Lorsque le réseau est séparatif, on procède au dimensionnement des réseaux d'eaux pluviales et du réseau d'eaux usées séparément, et lorsqu'il est unitaire on considère pour le dimensionnement du réseau le débit de pointe des eaux pluviales parce que le débit des eaux usées est négligeable devant ce dernier.

## 3. Calcul des débits :

Après avoir effectué le découpage des bassins versants, on calcule le débit pour chaque bassin suivant les étapes suivantes :

- ✚ Mesurer à partir du plan d'assainissement la surface  $A$  de chaque bassin et vérifier que la surface totale  $A_t$  des bassins versants considérés est inférieure à 200ha ( $A_t$  en ha) pour appliquer la formule de CAQUOT.
- ✚ Calculer à partir du plan côté la pente du terrain naturel du bassin versant ( $I$  en m/m),  $I$  est la pente moyenne pondérée de la chaussée en m/m.  $0.002 \leq I \leq 0.05$
- ✚ Mesurer graphiquement la longueur du bassin versant ( $L$  en hm),  $L$  est le plus long cheminement hydraulique du bassin versant

- ✚ Calculer le coefficient de ruissellement pondéré du bassin versant  
C. C doit vérifier  $0.2 \leq C \leq 1$
- ✚ Calculer le coefficient de correction m. Pour la région de Casablanca,  $m = [4A/L^2]^{0.3}$  avec  $0.80 \leq m \leq 1.73$  (source : guide de la LYDEC)
- ✚ Calculer le débit d'eau pluvial décennal en utilisant la formule de Caquot adoptée par le Schéma Directeur d'Assainissement du Grand Casablanca.

**Tableau 1: Formule de Caquot à Casablanca (Source: LYDEC)**

Fréquence de retour	Formule de CAQUOT à Casablanca	Paramètre « a »	Paramètre « b »
2 ans	$Q = 0,6317 \cdot I^{0,3180} \cdot C^{1,2226} \cdot A^{0,7682}$	2,92	-0,6344
5 ans	$Q = 0,8247 \cdot I^{0,3185} \cdot C^{1,2229} \cdot A^{0,7680}$	3,63	-0,6352
10 ans	$Q = 0,9462 \cdot I^{0,3189} \cdot C^{1,2232} \cdot A^{0,7677}$	4,06	-0,6358
20 ans	$Q = 1,0824 \cdot I^{0,3192} \cdot C^{1,2234} \cdot A^{0,7676}$	4,53	-0,6363

Les courbes IDF et les paramètres de cette formule ont été réajustés par l'ex-LYDEC en 1992 en se basant sur les observations pluviométriques de 30 années (1961-1991).

L'expression de cette formule en fonction de la période de retour de l'orage exceptionnel est donnée par le tableau suivant :

**Tableau 2: Formule de Caquot à Casablanca actualisée en 2009 (Source : LYDEC)**

	Période de retour					
	100 ans	50 ans	20 ans	10 ans	5 ans	2 ans
<b>A</b>	<b>7.7820</b>	<b>6.9970</b>	<b>5.948</b>	<b>5.14</b>	<b>4.2900</b>	
<b>b</b>	<b>-0.6430</b>	<b>-0.6420</b>	<b>-0.642</b>	<b>-0.641</b>	<b>-0.6410</b>	

Les paramètres a et b sont issus de la formule de Montana  $i = a \cdot t^b$  dans laquelle :

$i$  = intensité de pluie en mm/min.

$t$  = durée de pluie en min.

Avec :

$Q$  : débit calculé pour un bassin versant homogène en ( $m^3/s$ ).

$I$  : Pente moyenne pondérée du collecteur de desserte, assimilée à la pente du terrain naturel (m/m).

$C$  : Coefficient de ruissellement du bassin versant

considéré.  $A$  : Superficie du bassin versant considéré en

(ha).

$L$  : Le plus long cheminement hydraulique dans le bassin versant considéré (hm).

#### → **Evaluation du coefficient de ruissellement $C$ :**

Les coefficients de ruissellement ont été définis en fonction de la typologie d'habitat implantée dans chaque bassin versant.

La typologie d'habitat pour nos bassins versants est répartie en quatre parties :

- Surface Espaces Verts (EV).
- Surface construite.
- Equipements.
- Surface voiries.

#### → **Assemblage des bassins versants :**

Les valeurs des paramètres équivalents de bassins versants assemblés sont déduites des formules indiquées dans le tableau ci-dessous, selon que l'assemblage des bassins est en parallèle ou en série :

Tableau 3: Assemblage des bassins

Assemblage	A équivalent	C équivalent	I équivalent	L équivalent
Bassins en série	$\Sigma A_i$	$\Sigma A_i \cdot C_i / \Sigma A_i$	$[\Sigma L_i / (\Sigma L_i / I_i^{1/2})]^2$	$\Sigma L_i$
Bassins en parallèle	$\Sigma A_i$	$\Sigma A_i \cdot C_i / \Sigma A_i$	$[\Sigma I_j \cdot Q_{pj}] / \Sigma Q_{pj}$	$L_{jmax}$

#### 4. Formule de dimensionnement des collecteurs

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, on suit les étapes suivantes :

- ✚ Calculer le débit décennal d'eaux pluviales pour le dimensionnement des conduites d'eaux pluviales;
- ✚ Relever la pente des collecteurs à partir des profils en long ;
- ✚ Calculer le diamètre de la conduite (en m) à partir de la formule

$$\text{suivante : } \varnothing = 0,30 \times (Q / \sqrt{I})^{3/8}$$

Avec Q : Débit des EP calculé précédemment (en m<sup>3</sup>/s)

- ✚ Calculer le débit à pleine section (en m<sup>3</sup>/s):  
 $Q_{PS} = 24,935 \times I^{1/2} \times \varnothing^{8/3}$
- ✚ Calculer la vitesse à pleine section (VPS en m/s) selon la formule suivante :  
 $V_{PS} = 31,748 \times I^{1/2} \times \varnothing^{2/3}$

- ✚ Vérifier que :  
 $V_{PS} \geq 1/s$   
 $V_{PS} \leq 5/s$

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

Si ces conditions ne sont pas respectées, il est recommandé de :

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

## 5. Calcul de la retenue du bassin de rétention

Les deux méthodes de calcul du volume utile d'un bassin de retenue les plus connues :

- ✓ La méthode dite « des pluies »,
- ✓ La méthode « des volumes ».

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). (Voir figure ci-dessous)

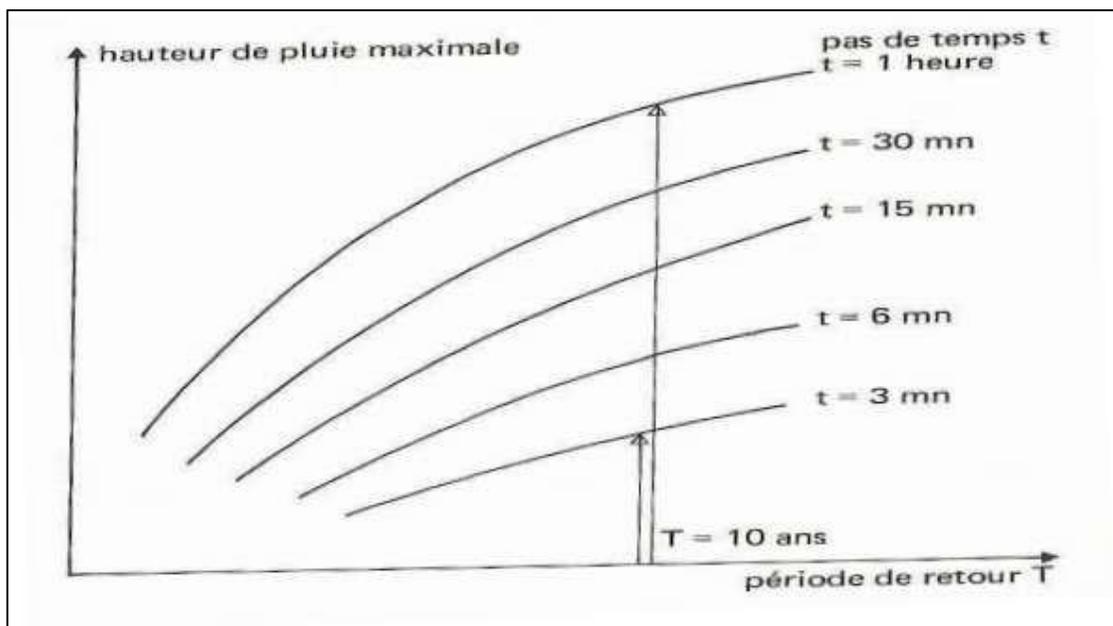
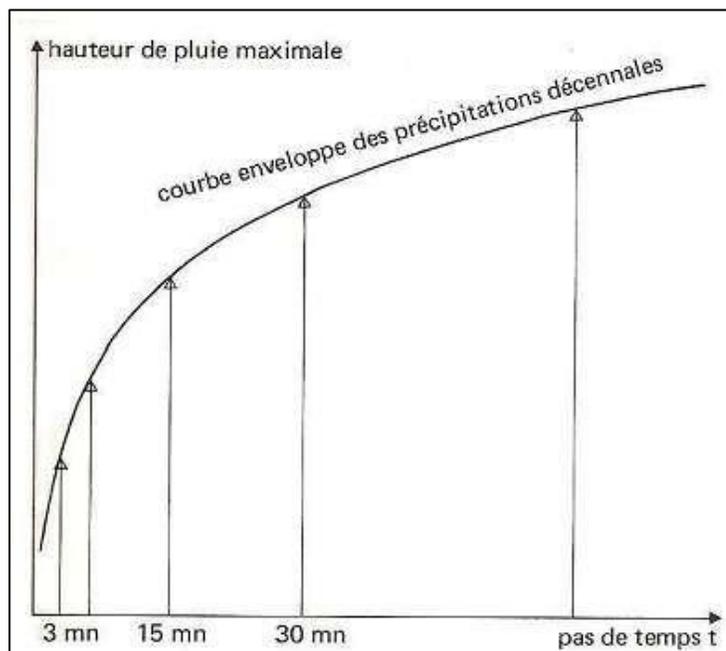


Figure 2: Courbe des hauteurs de pluie (Régis BOURRIER, 1985)

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 3: 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 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.

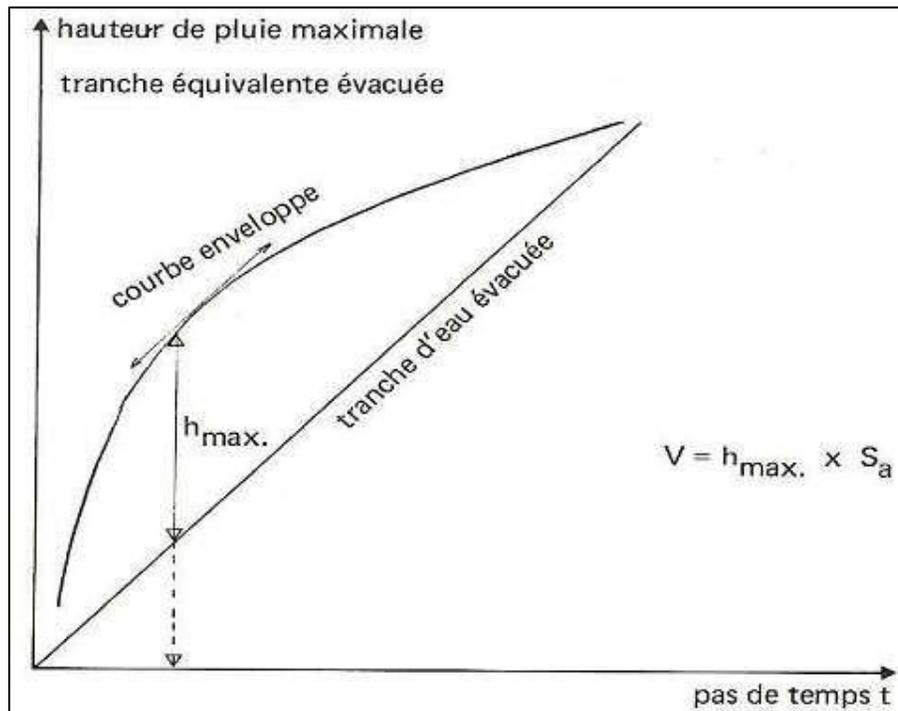


Figure 4: Détermination graphique de la hauteur maximale de stockage par la méthode des pluies

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

$$V = h * S_a$$

## 6. La 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  $t$

$V_{\text{sortie}}$  : 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.

- Ca le coefficient d'apport.
- S la surface du bassin versant.

On a alors :  $Vu = a.S.Ca.t^{b+1} - Q.t$  avec Vu : en  $m^3$ , Q en  $m^3/\text{min}$  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

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

## 7. La Modélisation en hydraulique urbaine et en hydrologie

### 7.1. Classification des modèles

#### 7.1.1. Modèles physiques

Dans ce cas, le modèle devient une maquette reproduite à une échelle spécifique. La principale difficulté revient à transposer le résultat dans la réalité par rapport au facteur d'échelle. Il est souvent impossible d'éviter des distorsions dans les phénomènes. Il devient donc nécessaire de négliger certains aspects. Par exemple, les forces de viscosité sont négligées si les forces de gravité dominent. On parle alors de similitude de Froude. Si au contraire, les forces de gravité peuvent être négligées au profit des forces de viscosité, on parle de similitude de Reynolds.

#### 7.1.2. Modèles mathématiques

Dans ce cas, le modèle représente, sous forme d'équations, les phénomènes physiques de la réalité. Il se compose d'une ou plusieurs équations dont l'origine, le degré de complexité et le réalisme multiplient les possibilités de construction. Ainsi, il est possible de distinguer :

#### 7.1.3. Les modèles empiriques

Ils sont représentés par des formules et équations simples et empiriques. Par exemple, la formule rationnelle qui permet de déterminer le débit de pointe en fonction d'information minimale du bassin versant, à savoir le coefficient de ruissellement.

Les inconvénients de ces modèles sont divers. Parfois, les coefficients locaux interviennent et ne sont pas transposables directement. Il n'y a pas de moyens de contrôle de l'ordre de grandeur et il n'est pas possible de rattacher d'autres processus (par exemple un bilan pollutif ou le transport solide aux crues calculées).

#### 7.1.4. Les modèles statistiques

Ils utilisent des fonctions de distribution (loi Normale, de Gumbel) afin d'évaluer ou de prédire un comportement observé. Ces méthodes analysent les variables en tant qu'échantillon d'une population statistique dans le but d'une régionalisation ou en vue de la prédiction de certaines grandeurs. En hydrologie, la variable la plus utilisée est le débit à l'exutoire d'un bassin versant, et notamment le débit maximum et minimum journalier, mensuel ou annuel.

L'expérience indique que les valeurs moyennes d'un comportement sont représentées correctement par la loi Normale, et que les valeurs maximums et minimums sont mieux approchées par une loi de type «extrême» telle que la loi de Gumbel. Les principales faiblesses de ces modèles sont :

- Estimation d'une valeur caractéristique seulement ;

- Non prise en compte de nombreux paramètres ;
- Impossibilité de rattacher d'autres processus ;
- Résultats dépendent des données ;
- Difficulté de calculer les erreurs de simulation.

#### 7.1.5. Les modèles conceptuels

Ces modèles tentent de reproduire la réponse d'un bassin versant en remplaçant la réalité de l'écoulement par une idéalisation fort simplifiée de la géométrie du bassin versant et de l'écoulement par rapport à la situation réelle. En hydrologie, les deux concepts de modélisation principalement utilisés sont :

- La représentation de la géométrie des surfaces d'écoulement par des plans rectangulaires de pentes constantes ;
- La représentation de l'écoulement par des réservoirs fictifs.

#### 7.1.6. Les modèles mécanistes (ou à base physique)

Ils résolvent des systèmes d'équations de quantité de mouvement et de continuité liés au transport d'eau, de substance ou d'énergie. Ils décrivent mathématiquement les phénomènes rencontrés. A titre d'exemple, l'équation de Barré St - Venant pour les écoulements en surface libre ou de Darcy - Richards pour les écoulements souterrains. De tels modèles nécessitent une description détaillée du bassin versant, des schémas numériques robustes et la détermination de paramètres physiques (paramètre de friction, conductivité hydraulique etc.), ces derniers pouvant être mesurés in situ. Cependant l'utilisation rigoureuse des paramètres réels ne permet pas d'éviter des distorsions des modèles. En effet, des simplifications inévitables impliquent que certains processus ne sont pas simulés correctement. Ainsi, les paramètres réels du modèle doivent intégrer une erreur, une information sur les paramètres non pris en compte, si le modèle est calé.

Il en découle qu'un modèle à base physique donne des réponses très proches des observations avec des paramètres physiques différents de ceux mesurés.

Les inconvénients de ces modèles sont la mise en œuvre fastidieuse, la détermination des paramètres et leur coût.

## 7.2. Des processus de modélisation

La modélisation hydrologique étudie principalement la réaction d'un ensemble de bassins Versants et d'un réseau à un événement pluviométrique. Ses buts sont divers et permettent soit d'évaluer l'état d'un système ou de procéder à des calculs de dimensionnement, soit d'étudier les perspectives de développement ou de correction du système.

Pour ce faire, il faut plus que la seule connaissance du débit de pointe obtenu par la méthode rationnelle pour déterminer les volumes d'eau de ruissellement. Il est utile de connaître les hydrogrammes de ruissellement aux différents points névralgiques des réseaux et bassins de

drainage.

Les processus pris en compte varient suivant les modèles. Mais pour être les plus représentatifs de la réalité, les phénomènes suivant doivent être intégrés. Ils peuvent être séparés dans trois catégories différentes : la modélisation hydrologique, la modélisation hydraulique, la modélisation qualitative.

### 7.3. Modélisation hydrologique

Elle est relative aux processus que l'on retrouve dans le cycle de l'eau. Parmi ces mécanismes, nous citerons :

- **L'évapotranspiration**

Ce terme englobe l'évaporation et la transpiration des végétaux. Il s'agit de la transformation de la phase vapeur à la phase physique. Les plans d'eau et la couverture végétale sont les principales sources de ce phénomène. Ils dépendent essentiellement de deux facteurs, la quantité de chaleur à disposition et la capacité de l'air à stocker pour la transpiration. Le premier facteur provient de l'énergie fournie par le soleil et varie essentiellement selon le gradient de la latitude et de l'altitude. Le second facteur peut s'exprimer par la notion d'humidité relative qui est le rapport de la quantité d'eau contenue dans une masse d'air et la quantité maximale d'eau que peut contenir cette masse d'air. Alors que la transpiration est surtout conditionnée par les conditions climatiques, les conditions liées aux sols et le type de végétation.

- **L'interception et le stockage dans les dépressions**

L'interception se définit comme la fraction d'eau qui est interceptée par le couvert végétal mais aussi les surfaces plus ou moins perméables comme les constructions ou les routes (surfaces à ne pas négliger en hydrologie urbaine). Ce phénomène étant étroitement relié à l'évapotranspiration, ce sont surtout les facteurs météorologiques (notamment la durée et l'intensité de la pluie) et le type de couverture du sol qui vont influencer la quantité d'eau interceptée.

Le stockage dans les dépressions comprend l'eau emmagasinée dans les creux jusqu'à leur déversement.

- **L'infiltration**

L'estimation de l'importance des processus d'infiltration va permettre d'estimer quelle fraction va alimenter l'écoulement souterrain et l'écoulement de surface. L'infiltration se définit comme le transfert de l'eau à travers les couches superficielles du sol lors que celui-ci reçoit des précipitations. Tout d'abord, l'eau

d'infiltration remplit les interstices en surface du sol puis pénètre dans celui-ci sous l'effet des forces de gravitation et des forces de succion. Elle est influencée par les facteurs suivant : le type de sol, la compaction de la surface du sol, la couverture du sol, la topographie, la morphologie, le débit d'alimentation et la teneur en eau initiale du sol.

Différentes relations mathématiques expriment le flux d'eau que le sol est capable d'absorber à travers le temps. Cette notion est déterminée par la «capacité d'infiltration» d'un sol. Deux approches permettent de la déterminer : Une approche à base physique qui s'appuie sur la loi de Darcy et que définit le modèle de Green et Ampt et Une approche empirique qui est définie par la formule de Horton.

### o Les écoulements

De par la diversité de ses formes les hydrologues distinguent plusieurs types d'écoulement. Quatre chemins principaux vont guider la goutte d'eau jusqu'à la rivière ou l'exutoire du bassin versant :

#### ▪ Précipitation directe

Fraction de pluie qui tombe directement à la surface libre du cours d'eau pour atteindre l'exutoire du bassin versant. Cette contribution est peu influente dans les phénomènes de crues puisque la surface des cours d'eau est faible en rapport des surfaces des bassins versants.

#### ▪ Ecoulement de surface ou ruissellement

Fraction de l'eau qui s'écoule plus ou moins librement à la surface des sols pendant les précipitations. Il existe deux causes à l'origine de ce processus. Le ruissellement se produit lorsque la capacité d'infiltration est dépassée ou lorsqu'elle se produit sur un sol déjà saturé en eau.

#### ▪ Ecoulement de subsurface (ou hypodermique)

Il comprend la contribution des horizons de surface totalement ou partiellement saturés en eau. Ces écoulements sont plus lents que le ruissellement mais plus rapide que les écoulements souterrains. On peut également les traduire par «écoulement rapide interne». Les hydrologues distinguent quatre causes à ces écoulements : l'effet piston, l'écoulement par macropores, intumescence de nappe et l'écoulement de retour. Signalons que pour que ce type d'écoulement apparaisse, il est nécessaire que la conductivité hydraulique latérale soit nettement supérieure à la conductivité verticale.

#### ▪ Ecoulement souterrain

Il représente la part d'eau infiltrée qui transite lentement vers l'exutoire à travers l'aquifère. Les vitesses d'écoulement varient de quelques millimètres à quelques mètres par jour. Ce type d'écoulement joue un rôle essentiel dans les débits de base des cours d'eau.

## 7.4. Modélisation hydraulique-propagation des écoulements

La propagation des hydrogrammes dans les conduites est d'une importance considérable dans un réseau. La variabilité des types d'écoulements est due à quatre causes principales : le réseau qui est caractérisé par de très nombreux changement de pentes, de type de section et par une grande quantité de tronçons ; de la forme des sections ; des débits qui sont la conséquence des événements pluviométriques ; et enfin du type d'écoulement qui peut être en charge ou à surface libre, et varié très vite de l'un à l'autre.

La propagation d'un écoulement dans une conduite est un phénomène physique. Elle peut être décrite par des équations de la mécanique des fluides connues sous le nom des équations de Saint-Venant. Elles constituent en fait un système d'équations fondées sur l'équation de continuité et l'équation de la conservation d'énergie.

En formulant certaines hypothèses, il est possible de classer les types de solutions des équations de Saint-Venant en différents types d'ondes. On parle d'onde dynamique pour un écoulement non uniforme et non permanent, et d'onde cinématique pour un écoulement uniforme et permanent. Cette dernière constitue l'expression la plus simple des équations de Saint-Venant.

## 7.5. Modélisation de la qualité des eaux de ruissellement

La modélisation de l'aspect qualitatif des réseaux d'assainissement doit intervenir dans la conception des réseaux et dans la gestion des ouvrages en place. En général, les modèles intégrant la gestion qualitative, sont des modèles classiques auxquels un bloc de calcul de la pollution a été ajouté. Les phénomènes de fluctuation de la qualité des eaux qui sont intégrés dans ces blocs sont :

- L'accumulation de la pollution dans le réseau et sur le sol au cours du temps ;
- Le lessivage de cette pollution par la pluie ;
- Le transport des polluants dans le réseau et cours d'eau.

Les approches permettant la représentation de ces phénomènes peuvent être d'origine statistique, conceptuelle ou déterministe. Cette dernière approche tente d'établir des relations univoques entre les variables d'entrée qui caractérisent les apports polluants et les variables de sortie traduisent l'accumulation des polluants dans les réseaux d'assainissement . Elle tend à décrire les équations de la mécanique, de l'hydraulique, de la biologie et de la chimie, soit l'ensemble des phénomènes qui sont liés aux polluants. Ainsi, ces modèles contiennent les fonctions d'accumulation et de mobilisation des polluants et le transport en réseau est représenté par une fonction de transfert des polluants.

### Modèle d'accumulation

Il permet de déterminer la masse de polluants présente sur la surface drainée et qui pourra être disponible et entraînée par la lame ruisselante. L'accumulation est généralement modélisée dans les logiciels par une fonction linéaire, exponentielle ou de Michaelis-Menten.

### **Modèle de lessivage**

L'entraînement de la masse accumulée au cours d'un événement varie en fonction des caractéristiques de l'événement pluviométrique, de la topographie du bassin versant (surface, pente, etc .) ainsi que les caractéristiques des sédiments .

### **Choix du modèle**

MOUSE est un moteur puissant et complet pour la modélisation des phénomènes hydrologiques, de l'hydraulique avancée dans les conduites ouvertes et fermées ,la qualité des eaux et le transport des sédiments pour les systèmes de drainage urbains, les égouts pluviaux et les égouts sanitaires. MOUSE doit sa puissance exceptionnelle à la mise en œuvre avancée du logiciel techniques, les formulations algorithmiques efficaces et la polyvalence de l'application. Et enfin, c'est la fiabilité de MOUSE , testée et éprouvée en nombreuses applications depuis la fin des années 70 par plus de mille utilisateurs tous dans le monde entier, ce qui fait de MOUSE le choix parfait. Les applications typiques de MOUSE comprennent des études sur les débordements d'égouts unitaires, débordement des égouts sanitaires, contrôle en temps réel complexe (RTC) développement et analyse de projets, et analyse et diagnostic de la tempête existante. En appliquant MOUSE, il est possible de répondre à des questions, telles que:

- Quelles sont les périodes de retour pour la surcharge de diverses parties du système de canalisation existant ?
- Quelles sont les causes principales de cette surcharge?
- Quelles sont les implications du remplacement des égouts critiques, l'installation de nouveaux bassins, déversoirs, etc.
- Où et pourquoi les sédiments sont-ils déposés dans le réseau d'assainissement?
- Quelles sont les concentrations maximales de polluants dans le déversoir ou à la station de traitement après une tempête de pluie?

## chapitre 3 : Présentation du projet

## 1. Généralités sur la région de Casablanca Settat :

### 1.1. Situation géographique et superficie :

La région de Casablanca-Settat est l'une des douze régions du Maroc à l'issue du découpage territoriale 2015. Sa capitale est Casablanca. Elle est une méga-région qui s'étale sur une superficie totale de 19 448 km<sup>2</sup>. Elle a remplacé la région du Grand Casablanca en lui adjoignant les provinces d'El Jadida et de Sidi Bennour de l'ancienne région de Doukkala- Abda ainsi que les provinces de Settat, Benslimane et Berrechid de l'ancienne région de Chaouia-Ouardigha. La région de Casablanca-Settat se trouve au centre ouest du Maroc, elle est limitée par la région Rabat-salé-Kénitra au Nord, par la région Béni Mellal-Khénifra à l'Est et par la région Marrakech-Safi au Sud.

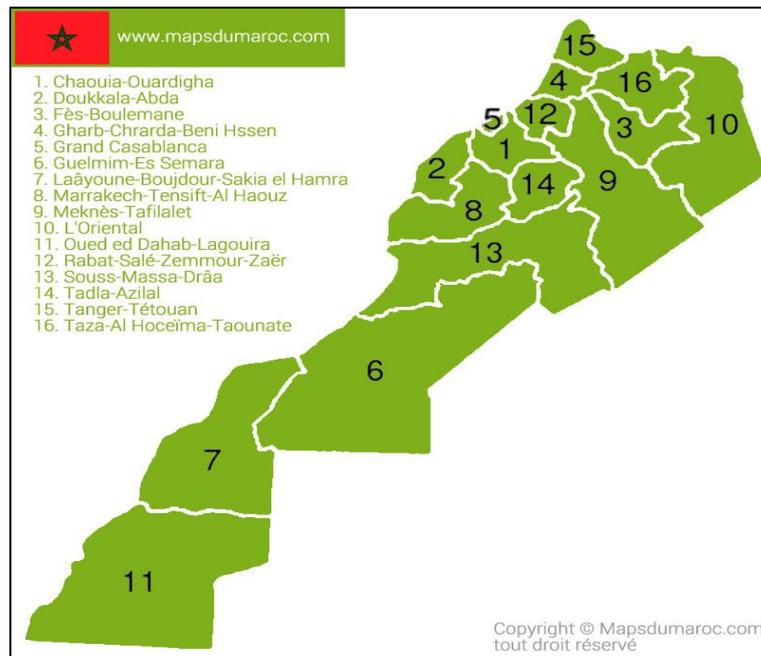


Figure 5: les nouvelles régions du Maroc

## 1.2. Découpage administratif de la région :

Du point de vue administratif, selon le Décret n°2.15.10 du 20 Février 2015, fixant le nombre des Régions, leurs noms, leurs Chefs-lieux et les Préfectures et Provinces les composant, publié au Bulletin Officiel n° 6340 du 05 Mars 2015, la Wilaya de la Région de Casablanca-Settat est composée de: 2 Préfectures et 7 Provinces totalisant 168 Communes, dont 29 à caractère urbaine et 124 à caractère rurale ainsi que 16 Arrondissements, en plus de la Commune de Casablanca.

### Les préfectures:

Casablanca et Mohammedia.

### Les provinces:

El Jadida, Nouaceur, Médiouna, Benslimane, Berrechid, Settat et Sidi Bennour.

### Les préfectures d'Arrondissements:

Casablanca-Anfa, Al Fida - Mers Sultan, Aïn Sebaâ - Hay Mohammadi, Aïn Chock, Hay Hassani, Ben M'sick, Sidi Bernoussi et Moulay Rachid.

### Les arrondissements:

Sidi Belyout, Anfa, Maârif, Al Fida, Mers Sultan, Aïn Sebaâ, Hay Mohammadi, Roches Noires, Aïn Chock, Hay Hassani, Ben M'sick, Sbata, Sidi Bernoussi, Sidi Moumen, Moulay Rachid et Sidi Othmane.

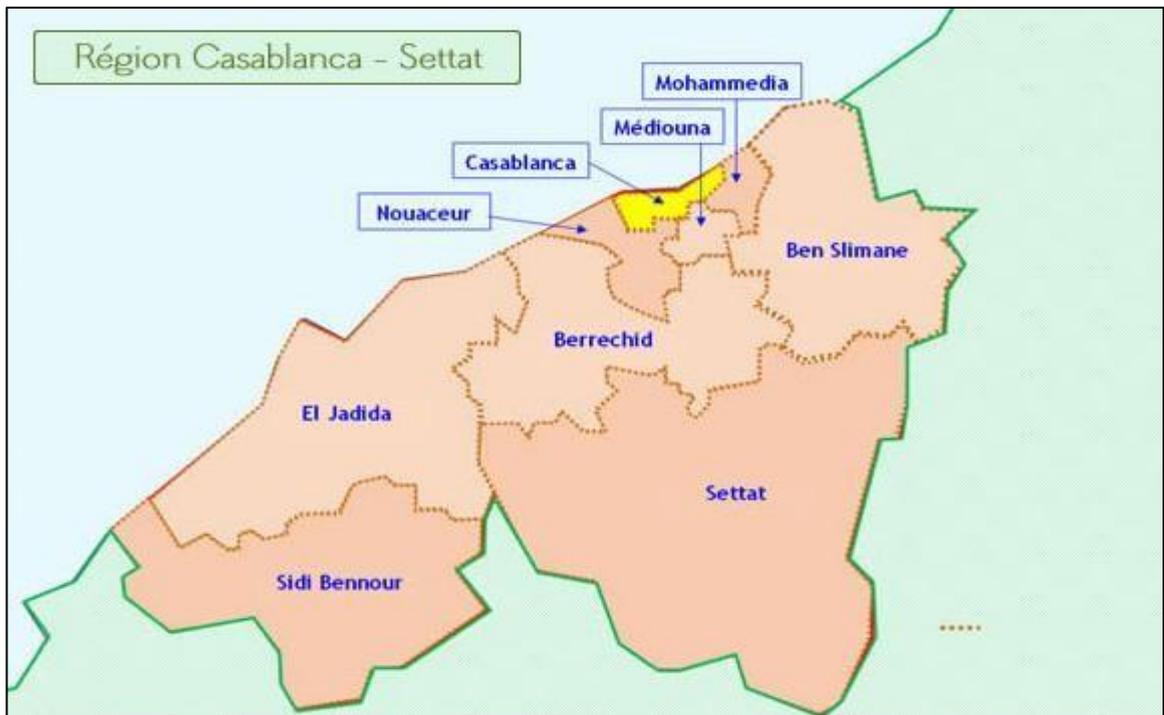


Figure 6: le découpage administratif de la région Casablanca-Settat

### 1.3. Les communes :

*Tableau 4: Le nombre des communes par préfecture ou province -région*

Les préfectures/provinc es	les communes à caractère urbain	les communes à caractère rural	les arrondissements
<b>Casablanca</b>	<b>2</b>		<b>16</b>
<b>Mohammédia</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	
<b>Médiouna</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	
<b>Nouaceur</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	
<b>Settat</b>	<b>5</b>	<b>41</b>	
<b>Sidi Bennour</b>	<b>2</b>	<b>23</b>	
<b>Benslimane</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	
<b>Berrechid</b>	<b>6</b>	<b>16</b>	
<b>El Jadida</b>	<b>3</b>	<b>24</b>	
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>124</b>	<b>16</b>

### 1.4. Historique et développement urbain de la région :

La ville de Casablanca est la plus ancienne concentration urbaine dans la région Casablanca-Settat, Avant le règne du Sultan Alaouite Sidi Mohamed Ben Abdellah, la ville de Casablanca était appelée ANFA, après le nom de la ville s'est transformé à Dar El Beida.

Les échanges commerciales avec l'Europe et l'Amérique ont commencé à prospérer en 1789, date de construction de son petit port. Après une stagnation au niveau de la réalisation des infrastructures, en 1913, sous le régime du protectorat, des infrastructures de base ont été construites: Port, Aéroport, réseau routier, voie ferrée... Avec ces réalisations, l'urbanisation s'est aussi développée, le premier plan d'aménagement urbain a été élaboré en 1918 et un deuxième en 1952 avec comme objectif essentiel l'amélioration des conditions de l'habitat. En quelques années, Casablanca est devenue une grande concentration urbaine, ce qui a nécessité une maîtrise de son rythme de développement. Cela a été l'objet du Schéma Directeur d'Aménagement Urbain élaboré en 1985, et s'était le premier schéma de la ville. Les autres villes de la région n'ont cessé de se développer surtout avec l'implantation des grandes infrastructures et l'application des grands plans de développement, le plus important plan est celui lancé par Sa Majesté le Roi Mohammed VI en 2013 pour la région du grand Casablanca avant le nouveau découpage, il été élaboré en concertation avec tous les responsables et décideurs politiques et économiques et société civile. Doté d'un budget de 33,6 Milliards de

Dirhams, auquel s'ajoute un plan d'actions prioritaires de 2,8 Milliards de Dirhams, l'ensemble comprend une série de projets ambitieux et de mesures concrètes, clairement définis et chiffrés, visant à améliorer les conditions de vie des habitants, à promouvoir l'attractivité économique, à assainir le climat des affaires, à renforcer la mobilité au sein de la Région et à la positionner comme destination nationale et internationale de tourisme d'affaires et de loisirs. Le nouveau découpage, adopté en fin 2015, a fait passer la population de la Région de Casablanca-Settat à 6,9 million d'habitants, soit 20,3% de la population nationale avec un taux d'urbanisation de 73,6%, de nouvelles ressources naturelles, humaines, urbanistiques et économiques valorisables de nature et de nouvelles opportunités ajoutées, qui vont permettre à la Région de réaliser son développement économique, social et environnemental et de devenir un hub financier international.

### 1.5. Démographie :

La Région de Casablanca-Settat, incluant Casablanca, Mohammedia, Nouaceur, Médiouna, El Jadida, Benslimane, Berrechid, Settat et Sidi Bennour, regroupe environ 6,9 millions d'habitants (RGPH 2014). 1 804 298 ( 26.42%) résidents en milieu rural et 5 022 475 (73.57%) résidents en milieu urbain.

*Tableau 5: la population dans les préfectures et les provinces de la région*

PREFECTURE/ PROVINCE	POPULATION
Casablanca	3 343 642
Mohammédia	403 392
Nouaceur	325 651
Médiouna	171 822
Settat	631 725
Benslimane	229 065
Berrechid	482 312
El Jadida	786 716
Sidi Bennour	452 448
Total	826 773

### 1.6. La gestion déléguée des services :

## 2. Définition du contrat de la gestion délégué des services/partenariat public-privé :

La définition suivante de la gestion déléguée est extraite d'Article 2 de la loi 54-05 sur

la gestion déléguée.

Le contrat de la gestion déléguée est un contrat par lequel une personne morale de droit public, dénommée "délégant" délègue, pour une durée limitée, la gestion d'un service public dont elle a la responsabilité à une personne morale de droit public ou privé, dénommée "délégataire" en lui reconnaissant le droit de percevoir une rémunération sur les usagers et/ou de réaliser des bénéfices sur ladite gestion. La gestion déléguée peut également porter sur la réalisation et/ou la gestion d'un ouvrage public concourant à l'exercice du service public délégué.

## 2.1. Contrat de la gestion déléguée de la Lydec :

La première expérience de gestion déléguée des services publics au Maroc, était celle de la Lydec, signé en 1<sup>ère</sup> Aout 1997. Le contrat s'étale sur une période de 30 ans, et c'est l'un des contrats les plus importants en Afrique. Lydec assure la gestion déléguée de quatre services publics: la distribution de l'eau, l'assainissement liquide, la distribution de l'électricité, l'éclairage public qui s'est annexé au contrat en 2007 lors de la première révision.

- Les parties signataires du contrat de gestion déléguée sont :
- L'Autorité Délégante (Composée des trois Communes urbaines de Casablanca, Mohammedia et Aïn Harrouda)
- Le Délégataire (Lydec)
- L'Autorité de Tutelle (Ministère de l'Intérieur).

Le périmètre de la gestion déléguée, ne coïncide pas forcément pour tous les métiers, il est défini explicitement par l'annexe I du contrat.

## 2.2. Pouvoir de contrôle de l'Autorité Délégante :

L'Autorité Délégante dispose d'un pouvoir de contrôle technique, financier et de gestion inhérent aux engagements découlant du contrat. Des documents sont régulièrement produits par Lydec pour permettre le suivi du contrat (comptes-rendus annuels techniques et financiers, budgets annuels, publication des états comptables...). Le contrôle de la gestion et de l'exploitation des services délégués est exercé au nom et pour le compte de l'Autorité Délégante, par un Service Permanent de Contrôle (SPC) désigné par celle-ci. La composition, ainsi que les attributions de ce service, sont déterminées par l'Autorité Délégante, conformément aux dispositions du contrat de gestion déléguée. Le Service Permanent de

Contrôle participe, entre autres, à l'examen des programmes d'investissements et à leur priorisation, ainsi qu'au processus d'appels d'offres relatives à ces opérations.



## la gestion de l'assainissement liquide

### 3. les outils de la planification de l'assainissement liquide :

#### 3.1. Définition et contraintes de la planification de l'assainissement liquide :

##### 3.1.1. Définition :

La planification de l'assainissement liquide est l'une des principales orientations de la stratégie nationale du développement de ce secteur. Elle consiste essentiellement à établir les études de planification ou SDAL visant à prévoir les étapes de réalisation des objectifs retenus pour le secteur, et programmer les moyens techniques, financiers et juridiques qui permettront de les atteindre.

La première action de la planification consiste à fixer des objectifs réalistes à atteindre à court terme (5 ans ou moins), moyen terme (6 à 10 ans) et à long terme (plus de 10 ans et généralement de 15 à 20 ans). ceci implique l'adoption d'une série d'options réalisables compte tenu, d'une part des prévisions pour les horizons choisis et d'autre part des conditions socio-économiques actuelles et projetées, des possibilités financières des usagers et des techniques applicables.

##### 3.1.2. Les contraintes :

La planification doit aussi tenir compte des contraintes qu'il faudra surmonter. Les principales contraintes du secteur d'assainissement liquide sont généralement les moyens financiers et humains disponibles et les conditions techniques liées essentiellement à l'urbanisation et à la réglementation.

#### 3.2. Moyens nécessaires pour atteindre les objectifs de la planification de l'assainissement liquide :

Quoique le facteur limitant le développement de l'assainissement liquide soit la disponibilité de moyens financiers en quantité satisfaisante, cette condition à elle seule n'est pas suffisante pour atteindre les objectifs fixés pour l'assainissement liquide.

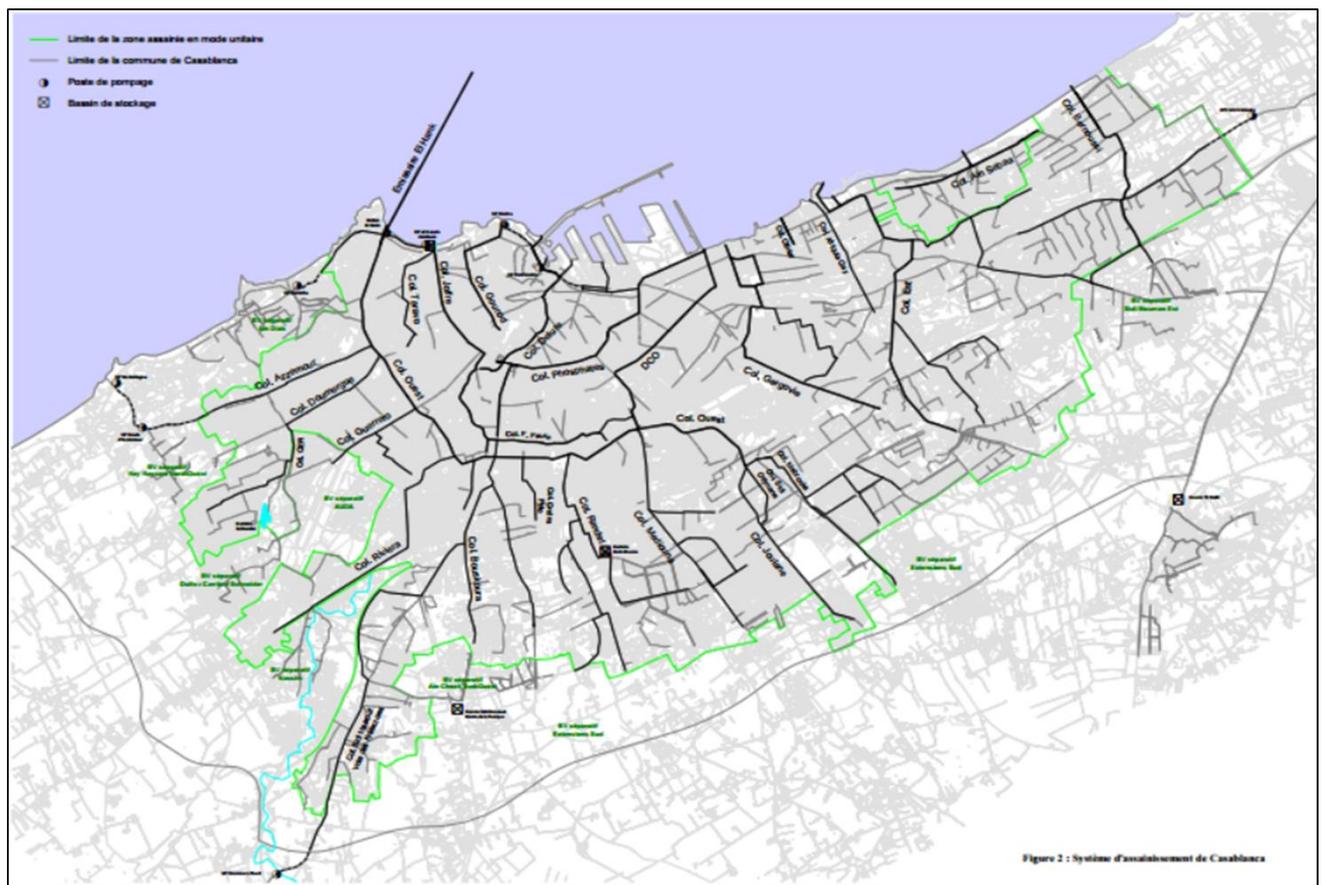
Afin d'atteindre les objectifs du secteur, il faut penser à la mise en place d'une structure chargée de la réalisation du programme, d'une réglementation efficace, des

normes techniques et d'une définition des grandes orientations du secteur tant au niveau national que local.

## 4. Description du réseau d'assainissement

Le système d'assainissement existant de la commune de Casablanca peut être présenté en distinguant sept zones principales:

- le bassin versant unitaire du collecteur Ouest;
- le bassin versant unitaire des collecteurs Joffre, Gounod, Delure et Phosphates;
- le bassin versant unitaire du collecteur Gergovie;
- le bassin versant séparatif du collecteur Ain Sebaa ;
- le bassin versant unitaire du collecteur Est;
- le bassin versant unitaire du collecteur Sidi Bernoussi;
- divers secteurs périphériques assainis en mode séparatif .



*Figure 8: Système d'assainissement de Casablanca*

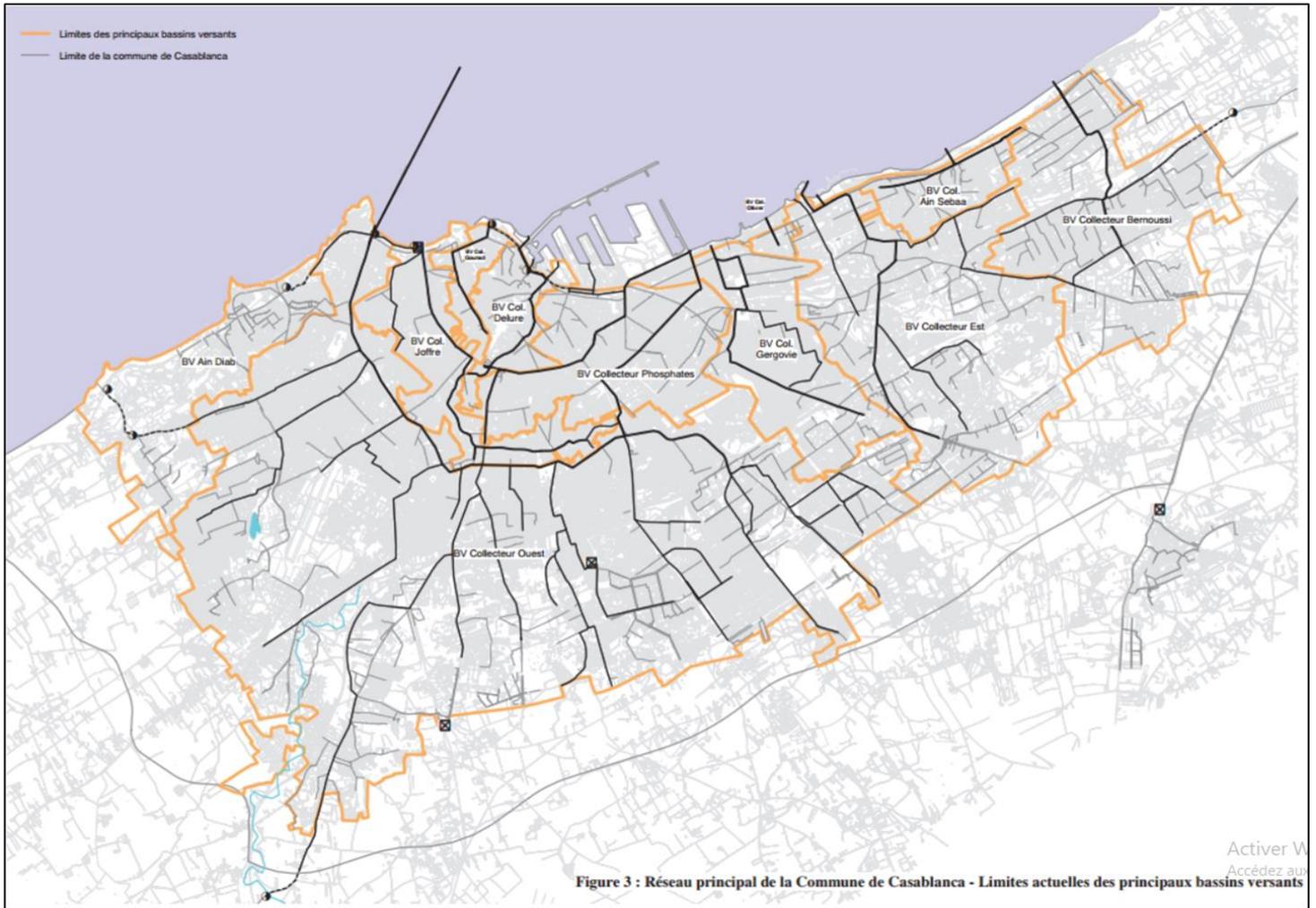


Figure 9: Système d'assainissement de Casablanca

**LYDEC** est la société responsable de la gestion du réseau d'assainissement de Casablanca au Maroc. Ce réseau est constitué de :

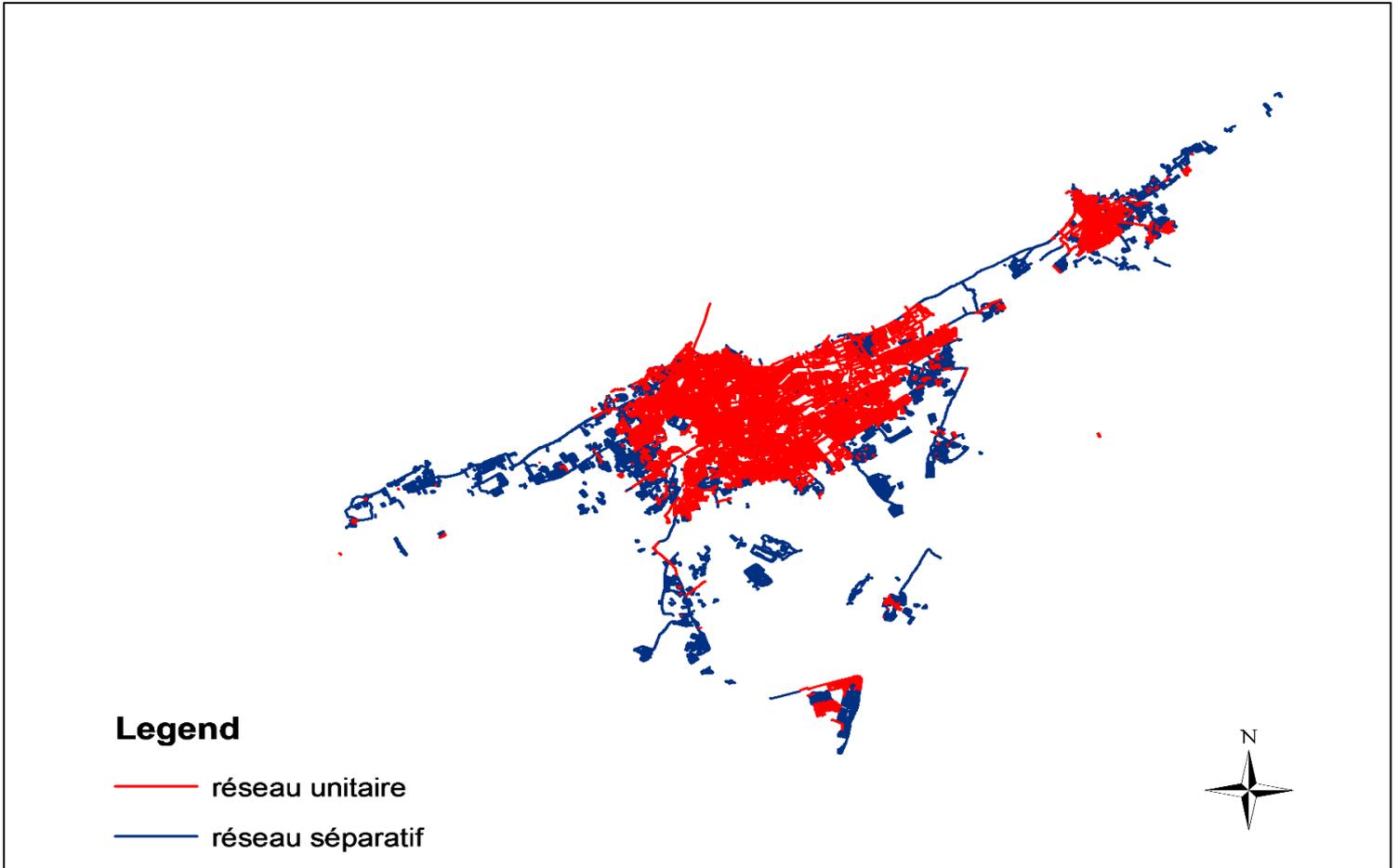
- + **5844** km de linéaires réseaux.
- + **122** stations de pompage et 107 bassins d'orage.
- + **2** stations de prétraitement des eaux usées.
- + **2** émissaires marins.
- + **2** stations d'épuration : Médiouna (40 000 équivalent habitants) et Nouaceur ONDA (50 400 équivalent habitants).
- + **34** stations de surveillance des eaux de baignade couvrant 13 plages.
- + **22** pluviomètres répartis sur tout le territoire de la Gestion Déléguée.
- + **236499** ouvrages annexes.
- + **237393** branchements.

Historiquement, le réseau d'assainissement de la Wilaya du Grand Casablanca a été développé en mode unitaire (à l'exception notable de la zone basse de Mohammedia et la zone côtière d'Aïn Sebaa).

Les extensions du système d'assainissement sont réalisées, depuis les années 1990, en mode séparatif et ce pour deux raisons majeures :

- Le système unitaire initial fonctionne au-delà de sa capacité de conception et ne permet pas d'accueillir des débits pluviaux additionnels (écrêtement des eaux) .
- Les systèmes Anti-Pollution ne permettent pas de faire face à des débits supplémentaires ce qui nécessite la limitation des débits.

La carte suivante, montre la répartition du réseau d'assainissement de Casablanca par type du réseau (unitaire ou séparatif).



*Figure 10 : Répartition du réseau d'assainissement par type du réseau*

*Tableau 6:Longueur du réseau de collecte (par type de réseau)*

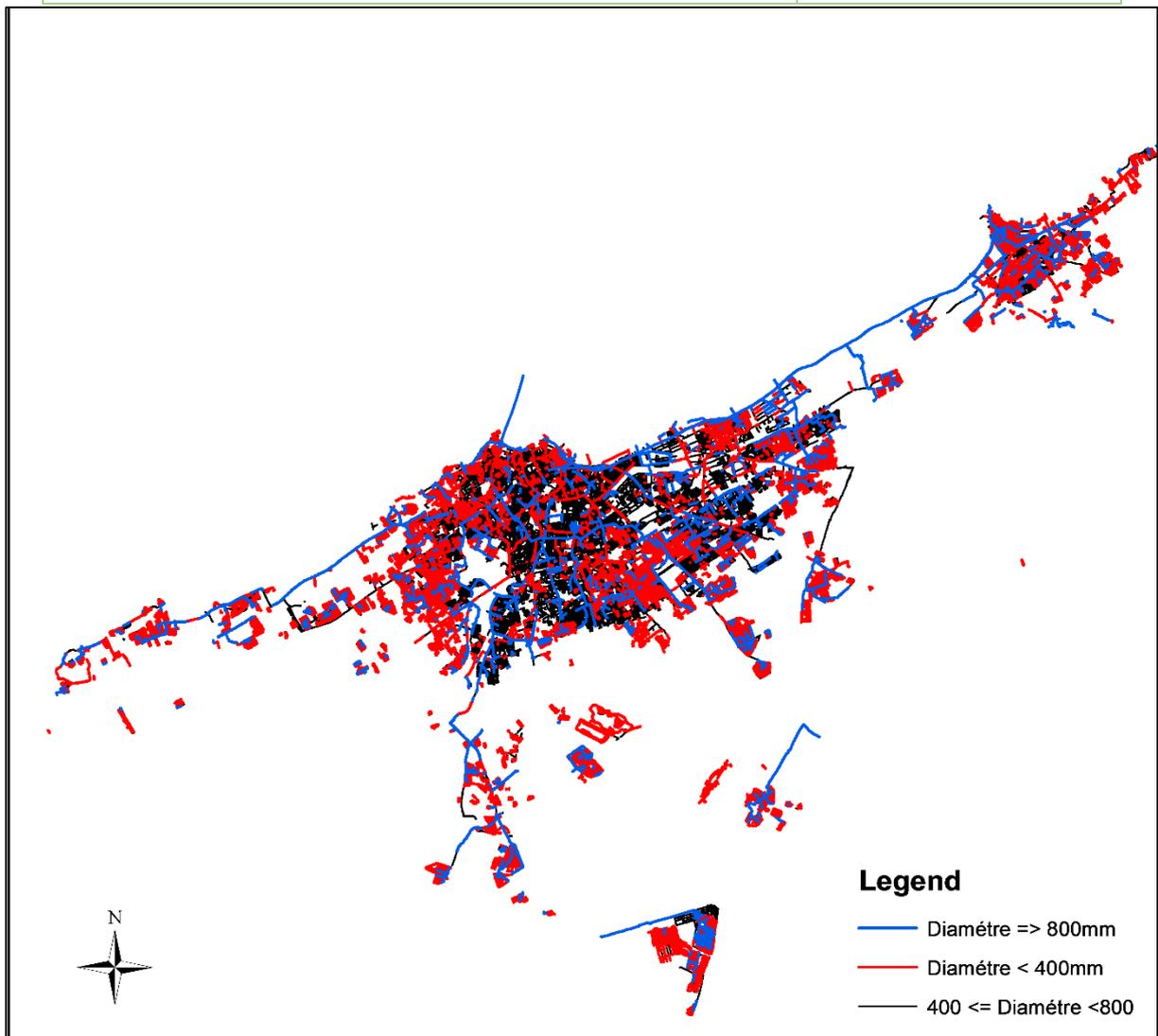
Type du réseau	Linéaire (km)
Unitaire	<b>2969</b>
Pluvial	<b>1461</b>
Eaux usées	<b>1414</b>
Total réseau	<b>5844</b>

#### 4.1. Diamètre des collecteurs

Le patrimoine des réseaux d'assainissement est réparti selon le diamètre des canalisations en deux types de réseau ; réseau primaire et secondaire

*Tableau 7:Longueur du réseau de collecte (par diamètre)*

types	(ml)
Réseau Primaire et Secondaire ( $\varnothing \geq 800\text{mm}$ )	464167
Réseau Primaire et Secondaire (Section non circulaire)	149435
Réseau Tertiaire ( $\varnothing < 800$ )	5230764
<b>total réseau</b>	<b>5844366</b>



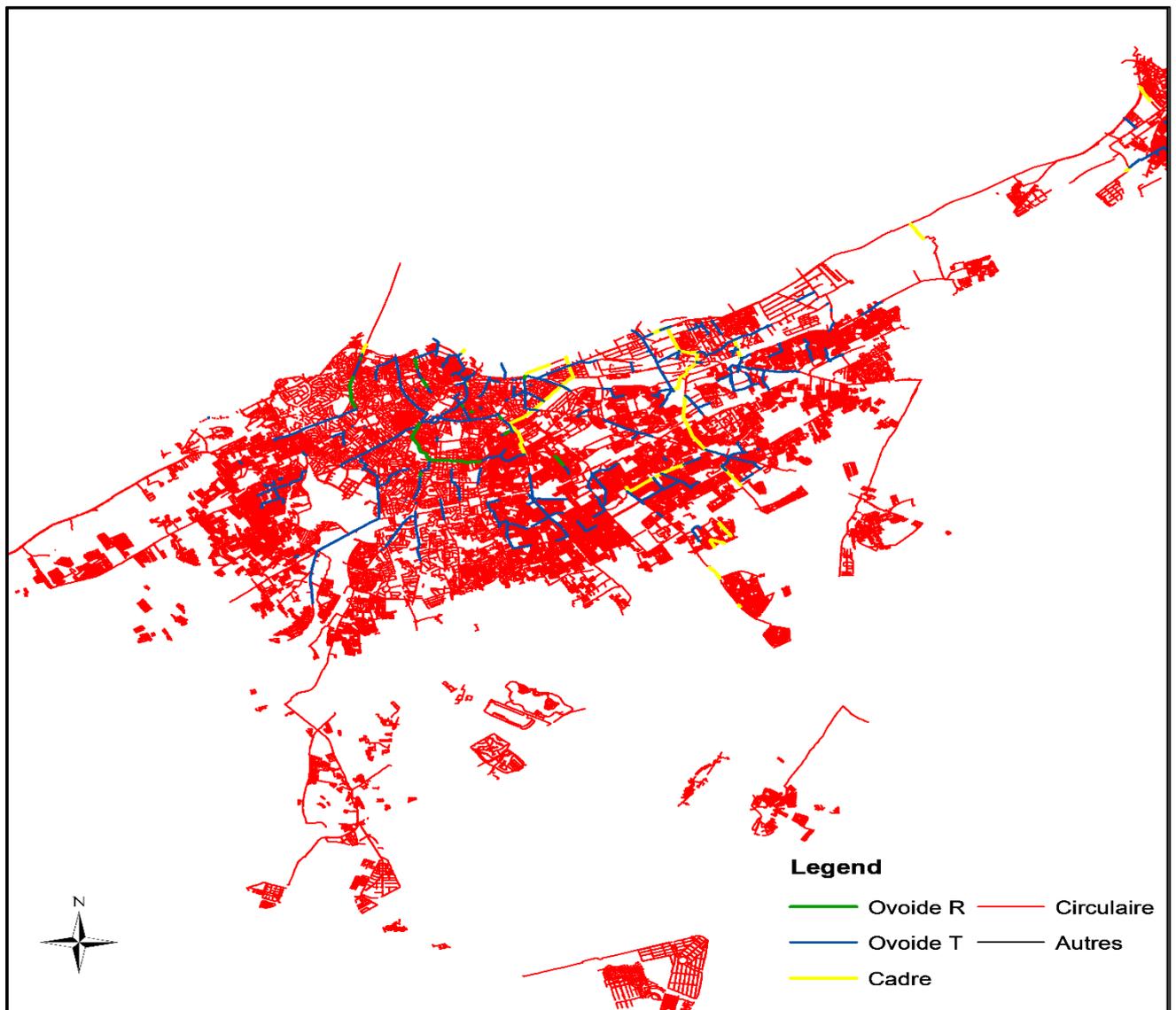
*Figure 11:Répartition des réseaux d'assainissement par diamètre*

## 4.2. Types de collecteurs

Le grand réseau d'assainissement de la ville de Casablanca, est constitué de plusieurs types de conduites :

- Conduites Circulaire
- Conduites Cadre
- Conduites Ovoïde T
- Conduites Ovoïde R
- Conduites trapézoïdes

Les réseaux de collecte sont constitués essentiellement des conduites de types circulaire ; surtout les conduites circulaire avec un diamètre 400mm ( 60% des réseaux ) et 300mm ( 16% des réseaux ) Ces deux diamètres sont les diamètres minimums imposés dans un système d'assainissement .



*Figure 12: Répartition des réseaux d'assainissement par types de conduite*

### 4.3. Matériaux des collecteurs

Une description du patrimoine des réseaux d'assainissement en fonction de la nature du matériau de construction de ceux-ci est présentée dans le tableau et le graphique suivants :

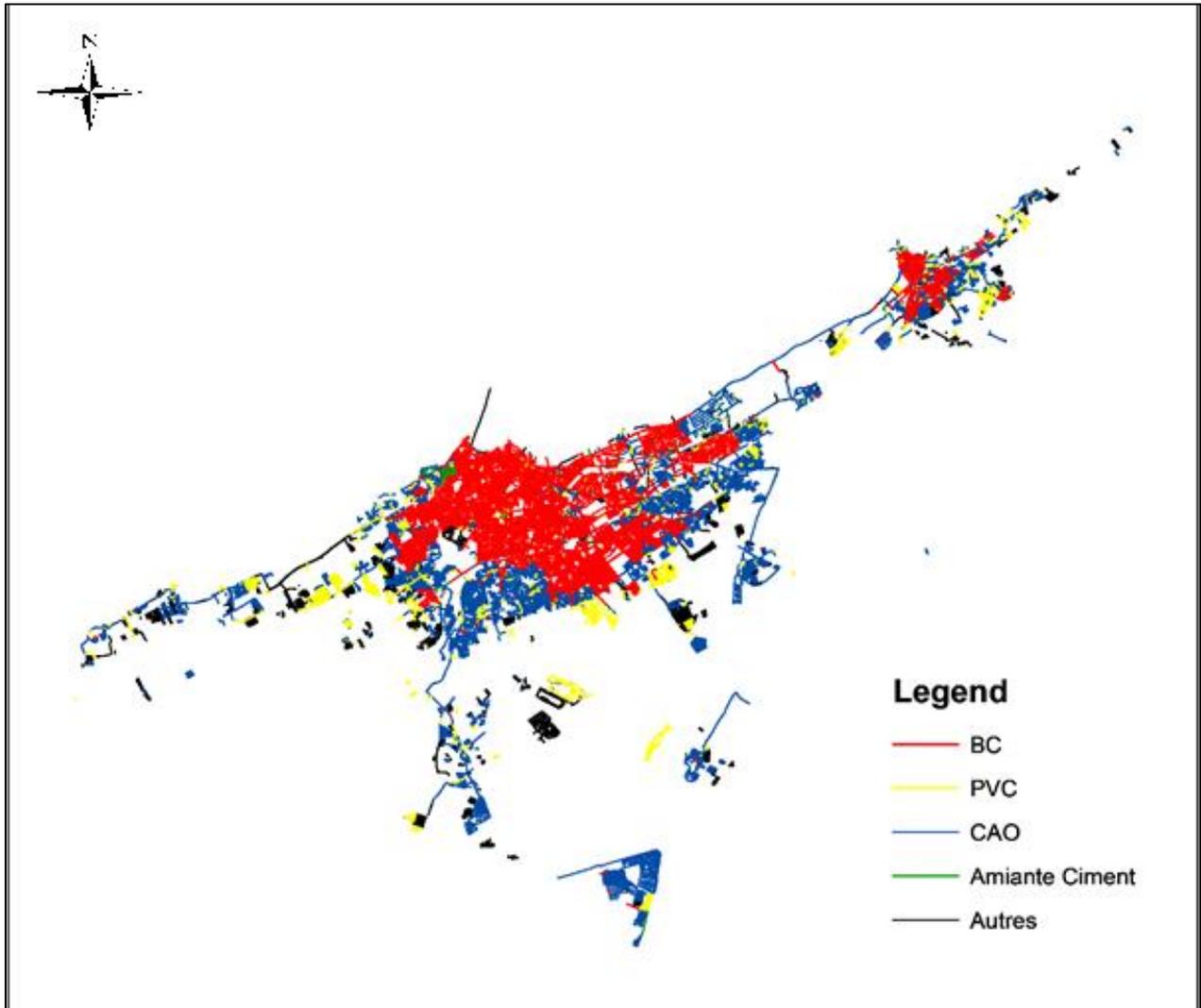


Figure 13 : Répartition des réseaux d'assainissement par types de matériau

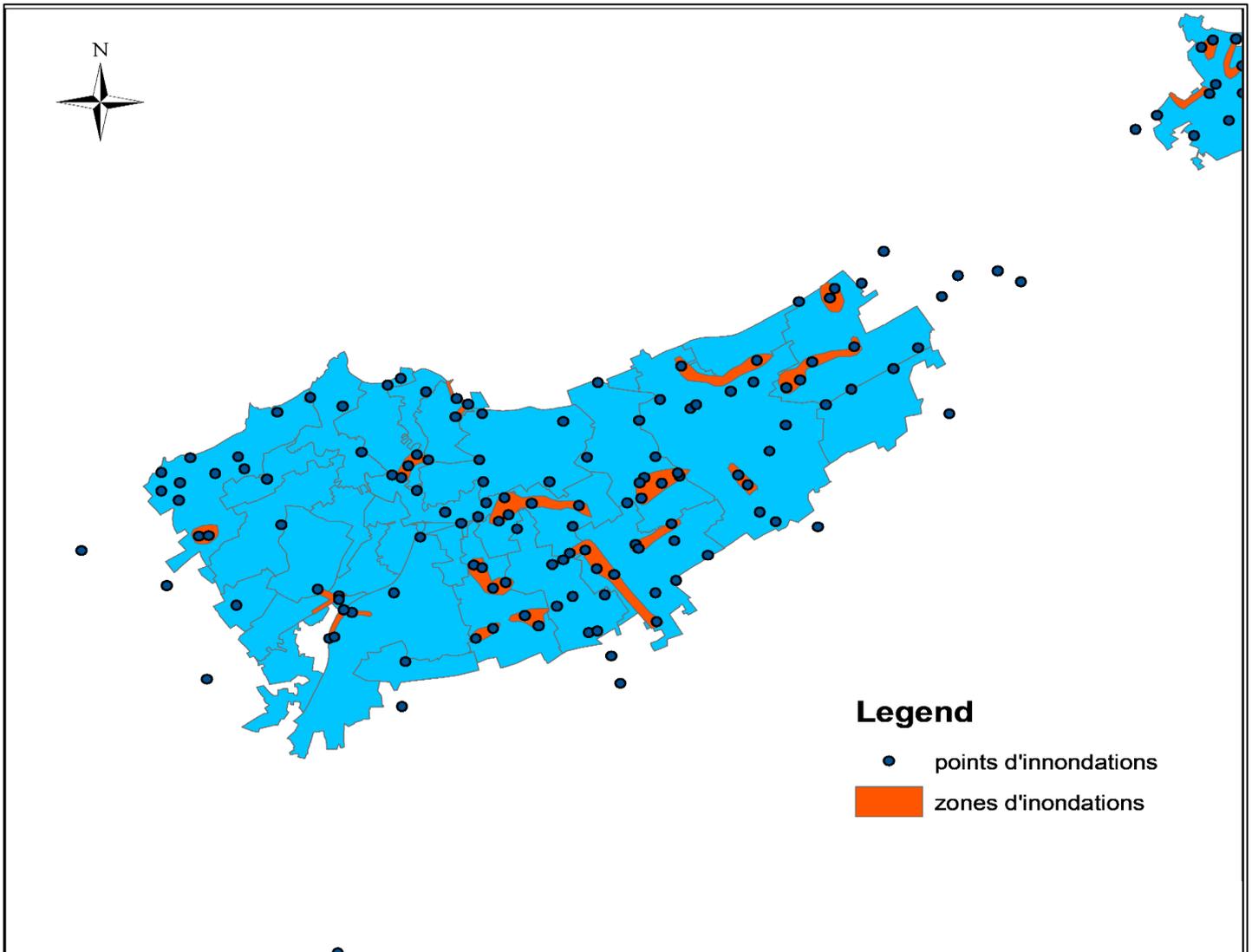
- le ciment armé ordinaire (CAO) et le béton comprimé constituent l'essentiel des collecteurs (73% du linéaire total) ; ces deux principaux matériaux sont utilisés pour tous les diamètres des collecteurs;
- les matières plastiques (PVC) sont faiblement utilisées 9,25%
- l'amiante ciment est présent avec un pourcentage faible de 2,2% et seulement sur les diamètres de 250 – 400 mm .

Tableau 8: Répartition des réseaux d'assainissement par types de matériau

Type du matériaux	Longueur du réseau	Pourcentage
<b>BC</b>	<b>1776288</b>	<b>31,7</b>
<b>PVC</b>	<b>517522</b>	<b>9,2</b>
<b>CAO</b>	<b>2280073</b>	<b>40,7</b>
<b>Amiante ciment</b>	<b>123362</b>	<b>2,2</b>
<b>Béton armé</b>	<b>42175</b>	<b>0,7</b>
<b>Béton comprimé</b>	<b>3153</b>	<b>0,05</b>
<b>Ciment</b>	<b>6050</b>	<b>0,10</b>
<b>PRV</b>	<b>17684</b>	<b>0,31</b>
<b>Autre</b>	<b>782021</b>	<b>13,96</b>
<b>Inconnu</b>	<b>50788</b>	<b>0,90</b>

Pour bien comprendre notre zone d'étude et savoir l'effet des événements pluvieux sur la ville de Casablanca, nous avons eu recours aux données SIG de la Lydec , et nous avons réalisé la carte (page suivante ) qui nous renseigne sur les zones et les points d'inondations da Casablanca.

La figure suivante nous présente les zones d'inondations dans la région de Casablanca :



*Figure 15 : points et zones d'inondations à Casablanca*

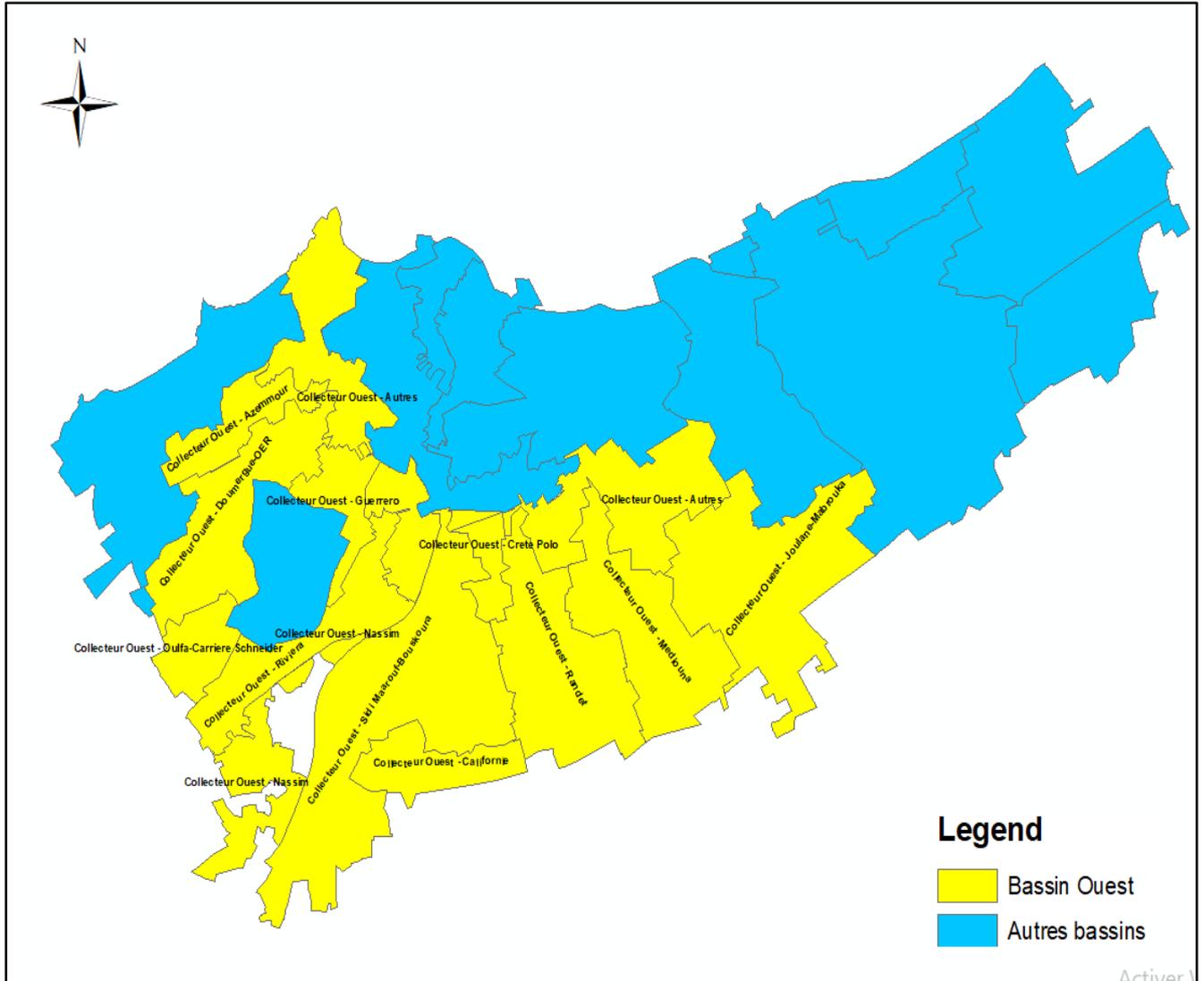
#### 4.4. Zone d'étude

Lors de notre PFE, on a choisi de travailler sur le **bassin versant unitaire Ouest**, et principalement sur le collecteur principal du réseau, qui comporte :

- Les sections circulaires avec un diamètre supérieur à 800mm .
- Les autres types de sections (cadre, ovoïde, trapézoïde ...).

Le bassin versant du collecteur Ouest est le plus important de la zone de Casablanca . Il se développe en arc de cercle autour des quartiers centraux de la ville. L'ossature du réseau est constituée par le collecteur principal connu sous le nom de Collecteur Ouest. Ce collecteur, d'une longueur totale de 17.8 kilomètres, reçoit les apports d'une douzaine de collecteurs secondaires d'importance, qui sont, de l'amont vers l'aval:

- ✓ Le collecteur Mabrouka
- ✓ Le collecteur Joulane
- ✓ Le collecteur Médiouna
- ✓ Le collecteur Randet
- ✓ Le collecteur Crêtes-Polo
- ✓ Le collecteur Bouskoura-Sidi Maarouf
- ✓ Le collecteur Riviera
- ✓ Le collecteur Nassim
- ✓ Le collecteur Oulfa-Carriere Schneider
- ✓ Le collecteur Guerrero
- ✓ Le collecteur Doumergue
- ✓ Le collecteur Azemmour



**Figure 16 : Délimitation du collecteur Ouest**

Vu le manque des données pour certains collecteurs , la modélisation va englober les collecteur suivants :

- Collecteur Azemmour
- Collecteur Doumergue
- Collecteur Riviera
- Collecteur Sidi Maarouf-Bouskoura
- Collecteur Randet
- Collecteur Joulane Mabrouka
- Le Collecteur principal Ouest

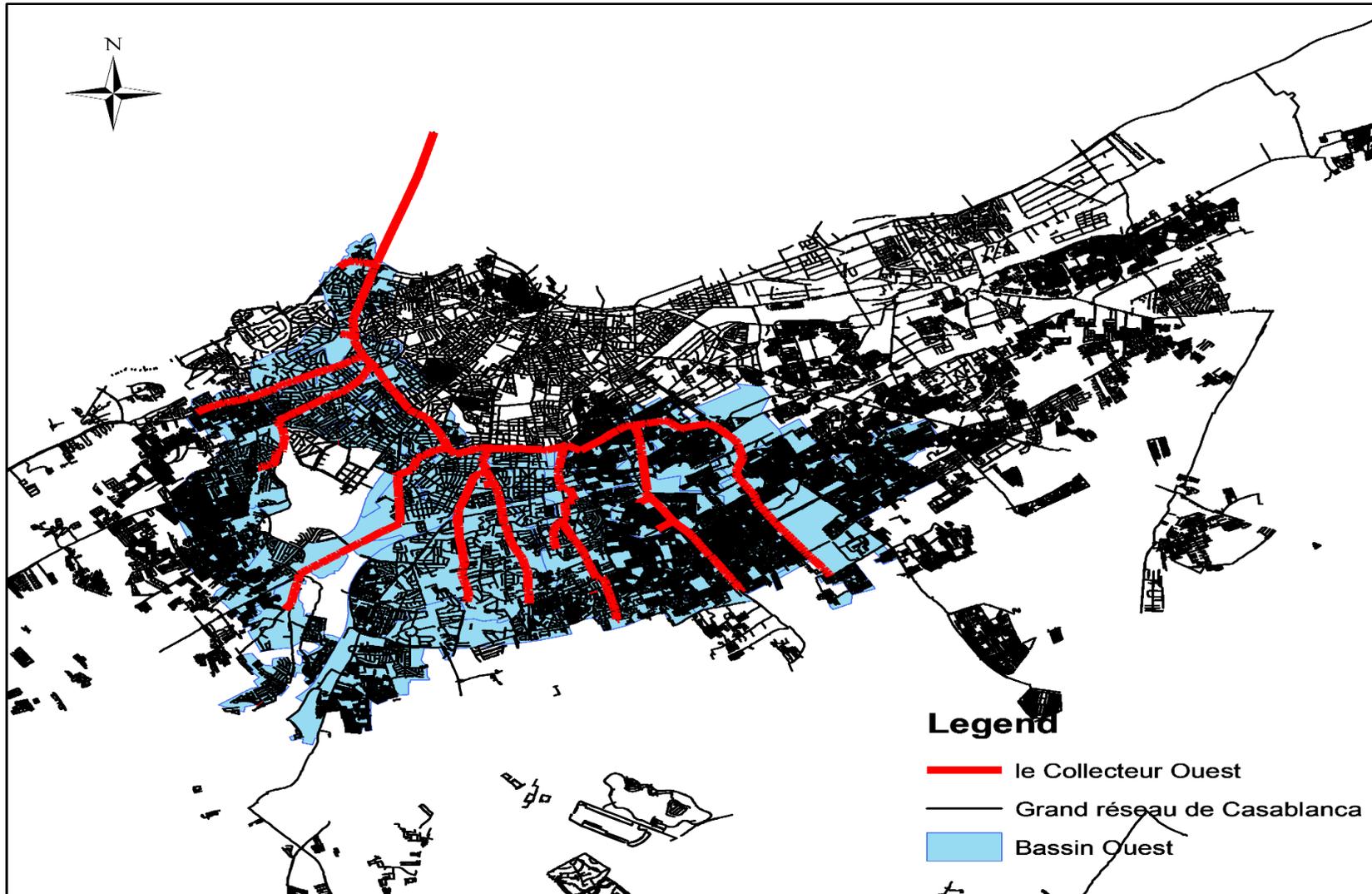


Figure 17 : Le collecteur Ouest à modéliser

Le collecteur Ouest qui va être modélisé cumule alors un linéaire de **52.6km** dont :

**Tableau 9 : Longueur des collecteurs principaux**

<b>Azemmour</b>	<b>3,45</b>
<b>Doumergue</b>	<b>3,8</b>
<b>Riviera</b>	<b>5,58</b>
<b>Sidi Maarouf-bouskoura</b>	<b>7,9</b>
<b>Randet</b>	<b>10,65</b>
<b>Joulane-Mabrouka</b>	<b>3,4</b>
<b>Collecteur principal</b>	<b>17,82</b>

## chapitre 4 : Modélisation et simulation

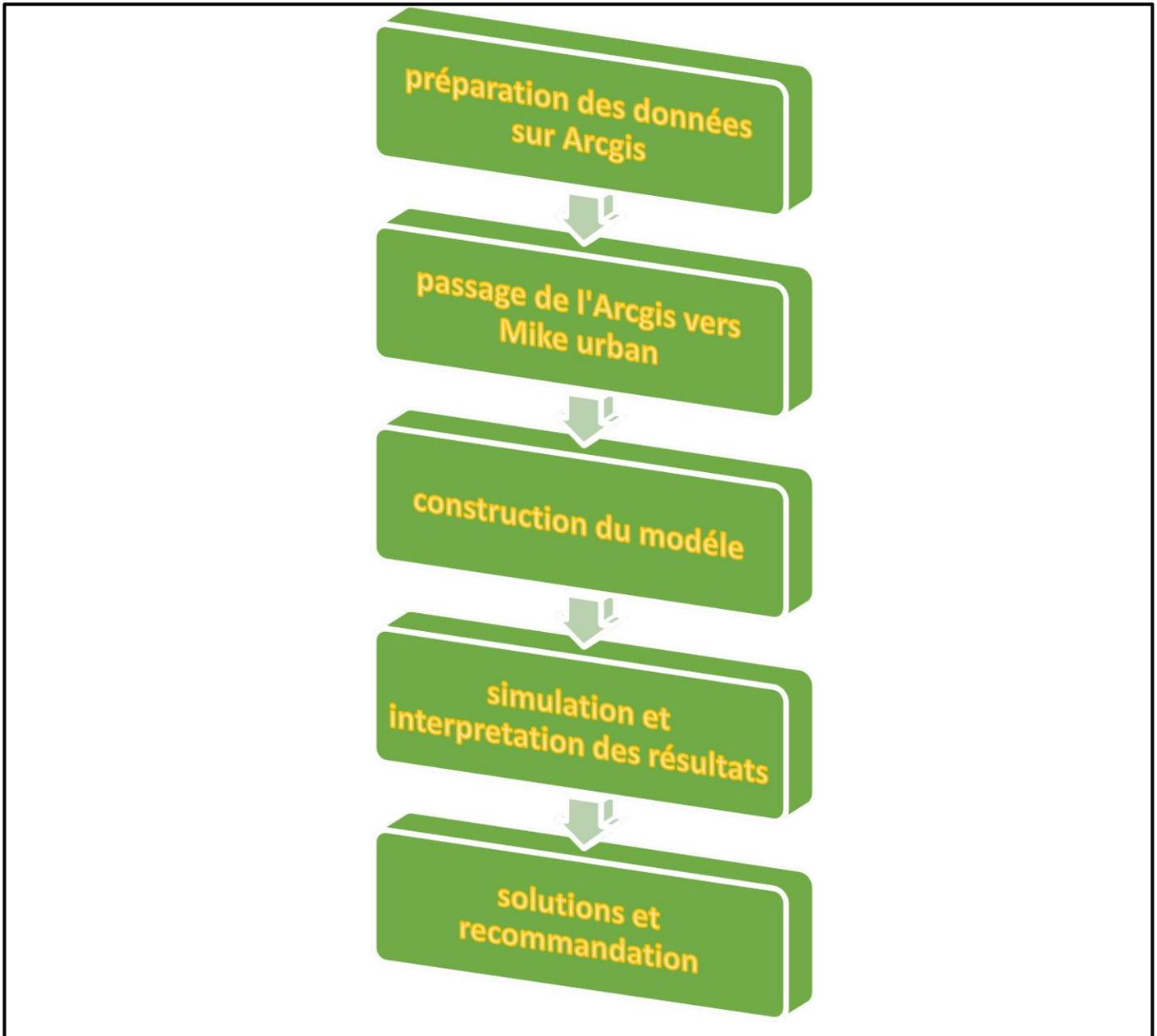
## Description de la situation du projet

Fondamentalement, il existe en pratique deux types de modélisation : celle effectuée pour un nouveau réseau, pour lequel il n'existe évidemment pas de données pour caler le modèle et celle pour un réseau existant, où les mesures peuvent être disponibles pour ajuster le modèle aux conduites réelles d'écoulement.

Dans le deuxième cas, où on doit analyser le comportement d'un réseau existant, on peut après avoir effectué une analyse de sensibilité **caler** et **valider** le modèle en le confrontant à des mesures de précipitation et de débits. Ces étapes complétées, on pourra ensuite soumettre le modèle à des conditions critiques et dégager les solutions optimales pour la réhabilitation ou l'opération renforcement du réseau.

Les données qu'on a eues de la Lydec ne sont pas complètes, le manque de certaines données nous a poussé à faire des interpolations pour les cotes radier des regards (1780 regards au total). En raison des données disponibles, qu'on a vérifiées avec nos encadrants, nous avons décidé de modéliser le collecteur Ouest, du fait qu'il a montré son insuffisance ces dernières années, ce collecteur, d'une longueur totale de 18 kilomètres, reçoit les apports d'une douzaine de collecteurs secondaires. De plus, leur modélisation s'avère la plus importante puisqu'au niveau des réseaux secondaires ou tertiaires, on ne rencontre généralement pas de problèmes de capacité hydraulique.

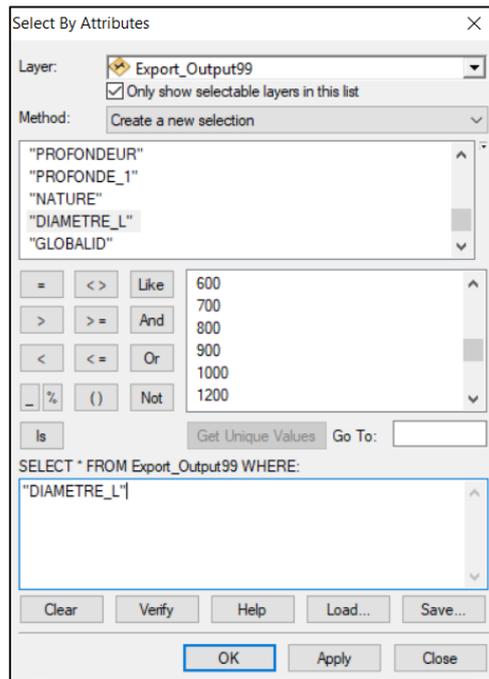
La figure ci-dessous résume la démarche qu'on va suivre pour aboutir à la modélisation de notre réseau :



*Figure 18:étapes de modélisation*

## 1. Préparation des données sur ArcGIS

La première étape de notre projet était la préparation des données sur le logiciel ArcGIS avant d'effectuer le passage vers le logiciel Mike-Urban afin de modéliser notre réseau.



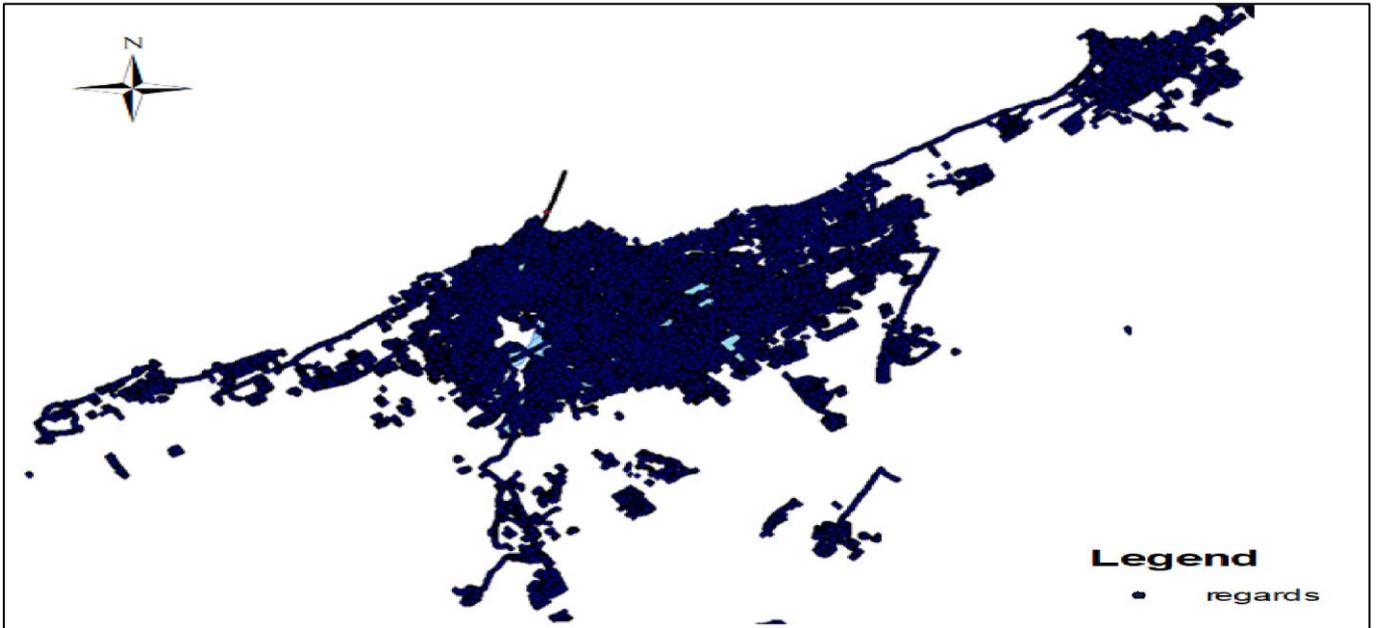
*Figure 19: Fonction SELECT sur ArcGIS*

On s'est donc servi du logiciel ArcGIS pour sélectionner notre réseau dans un premier lieu en utilisant la fonction SELECT .

Et afin de garder le réseau principal uniquement on a dû se concentrer sur les diamètres des conduites en sélectionnant :

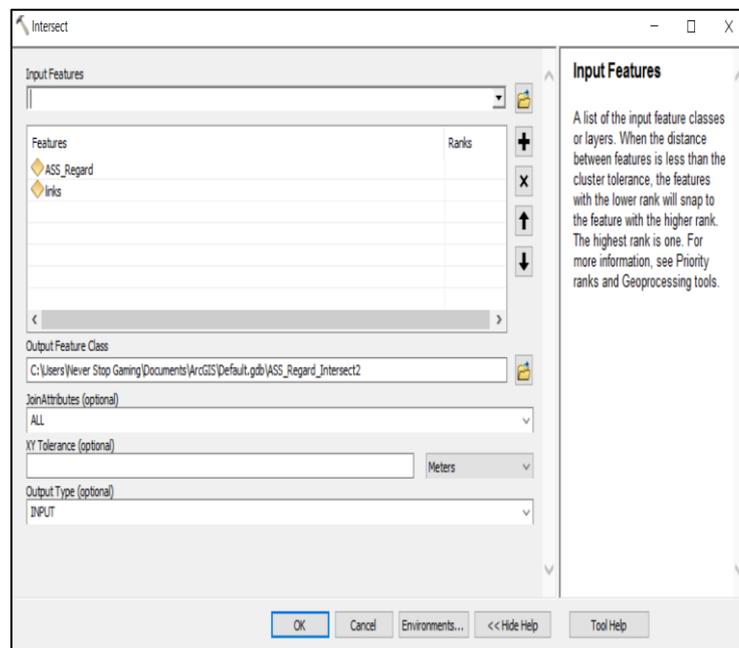
- ✓ Les sections circulaires avec un diamètre supérieur à 800mm
- ✓ Les autres sections (cadre, ovoïde, trapézoïde...)

Dans un second lieu , on a procédé à l'insertion des regards sur le Logiciel ArcGIS, comme le montre la figure suivante :



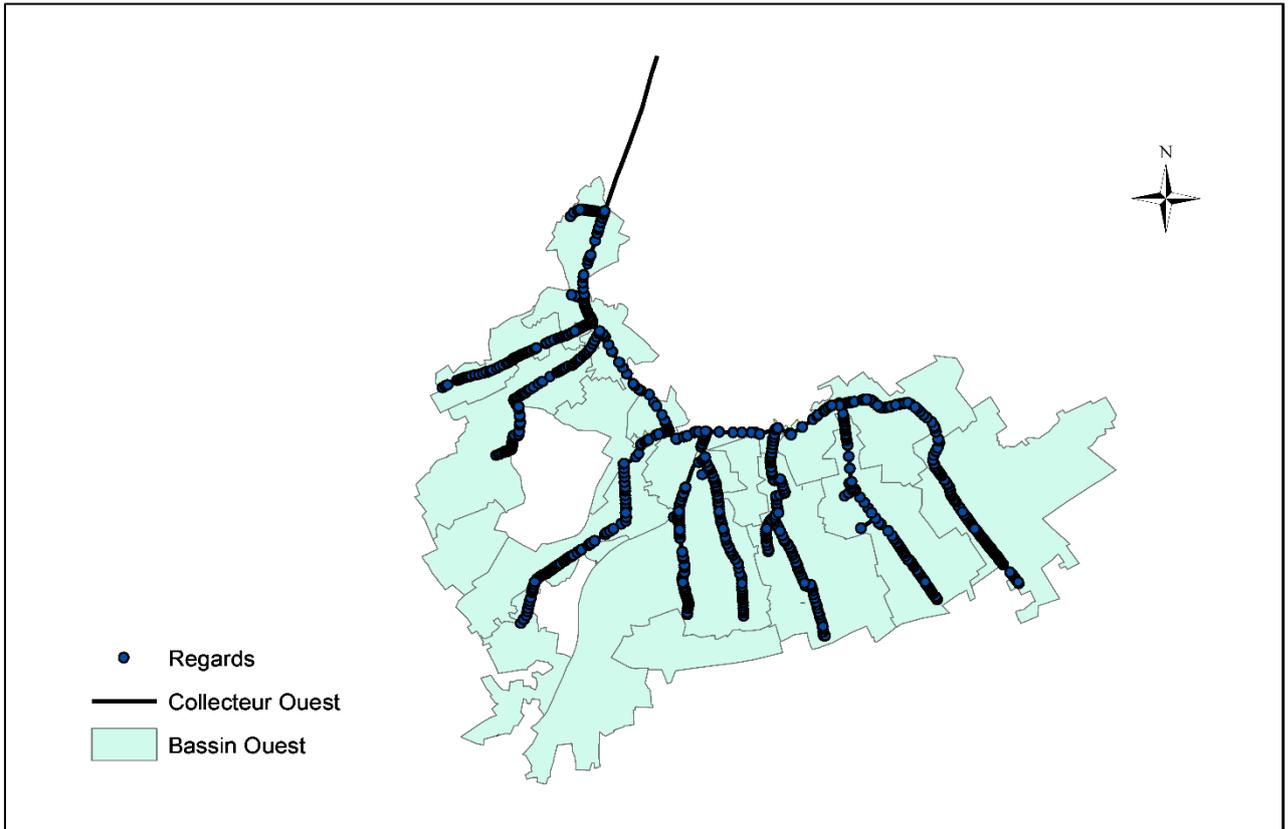
*Figure 20 : L'ensemble des regards de la ville de Casablanca*

On a ensuite eu recours à la fonction INTERSECT afin de ne garder que les regards qui sont situés sur le grand collecteur OUEST .



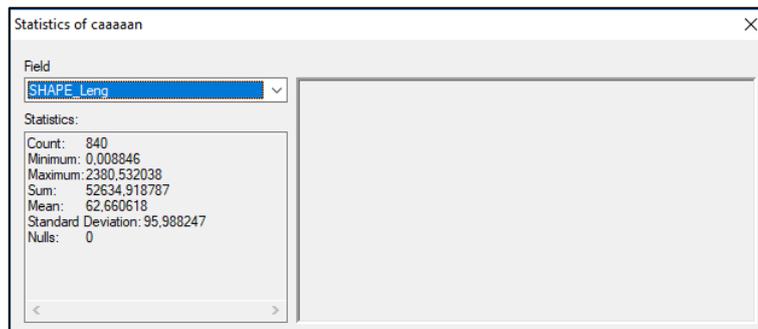
**Figure 21 : La fonction INTERSECT sur ArcGIS**

Et vu que notre étude concerne le collecteur Ouest uniquement, on a donc gardé que les collecteurs qui appartiennent à ce dernier, et on a obtenu en final le modèle suivant :



*figure 22 : Modèle obtenu sur Arcgis*

Notre Modèle alors est constitué d'un linéaire de **52,6km** de conduites, **1780** regards ainsi que **13** sous bassins versants.



*Figure 23 : Longueur du Collecteur Ouest*

Cependant , Les données qu'on a eues sur les regards ont été grossières au niveau des cotes radier Zr, cotes terrain naturel Ztn , il y en a même certains regards dont les cotes sont inconnu , on a eu recours alors à l'MNT qui nous a été offert par nos encadrants afin de déterminer la cote du regards à l'amont de chaque collecteur , et puis on s'est basé sur l'interpolation, la nature et le comportement hydraulique des réseaux de Casablanca qui est généralement gravitaire et on a appliqué une pente minimale afin de corriger les données erronées ou manquantes à l'aide de " **EDITOR TOOLBAR** " à ArcGIS .

## 2. Importation des données sur MIKE URBAN :

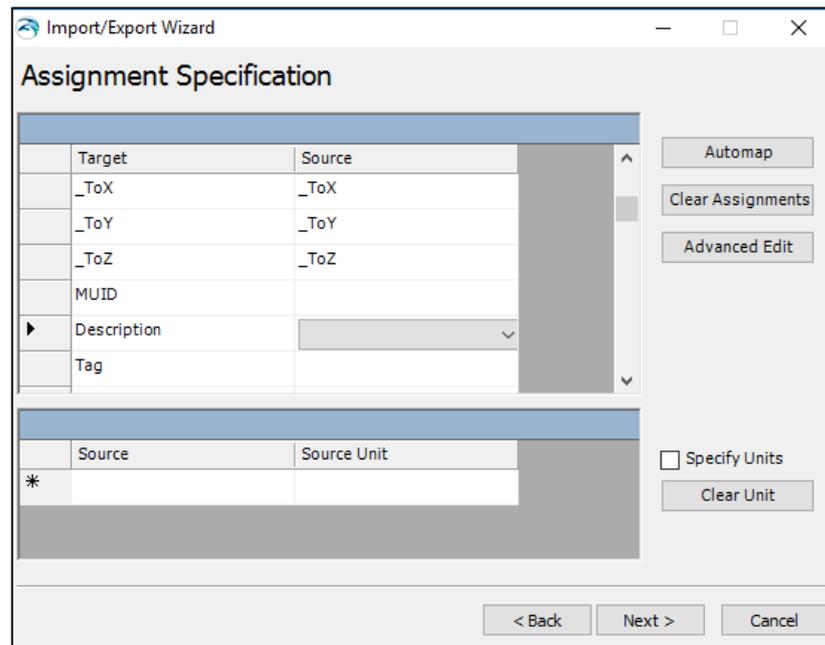
L'étape qui suit la préparation des données sur ArcGIS est l'étape du passage du logiciel ArcGIS vers le logiciel Mike Urban.

Pour importer les données du réseau ArcGIS vers MIKE URBAN il faudra commencer par créer un nouveau projet / projet existant. Et puis on choisit la fenêtre Import/Export affichée sur la figure suivante :



Figure 24: Import / Export Wizard

La fonction **AUTOMAP**, permettra d'associer les variables de noms identiques dans les deux tables ( ArcGIS et MIKE-URBAN ) Si ce n'est pas le cas, les affectations peuvent être modifiées comme le montre la figure en dessous :



*Figure 25 : Import/Export wizard , fonction AUTOMAP*

La table "TARGET" est la table associée à MIKE-URBAN alors que la table "SOURCE" correspond à ArcGIS.

Un guide détaillé de l'utilisation de la fonction IMPORT/EXPORT WIZARD se trouve en annexes.

### 3. présentation générale de l'outil MIKE URBAN

#### 3.1. Présentation du logiciel MIKE URBAN et ses fonctionnalités :

MIKE URBAN est développé par DHI Water & Environment (Institut Hydraulique Danois). Il est intégré sous SIG et permet de modéliser les écoulements dans le réseau d'assainissement des eaux pluviales et des eaux usées et le transport solide sur les bassins versants. Le logiciel était appelé MOUSE avant l'intégration de SIG dans sa dernière version. Il est utilisé dans des études de :

- Conception d'un nouveau système d'assainissement.
- Diagnostic d'un réseau existant (zones de débordement, quantification des rejets polluants vers le milieu naturel...).
- Schémas directeurs : dimensionnement et impact de nouveaux aménagements.

Les résultats des calculs sur MIKE URBAN sont donnés sous forme de graphiques, tableaux, plans ou profils en long. On peut alors constater, d'après les variations de vitesses et des débits en différents nœuds du site, les risques de débordements et de ruissellement afin

de proposer des solutions de rétention à l'amont ou renforcement à l'aval pour le réseau existant, ou optimiser les nouveaux réseaux dimensionnés. Il possède les fonctionnalités suivantes :

- un module hydrologique : Il réalise la modélisation du ruissellement de surface (MOUSE Runoff). Il s'agit d'une transformation pluie - débit par la méthode rationnelle généralisée, la méthode du réservoir linéaire ou du double réservoir linéaire. C'est-à-dire qu'à partir de données pluviométriques et des caractéristiques des différents bassins versants composant le territoire d'étude, le modèle hydrologique permet de calculer les débits générés à l'exutoire de chaque bassin d'apport pour tout épisode pluvieux. La mise en œuvre de cette phase de modélisation nécessite donc une caractérisation précise des différents bassins d'apport.
- un module hydraulique : Il réalise la simulation des écoulements dans les réseaux (MOUSE HD) par la résolution complète des équations de Barré Saint Venant (onde dynamique), ce qui permet de prendre en compte les phénomènes transitoires ou les influences aval (retour d'eau et influence du niveau d'eau aux exutoires). A partir des caractéristiques du réseau d'assainissement et des débits d'apport injectés dans le réseau (débit de temps sec, débits ruisselés issus de la modélisation hydrologique), le logiciel calcule les caractéristiques de l'écoulement (hauteur, débit, vitesse, volume) en tout point du réseau. La modélisation hydraulique s'appuie donc sur une description fine de la structure du réseau, et de tous les types de singularités rencontrées en réseau d'assainissement : sections quelconques, chute, siphon, pompe, vanne, déversoir, pertes de charge singulières...
- un module qualité (MOUSE TRAP) : Ce module permet de modéliser le transport de sédiments et la qualité de l'eau dans les réseaux d'assainissement. Il permet d'étudier l'évolution dans le temps des paramètres suivants : MES, sédiments charriés, oxygène dissous, DBO, DCO, nitrate, NH<sub>4</sub>, phosphore, métaux lourds et température.

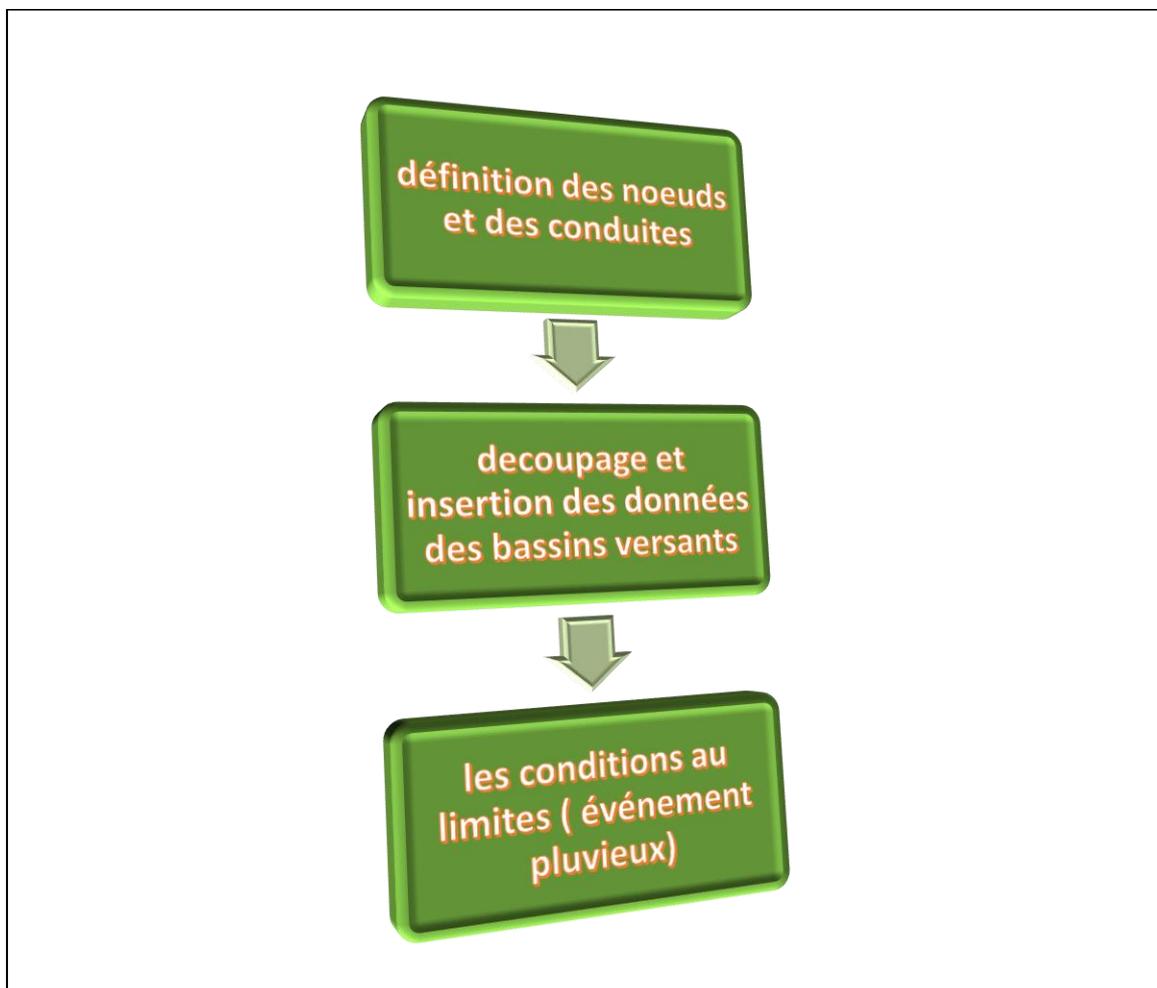
### 3.2. Les étapes de l'analyse sur MIKE URBAN :

L'analyse en utilisant MIKE URBAN se base sur 3 étapes :

- Description de réseau et le sens de l'écoulement.
- Calcul des apports des bassins versants (modélisation hydrologique).
- Calcul des écoulements dans les conduites (modélisation hydraulique).
- Analyse des résultats et propositions des solutions et rectifications du réseau et ouvrages proposées.
- Propositions des solutions au problème de dysfonctionnement.
- Vérification de l'efficacité des solutions.

### 3.3. Construction du Modèle sous MIKE URBAN

On va alors suivre trois étapes principales afin de construire notre modèle sur MIKE URBAN :



Le collecteur ouest principal est l'intercepteur principal qui permet de collecter tous les apports drainés par les six autres collecteurs projetés.

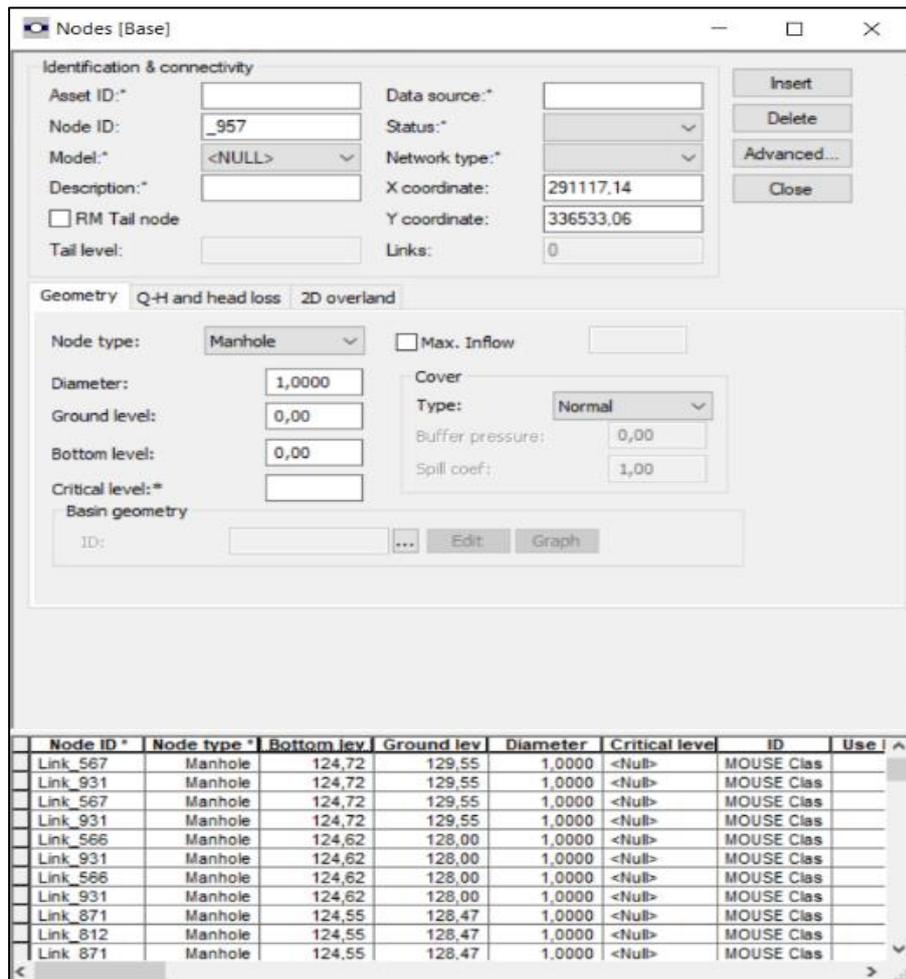
La longueur de chaque collecteur est déjà précisé dans le tableau 10.

### 3.3.1. Conception physique du réseau

Pour la conception du réseau, on va entrer les données relatives aux différents nœuds, regards et bassins, pour obtenir un modèle cohérent et complet.

#### Les nœuds et structures :

L'éditeur « Nœuds et structures » permet de définir les éléments utilisés pour modéliser les regards, exutoires et les nœuds de stockage.



Node ID *	Node type *	Bottom lev	Ground lev	Diameter	Critical level	ID	Use
Link_567	Manhole	124,72	129,55	1,0000	<Null>	MOUSE Clas	
Link_931	Manhole	124,72	129,55	1,0000	<Null>	MOUSE Clas	
Link_567	Manhole	124,72	129,55	1,0000	<Null>	MOUSE Clas	
Link_931	Manhole	124,72	129,55	1,0000	<Null>	MOUSE Clas	
Link_566	Manhole	124,62	128,00	1,0000	<Null>	MOUSE Clas	
Link_931	Manhole	124,62	128,00	1,0000	<Null>	MOUSE Clas	
Link_566	Manhole	124,62	128,00	1,0000	<Null>	MOUSE Clas	
Link_931	Manhole	124,62	128,00	1,0000	<Null>	MOUSE Clas	
Link_871	Manhole	124,55	128,47	1,0000	<Null>	MOUSE Clas	
Link_812	Manhole	124,55	128,47	1,0000	<Null>	MOUSE Clas	
Link_871	Manhole	124,55	128,47	1,0000	<Null>	MOUSE Clas	

Figure 26 Paramètres des regards (jonctions) en Mouse

MOUSE distingue trois types de nœuds: les regards circulaires, exutoires et les nœuds de stockage. La même boîte de dialogue est utilisée pour les trois catégories de nœuds, mais les adapte en fonction du type de nœud sélectionné. Chaque nœud est déterminée géographiquement par les coordonnées « x » et « Y ».

En variante, il est possible de spécifier un nœud fermé / bloqué (type de couverture égale à « fermé »), à savoir un nœud d'un couvercle fixé sur le dessus - au niveau du sol - si l'eau ne peut pas s'échapper même si la pression augmente encore à l'intérieur.

Les paramètres qu'on entre pour les regards donc sont :

- Les coordonnées X, Y ;
- La cote radier ;
- La profondeur par rapport au terrain naturel.
- Le diamètre du regards ( on a considéré un diamètre de 1m pour tous les regards )

Pour les exutoires, on les spécifient dans Mike Urban-Mouse en choisissant le type "Outlet" dans "NODE TYPE" dans la boîte de dialogue des nœuds et structures , on doit spécifier les mêmes paramètres pour une exutoire que pour les autres types de regards .

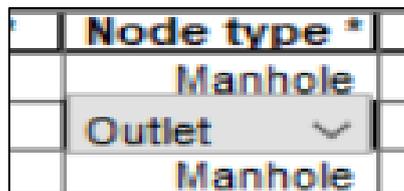


Figure 27: type du noeud

### Les conduites :

L'éditeur « pipes and canals » permet de définir les éléments utilisés pour modéliser les Les conduites.

Les paramètres requis pour les conduites sont :

- La forme ;
- Le diamètre ;
- La longueur ;
- La rugosité ;
- La largeur ;
- Le décalage par rapport à l'amont ou bien par rapport à l'aval (généralement y'a pas de décalage sauf pour les conduites à l'amont du bassin de rétention).

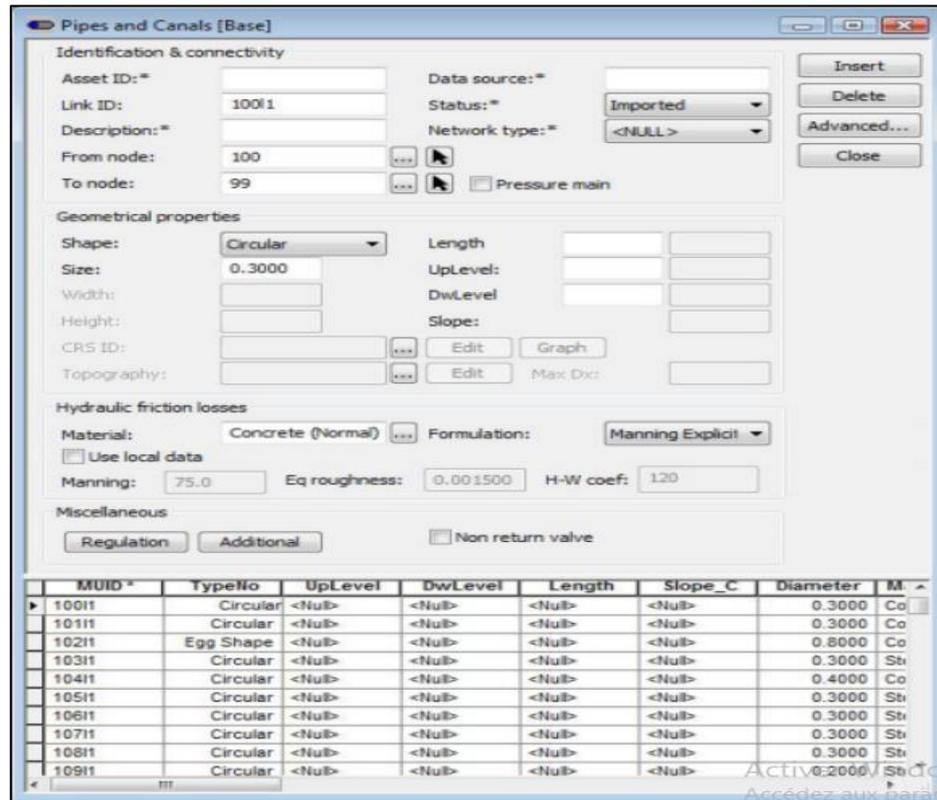


Figure 28: L'éditeur des conduites dans Mike

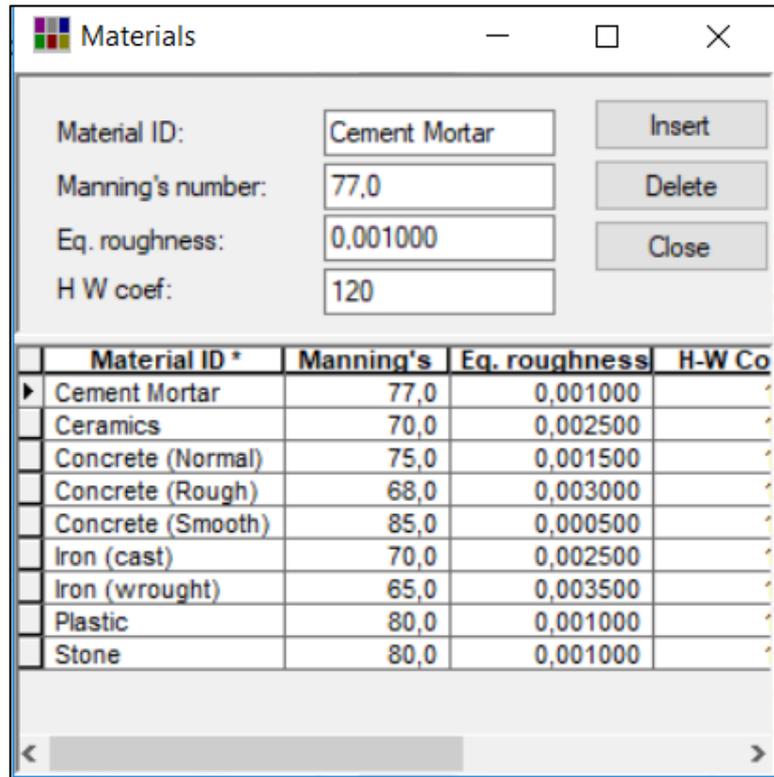
Selon le type sélectionné, une conduite peut prendre soit une forme circulaire, ovoïde ; cadre ou rectangulaire. Chaque tronçons et supposé lié deux nœuds avec deux cotes radiers différentes et Les niveaux de fond de nœuds respectifs sont affichés dans les zones grises du champs « UpLevel » et «DwLevel » .

La spécification des nœuds comme « en amont » et « en aval » ( From node , to node ) n'a pas d'incidence sur les calculs, à l'exception que l'écoulement est considéré comme positif à partir de l'amont vers l'aval. Par conséquent, il est recommandé de spécifier l'amont et l'aval dans la direction des flux prédominants.

Chaque conduite est caractérisée par un matériau, qui détermine :

- ✓ le coefficient de frottement Manning (Manning) ,
- ✓ le coefficient Colebrook blanc (rugosité équivalente)
- ✓ le coefficient Hazen-Williams

La spécification des différents types de matériaux et les coefficients de rugosité se fait alors à travers L'éditeur des matériaux dans la rubrique << Mouse / Materials >> comme le montre la figure :



*Figure 29 : L'éditeur de matériaux dans Mike*

### 3.3.2. Modélisation pluie-débit avec mouse :

Mouse fournit un ensemble d'outils polyvalents et des modèles informatiques visant à modéliser le ruissellement pluvial de surface ; En conséquence, on peut préparer rapidement un modèle de précipitation-ruissellement.

La modélisation de l'écoulement met en prise alors les éléments suivants:

- Les bassins versants .
- La définition de la connexion du bassin versant, à savoir la spécification du point d'entrée de ruissellement dans le réseau.
- Définition des modèles hydrologiques.
- Précipitation (éventuellement, de la température et de l'évapotranspiration).
- Calculs des eaux de ruissellement.

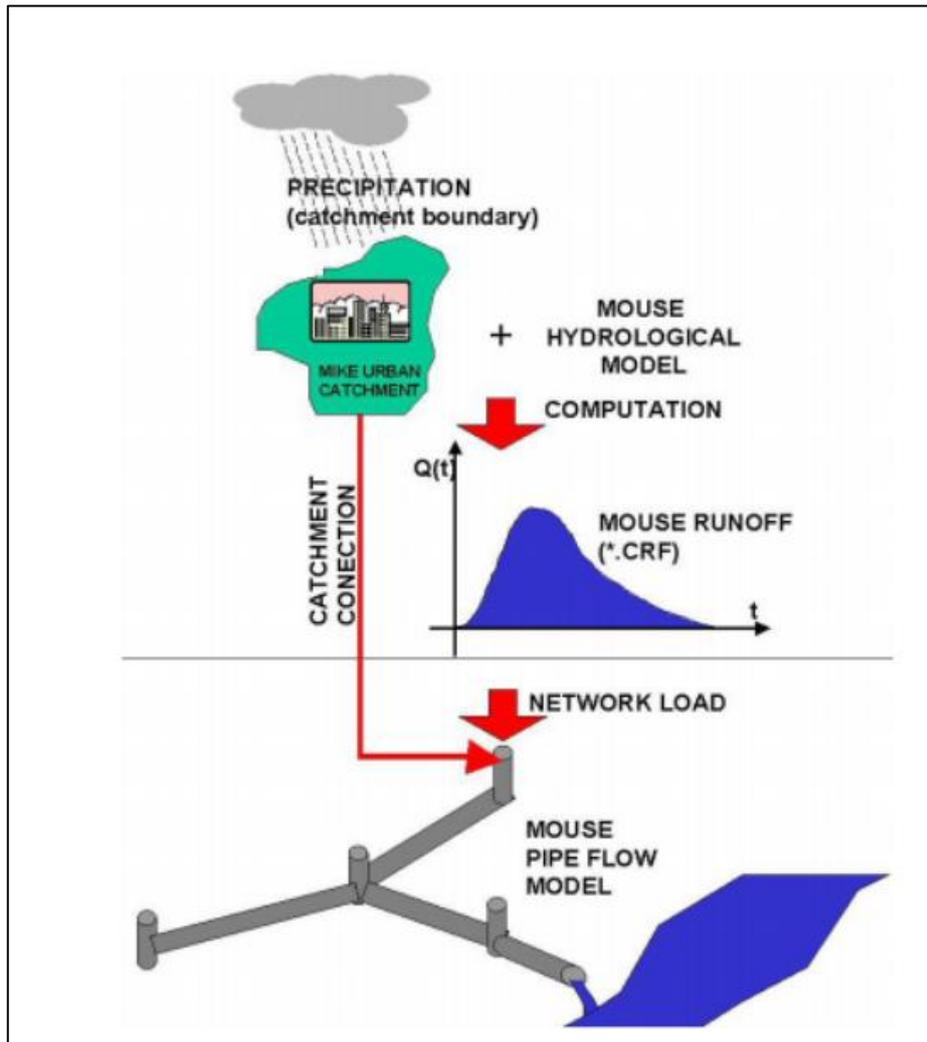


Figure 30 : la modélisation hydrologique

### 3.3.3. Caractéristiques des bassins versant :

Les informations relatives aux bassins versants regroupent toutes les propriétés physiques et hydrologiques caractéristiques de la zone géographique délimitée. Ces paramètres spécifiques sont les suivants :

- ✓ Nœud d'injection ;
- ✓ Surface totale pour les bassins ;
- ✓ Coordonnées du point d'injection dans le réseau ;
- ✓ Longueur caractéristique ;
- ✓ Pente ;
- ✓ Coefficient d'imperméabilisation ;
- ✓ Plus grande longueur hydraulique ;
- ✓ Temps de concentration.

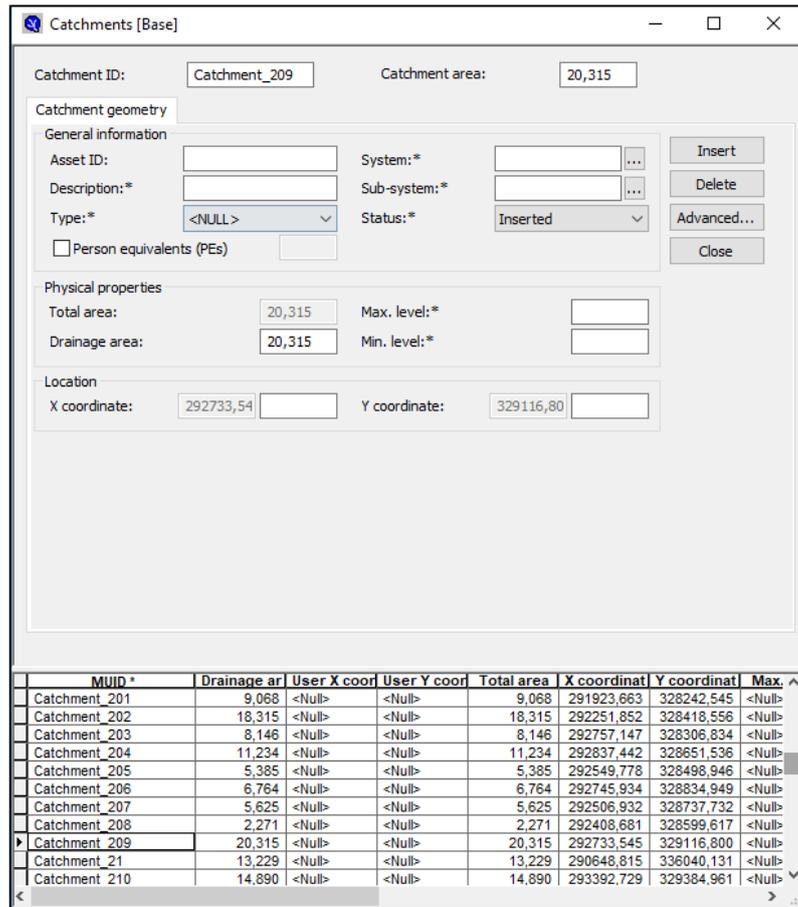
Pour le coefficient d'imperméabilisation de chaque bassin, on a considéré un pourcentage d'imperméabilisation de **90%** vu qu'on modélise un réseau qui se trouve dans un milieu urbain bâti où l'habitat est très dense.

En effet les types d'occupation des sols associés à leurs coefficients d'imperméabilisation moyenne sont présentés dans le tableau ci-après :

*Tableau 10: Exemples de coefficient d'imperméabilisation suivant le type d'occupation de sol*

<b>Types d'occupation des sols</b>	<b>Coefficient d'imperméabilisation</b>
Asphalte	90 %
Bâti (habitat très dense)	95 %
Voirie	90 %
Habitat dense	60 à 70 %
Jardin	10 %
Parcelle	10 %

Le moteur MOUSE nous oblige à établir une connexion du bassin versant, à savoir la spécification du point d'entrée de ruissellement dans le réseau dans un seul nœud, donc les résultats ne seront pas précis au cas où on associe le point d'entrée de ruissellement d'un bassin d'une superficie énorme à un seul nœud, on a alors procédé au découpage des 13 bassins versants en 310 sous bassins versant grâce à l'éditeur de création des "CATCHMENT" dans MIKE-URBAN.



MUID *	Drainage ar	User X coord	User Y coord	Total area	X coordinat	Y coordinat	Max.
Catchment_201	9,068	<Null>	<Null>	9,068	291923,663	328242,545	<Null>
Catchment_202	18,315	<Null>	<Null>	18,315	292251,852	328418,556	<Null>
Catchment_203	8,146	<Null>	<Null>	8,146	292757,147	328306,834	<Null>
Catchment_204	11,234	<Null>	<Null>	11,234	292837,442	328651,536	<Null>
Catchment_205	5,385	<Null>	<Null>	5,385	292549,778	328498,946	<Null>
Catchment_206	6,764	<Null>	<Null>	6,764	292745,934	328834,949	<Null>
Catchment_207	5,625	<Null>	<Null>	5,625	292506,932	328737,732	<Null>
Catchment_208	2,271	<Null>	<Null>	2,271	292408,681	328599,617	<Null>
Catchment_209	20,315	<Null>	<Null>	20,315	292733,545	329116,800	<Null>
Catchment_21	13,229	<Null>	<Null>	13,229	290648,815	336040,131	<Null>
Catchment_210	14,890	<Null>	<Null>	14,890	293392,729	329384,961	<Null>

Figure 31 : L'éditeur des bassins versants

Alors afin de transférer ces eaux de ruissellement générées sur les surfaces de bassins dans le réseau de collecte, le modèle MIKE URBAN MOUSE doit inclure les informations relatives à la connexion de la sortie du bassin au réseau de collecte. Un ou plusieurs bassins peuvent être connectés à un seul nœud précisé dans la rubrique << Connection to node >> .

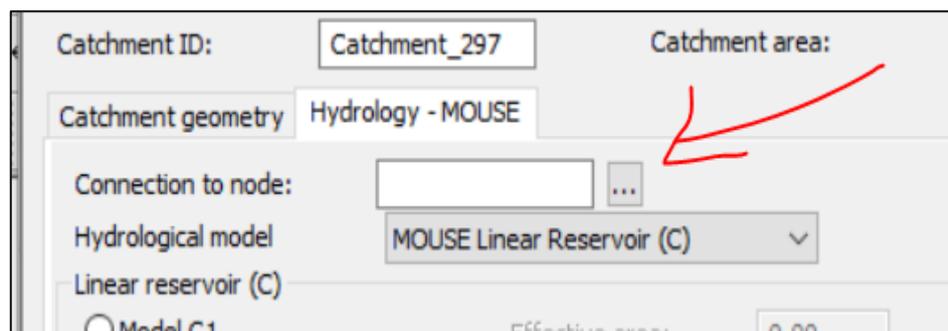
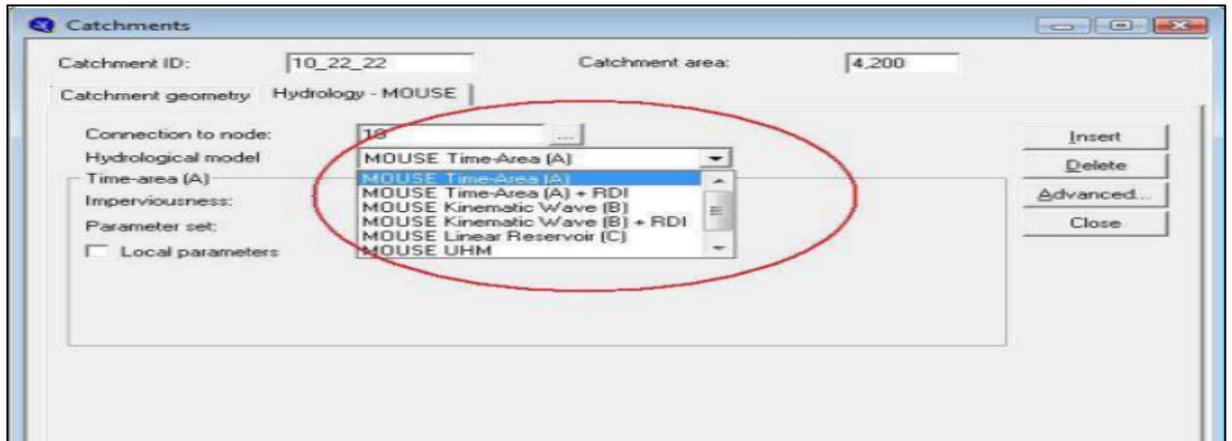


Figure 32 : Etablir la connexion de chaque bassin versant

### 3.3.4. Création de modèles hydrologiques pour un bassin versant :

L'éditeur de données concernant les bassins versants de MIKE URBAN ne comprennent pas les informations relatives à la modélisation hydrologique. Ces informations sont stockées dans des tables séparées - une table pour chaque modèle. MIKE URBAN maintient les tables modèles hydrologiques automatiquement et par suite peut ajouter des données hydrologiques pour chacun des bassins dans la rubrique spécifiée comme le montre la figure suivante :



**Figure 33 : Figure : création du modèle hydrologique**

MIKE URBAN MOUSE comprend une série de modèles d'écoulement de surface. Les modèles de ruissellement de surface disponibles sont les suivantes :

- Time-Area Method (A)
- Kinematic Wave (B)
- Linear Reservoir (C1 and C2)
- Unit Hydrograph Method (UHM)

Lors de notre travail , on a opté pour le modelé réservoir linéaire (C1 et C2) vu la disponibilité de données concernant ce modèle ( pente des bassins , imperméabilité des sols et la longueur du bassins).

Le réservoir linéaire (modèle de Mouse C) est un modèle d'écoulement de surface avec les exigences de données de minimum. Le calcul de l'écoulement est basée sur un traitement dations détaillées des pertes hydrologiques (y compris l'infiltration) et l'acheminement des eaux de ruissellement par le principe du réservoir linéaire.

Le modèle C est le modèle le plus couramment employé pour la simulation des ruissellements en milieu urbain.

Ce modèle se caractérise par les paramètres suivants :

- Pertes initiales : hauteur minimale de pluie pour que le ruissellement débute, soit 0,6 mm par défaut.
- Coefficient d'imperméabilisation, pris égal au coefficient de ruissellement.
- Coefficient de réduction, tenant compte des pertes par stockage dans les dépressions

des surfaces imperméabilisées ;

- Temps de réponse, ou lag time : cette grandeur représente le décalage temporel entre l'hydrogramme de pluie et la réponse du bassin versant.

### 3.3.5. Les conditions aux limites :

En zone urbaine, les pluies générant les débits les plus dévastateurs sont le plus souvent de type orageux, c'est-à-dire de courte durée (inférieure à 4 h) et de forte intensité. Il s'agit d'une pluie de projet « fictive » définie par un hectogramme synthétique, statistiquement équivalent aux pluies réelles. Elle est en particulier, composée de deux périodes pluvieuses de faible intensité et d'une période intense. Cet hectogramme offre une bonne représentativité de la structure réelle des précipitations orageuses. La détermination des paramètres « durée » et « hauteur » de cette pluie de projet est en fonction des coefficients de Montana déterminés pour la région considérée et pour la période de retour choisie.

Des courbes Intensités-Durées-Fréquences, fondées sur un modèle probabiliste de l'intensité maximale de la pluie observée en un point, ont été calculées à Casablanca. Le tableau ci-après fournit les valeurs des coefficients obtenus pour les périodes de retour 100ans, 50ans , 20ans , 10ans et 5ans.

	Période de retour				
	100 ans	50 ans	20 ans	10 ans	5 ans
<b>a</b>	<b>7,7820</b>	<b>6,9970</b>	<b>5,948</b>	<b>5,14</b>	<b>4,2900</b>
<b>b</b>	<b>-0,6430</b>	<b>-0,6420</b>	<b>-0,642</b>	<b>-0,641</b>	<b>-0,6410</b>
	<b><u>Coefficients de Montana - Courbe IDF Météo Nationale</u></b>				

On prend alors les durées correspondantes à une période de retour de 10ans, c'est-à-dire :  
**a=5.14 et b=-0.641**

La durée de pluie la plus critique doit être utilisée ; elle est déterminée suite à des essais successifs. La pluie de projet retenue est établie sur la base :

- ✓ D'une période intense de 30 minutes, durée relativement courte qui permet de simuler des précipitations orageuses convectives, type d'événement pluvieux le plus souvent incriminé en cas de dysfonctionnements sur les réseaux ;
- ✓ D'une durée de 4 heures, ce qui est approprié au domaine d'application de la formule de Montana mais également à l'évaluation d'un débit de pointe qui tend à dimensionner les réseaux pluviaux dans un bon compromis technico- économique.

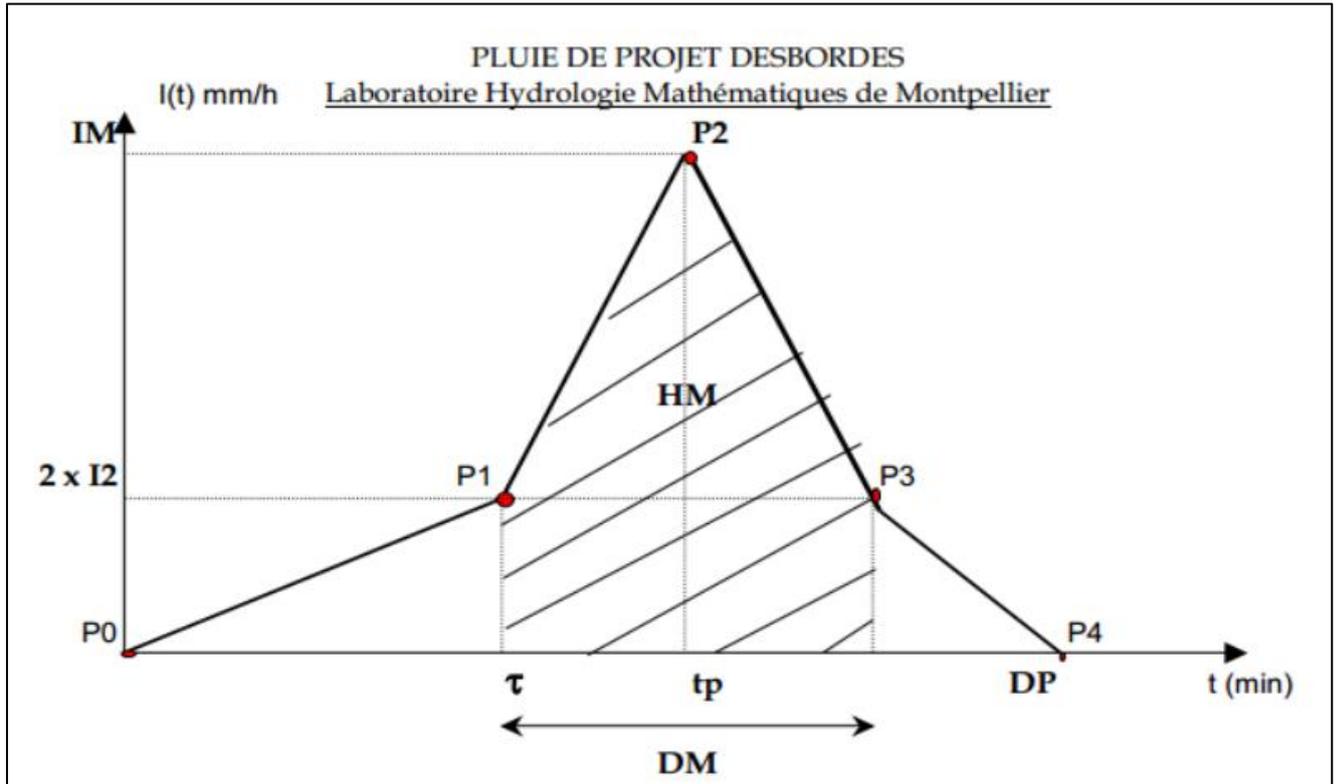


Figure 34 : Pluie de projet DESBORDES

Les propriétés de l'élément de séries temporelles peuvent être définies dans la boîte de dialogue comme montre la figure :

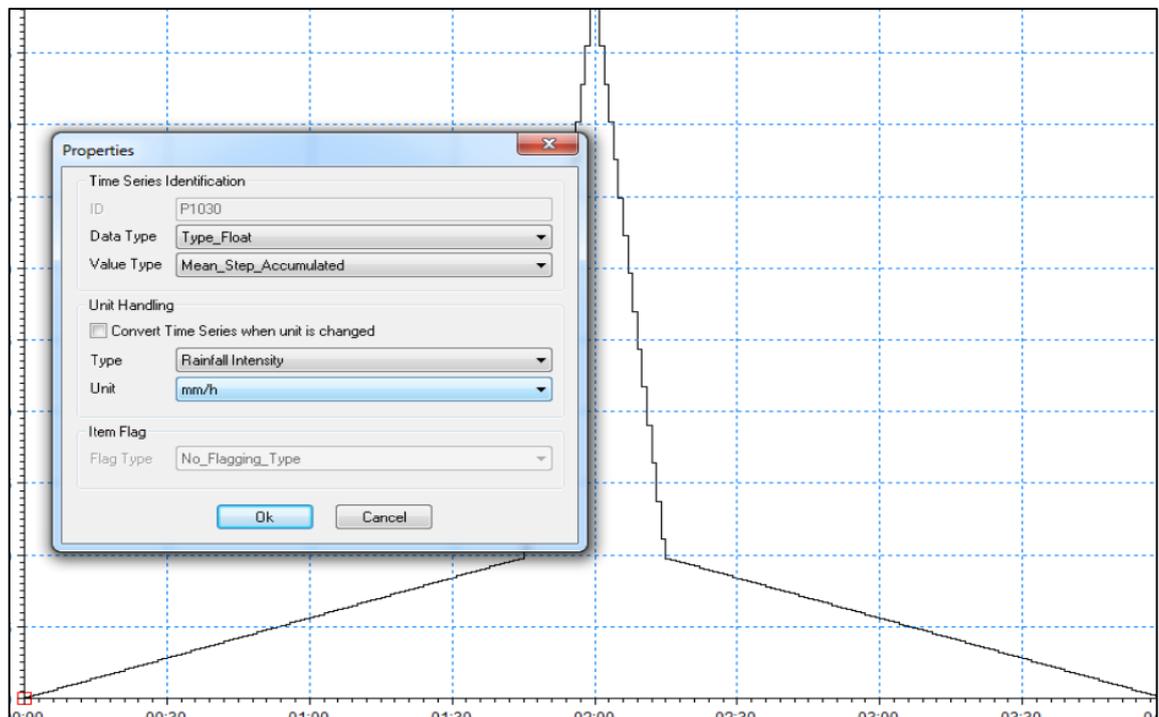


Figure 35 : les propriétés des séries temporelles

Les Paramètres de la pluie de projet décennale retenue alors sont comme le montre le tableau suivant :

*Figure 36 : Paramètres de la pluie de projet décennale retenue*

<b>période de retour</b>	<b>10ans</b>
<b>Durée totale pluie :</b>	<b>4heures</b>
<b>Durée période intense :</b>	<b>30min</b>
<b>Intensité max.</b>	<b>51mm/h</b>

Le hyétogramme décennal de projet est présenté sur la figure ci-après. hyétogramme est caractérisé par une intensité maximale de 51mm/h , le pas du temps est défini sur 1minute :

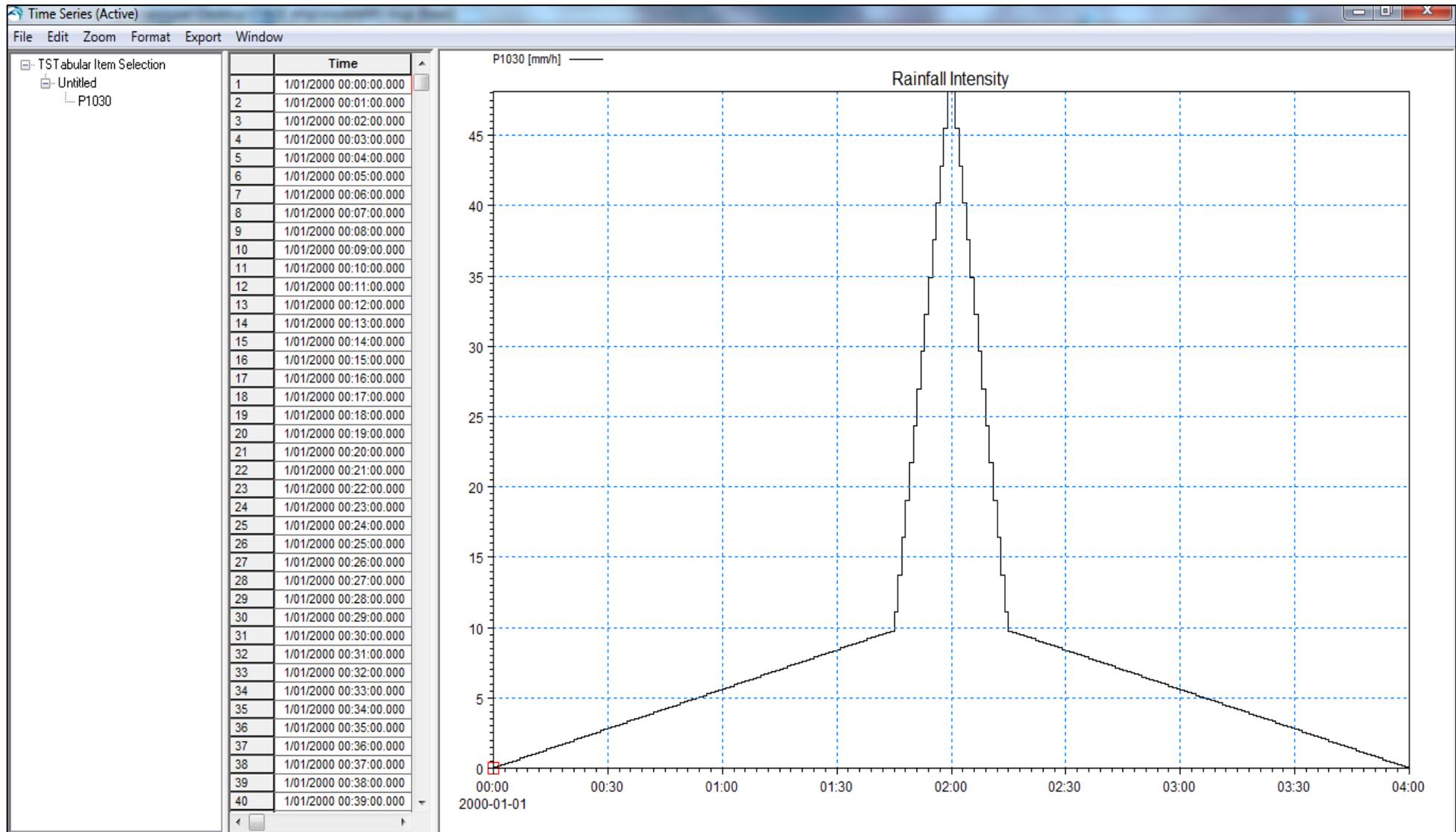


Figure 37: Le hyétogramme décennal de projet modélisé

Alors après avoir suivi les tapes de construction de notre modèle : L'insertion des données des nœuds, conduites , bassins versants  
Ainsi que le modèle hydrologique , on obtient le modèle sur la figure suivante :

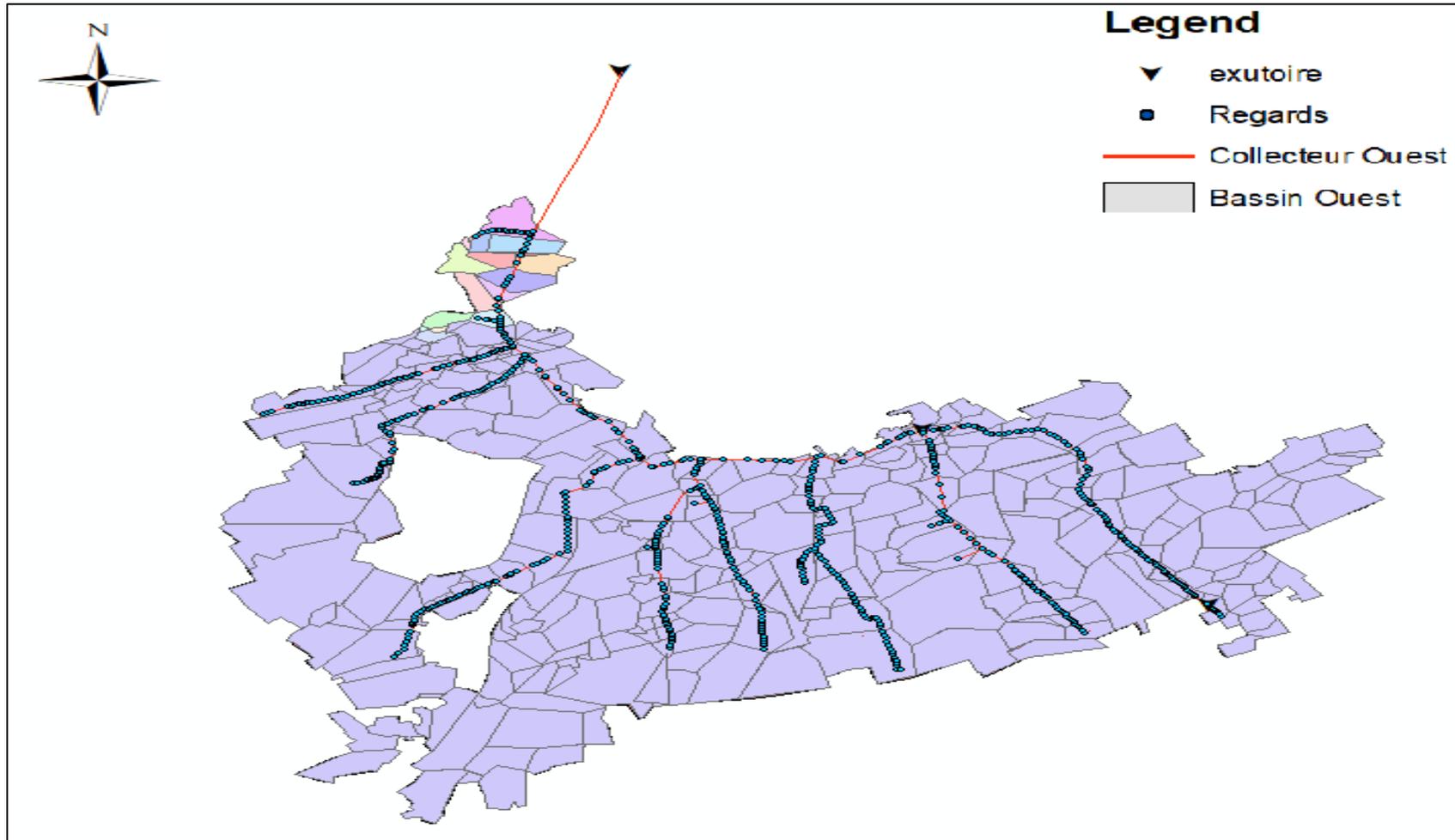


Figure 38: modèle obtenu sur Mike Urban

### 3.4. Analyse et interprétation des résultats :

Après avoir construit le modèle, (Conduites , regards , exutoire , bassin versant et aussi l'évènement pluvieux ) nous avons tourné le modèle.

Le logiciel Mike Urban / MOUSE nous donne la possibilité de choisir le type de résultats à visualiser grâce à l'extension Mike-View (comme le montre le figure en dessous) ,à savoir :

- Le niveau d'eau dans les conduites / regards
- Le taux de remplissage des conduites / regards
- La pression dans les conduites / regards
- La vitesse de l'écoulement dans les conduites
- Les débits transitant dans les conduites
- Les profils en long

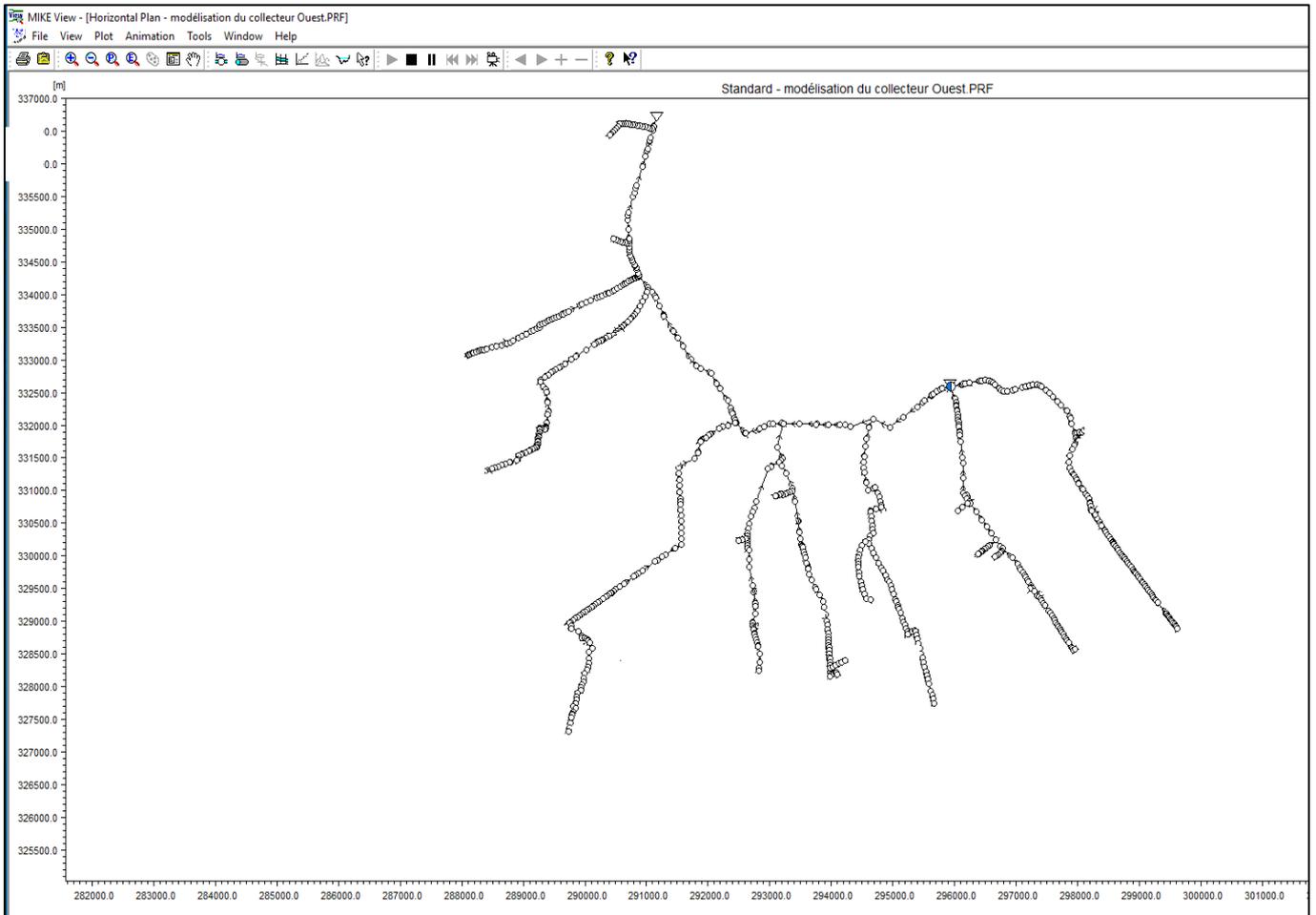
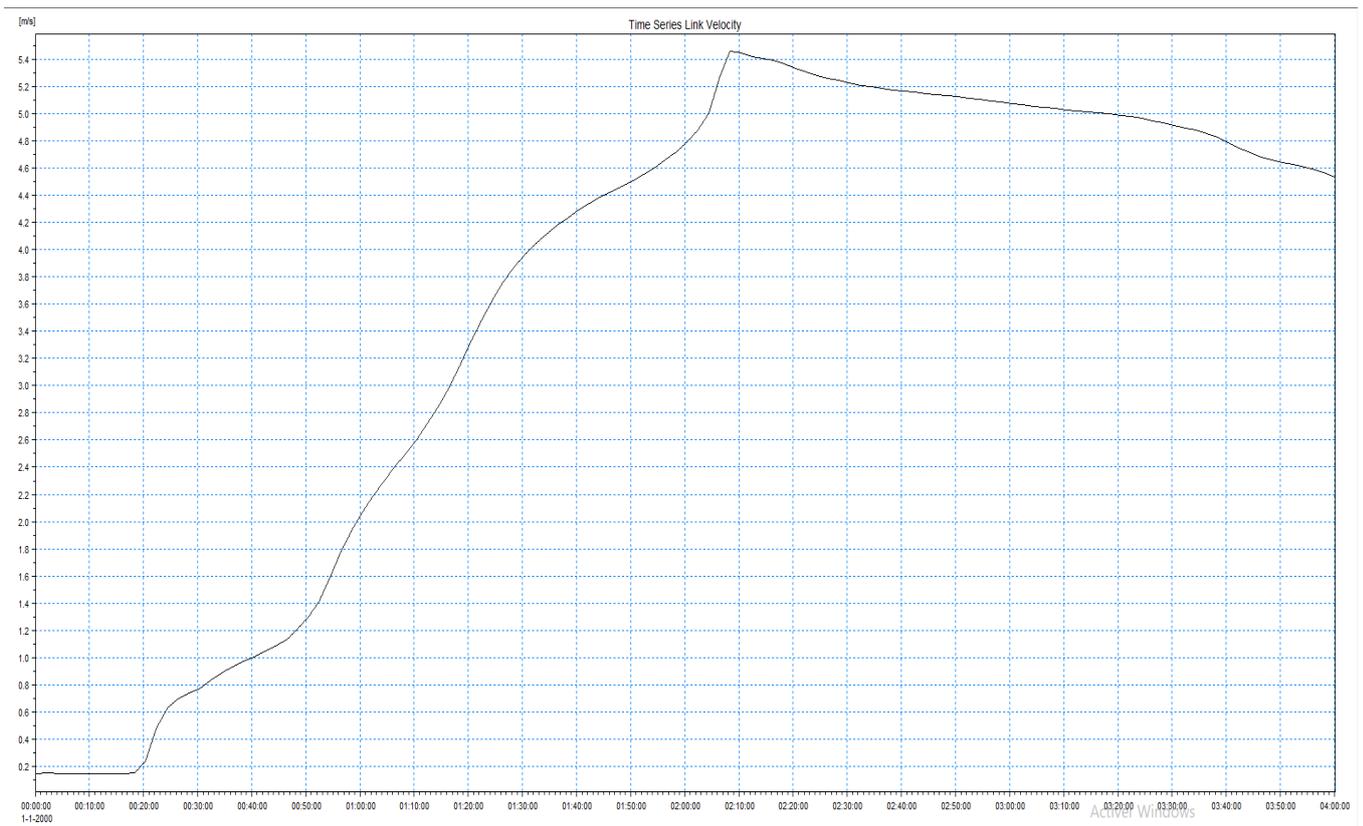


Figure 39:Insertion du modèle sur Mike-View

La performance hydraulique d'un réseau se traduit par la capacité à remplir le rôle primordial d'évacuation et de transport des eaux.

### Vérification des vitesses :

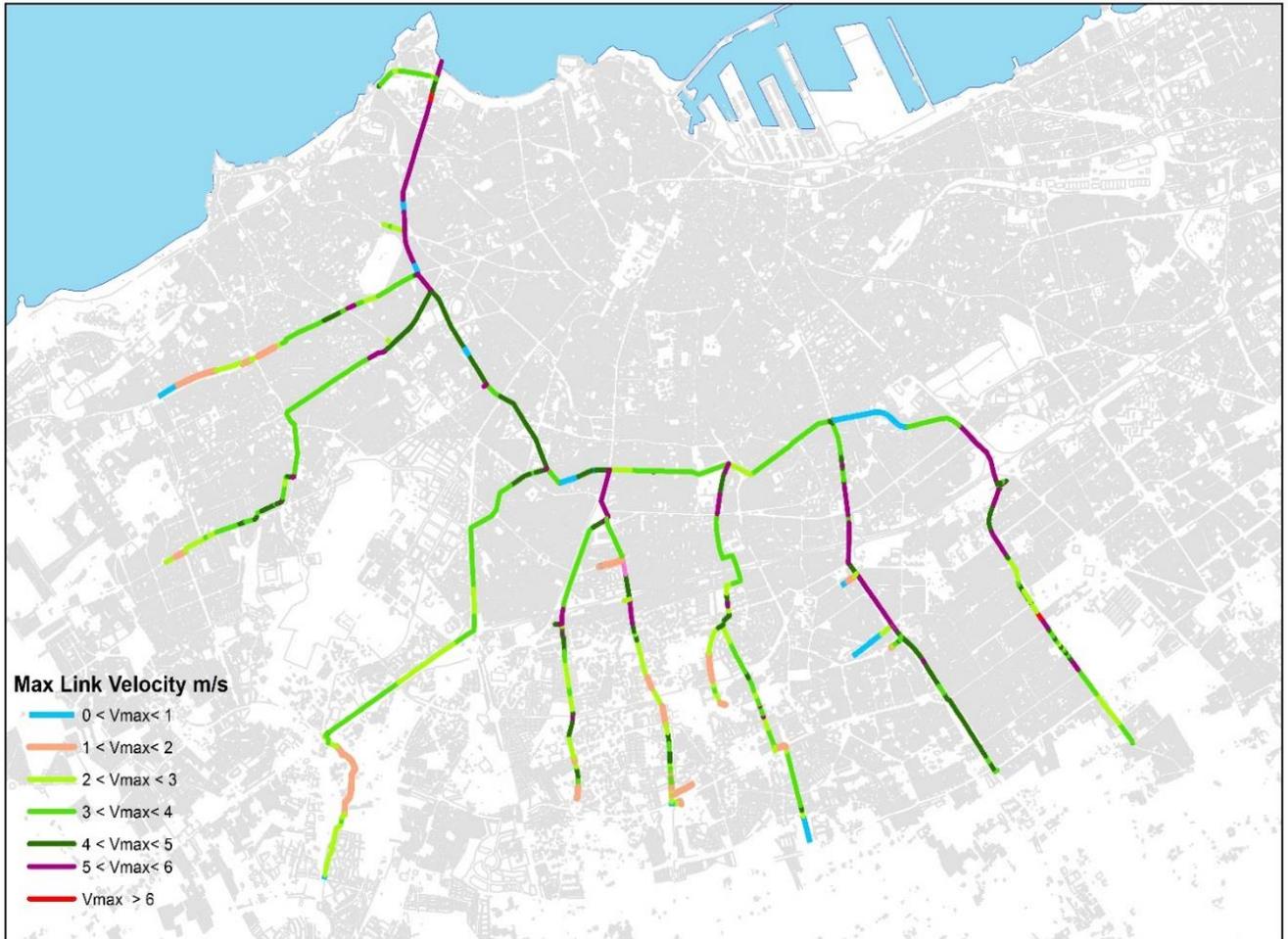
La modélisation avec Mike-Urban – Mouse nous a permis de visualiser la vitesse de l'écoulement dans chaque tronçons soit à travers les résultats obtenus sous format de Shape file , ou bien les résultats visualisés sur Mike-View comme le montre la figure suivante :



**Figure 40: vitesse de l'écoulement à l'exutoire**

La figure ci-dessus nous donne alors une idée sur la vitesse de l'écoulement à l'aval de notre modèle on remarque alors une vitesse maximale de 5.45m/s .

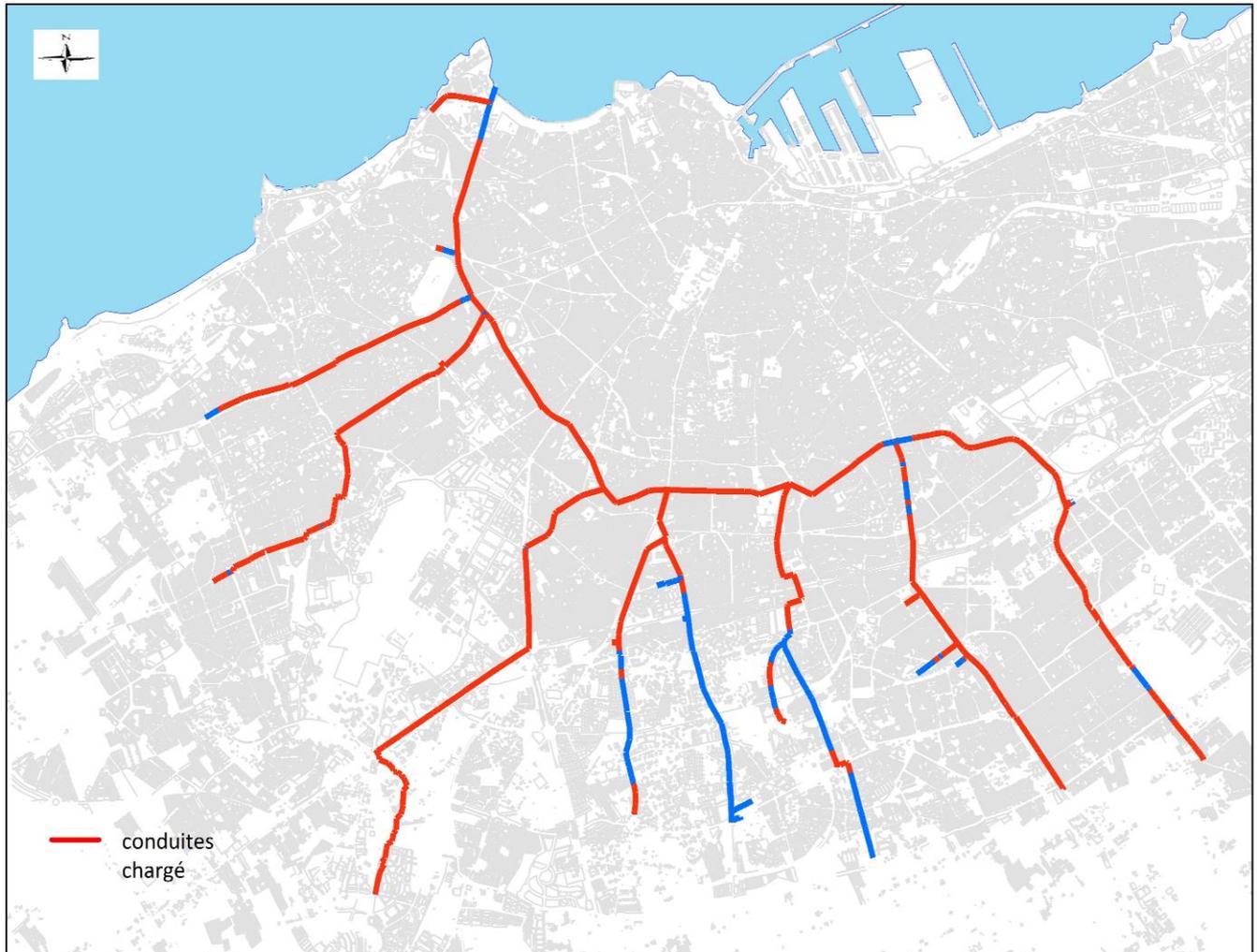
Afin de mieux comprendre notre modèle on a eu recours à la réalisation d'une carte thématique présentant la vitesse de l'écoulement dans tout notre modèle :



*Figure 41: la vitesse de l'écoulement dans le collecteur Ouest*

On remarque que la vitesse de l'écoulement atteint son maximum dans la partie aval de notre modèle, c'est-à-dire la branche assurant l'évacuation des eaux vers La mer, elle atteint aussi des valeurs important au niveau du collecteur Randet et du collecteur Joulane Mabrouka où les vitesse dépassent 4m/s, Il est remarqué aussi qu'à l'aval de chaque tronçon la vitesse de l'écoulement tend à augmenter et dépasse les 5m/s. Ces vitesses élevées peuvent causer l'abrasion des tuyaux.

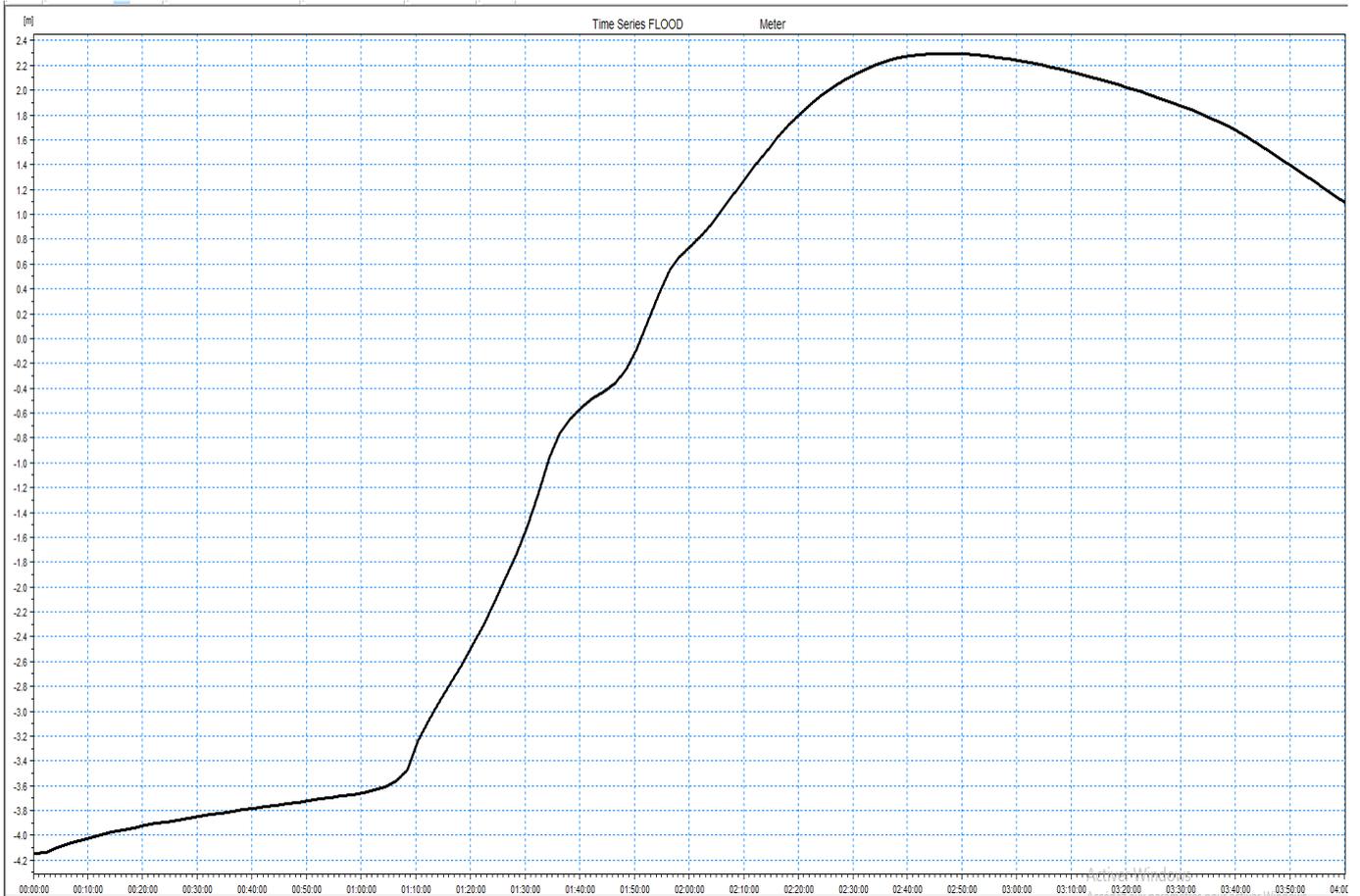
Au niveau de la mise en charge des conduites, nous remarquons à travers la carte thématique qu'on a établi en se basant sur le modèle Mike Urban, que notre réseau (Collecteur Ouest) risque d'être en charge dans la majorité des collecteurs, à noter 3 exceptions, la partie aval du réseau, le collecteur Sidi Maarouf – Bouskoura, et le collecteur Randet.



*Figure 42: tronçons en charge*

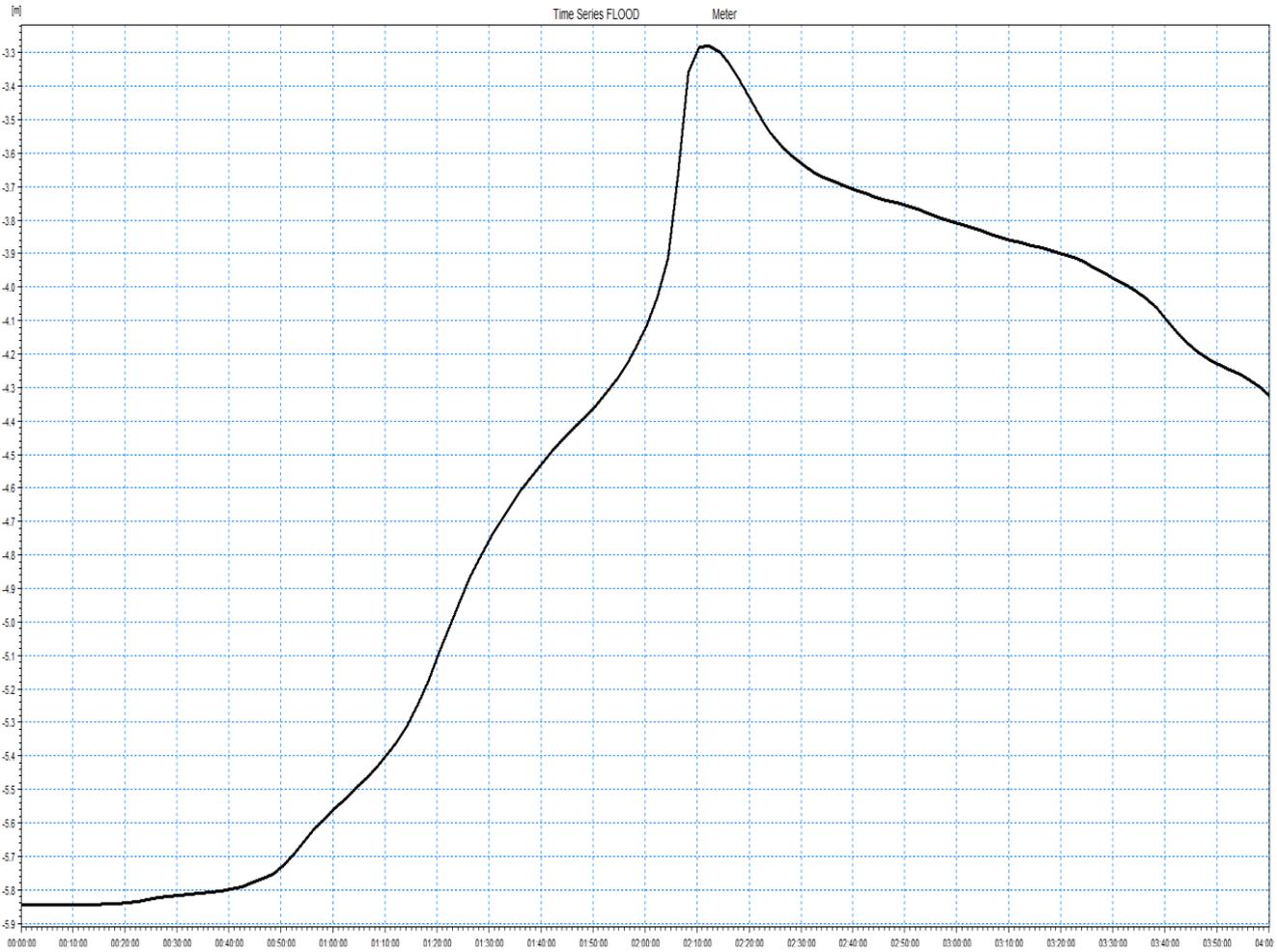
La modélisation avec la pluie de retour 10 ans, a permis de diagnostiquer les zones de débordements probables du réseau. **Mike-View nous offre alors l'opportunité de savoir** la profondeur à laquelle se trouve l'eau dans les tampons du réseau, un regard déborde une fois la valeur de la profondeur dépasse le niveau 0m.

La figure 43 présente l'exemple alors d'un regard qui déborde puisque le niveau de l'eau atteint une valeur maximale de 2.3m, il s'agit alors d'un point d'inondation :



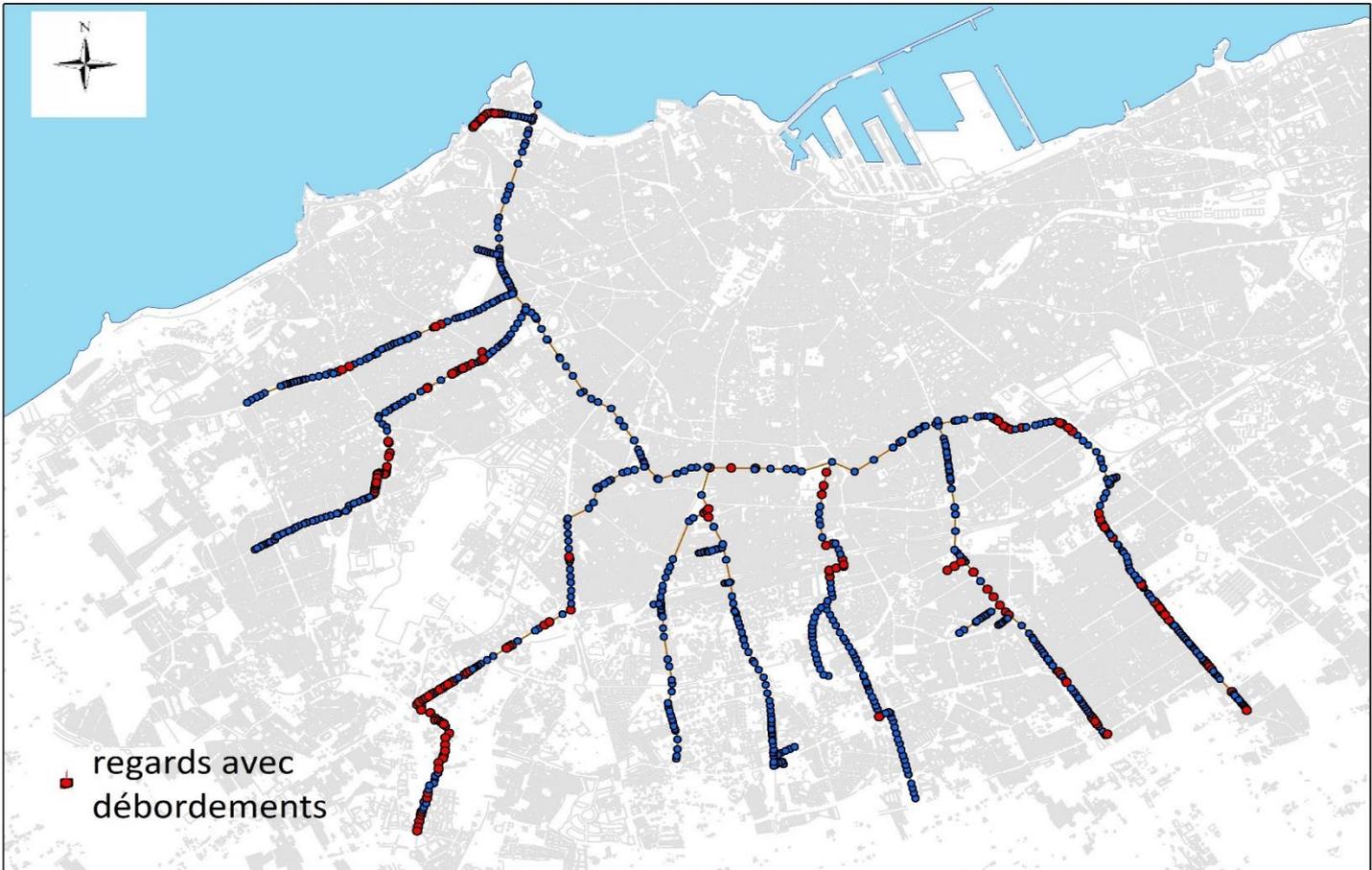
*Figure 43:profondeur de l'eau dans le regard*

Dans la figure qui suit , le niveau de l'eau n'atteint pas la valeur 0 dans sa valeur maximal , il ne s'agit pas alors d'un regard qui déborde .



*Figure 44 : exemple de regard qui ne déborde pas*

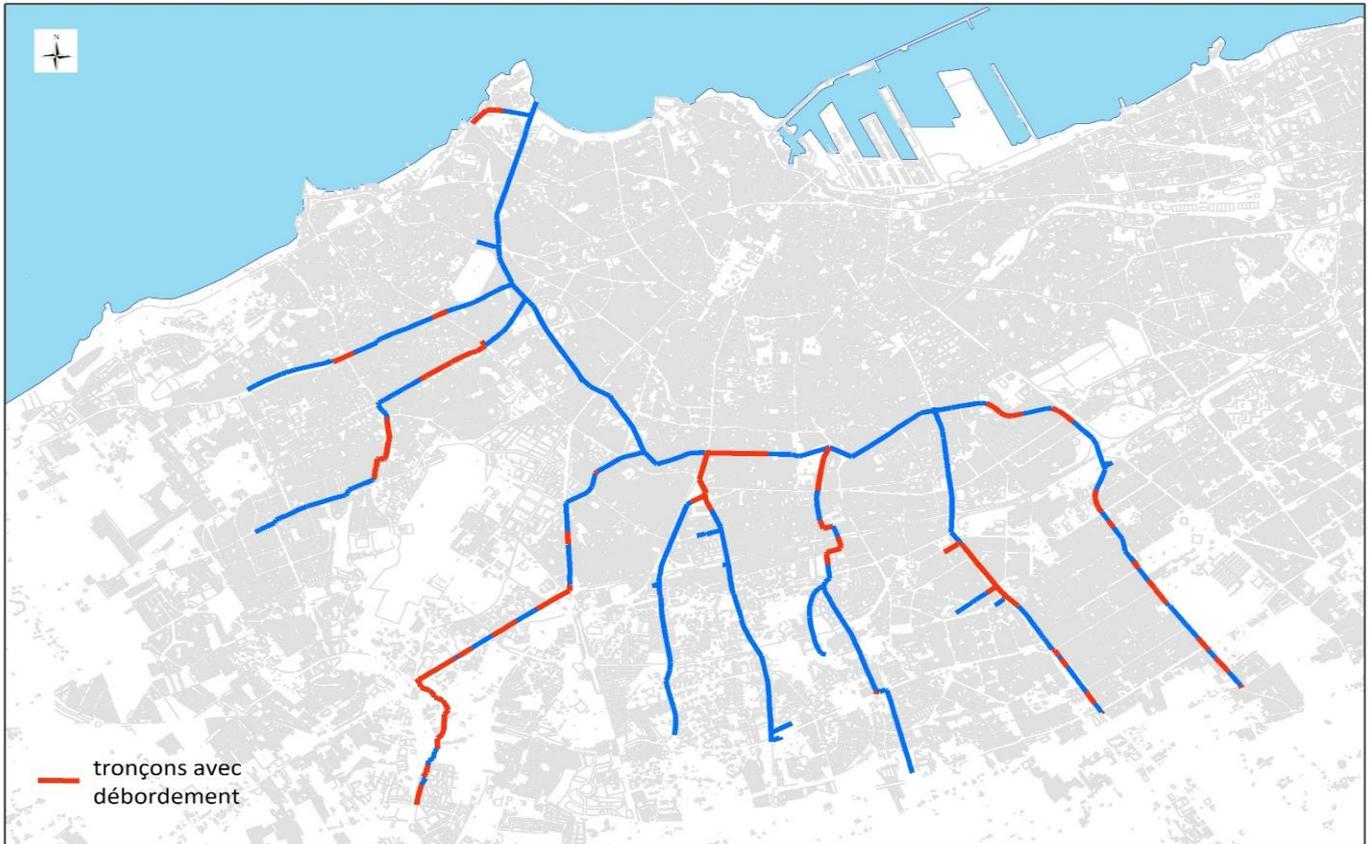
Après avoir localisé les regards qui débordent au niveau du collecteur ouest, on a préparé une carte thématique qui représente les zones où la simulation indique un risque de débordement :



*Figure 45 : Synthèse des risques de débordement par nœud pour une pluie décennale*

La modélisation avec la pluie de retour 10 ans a permis de diagnostiquer les zones de débordements probables du réseau. La figure ci-dessus cartographie ces débordements. ( en rouge ce sont les regards débordés ).

On a donc comme résultat pour les tronçons de conduites qui débordent :



**Figure 46 :** Synthèse des risques de débordement par tronçons pour une pluie décennale

Globalement, il peut être constaté que les débordements du réseau d'assainissement se situent sur l'ensemble du réseau d'assainissement ,surtout au niveau des collecteurs Riviera , Doumergue , les collecteurs Joulane et Mabrouka et la partie aval du collecteur Sidi Maarouf – Bouskoura . Pour une durée totale de pluie de 4heures, la réponse hydraulique du réseau n'est pas parfaite, le logiciel MOUSE a fait ressortir certain nombre d'insuffisance de capacité, donc débordement dans plusieurs nœuds qui est provoqué par la surcharge des conduites. A terme de cette simulation il est claire qu'à ce stade notre réseau présente des insuffisances au niveau de plusieurs collecteurs au temps de pluie ; ce qui peut engendrer des dysfonctionnements et des inondations lors d'évènements pluvieux importants.

Les profils en long sont parmi les outils qu'offre MOUSE/MIKE URBAN et qui permettent de mieux suivre les résultats et de visualiser la fluctuation de la ligne piézométrique des conduites à tout instant. , on a visionné alors les profils en long de tous les collecteurs pendant la surcharge, et on a obtenu comme résultat les figures suivantes :

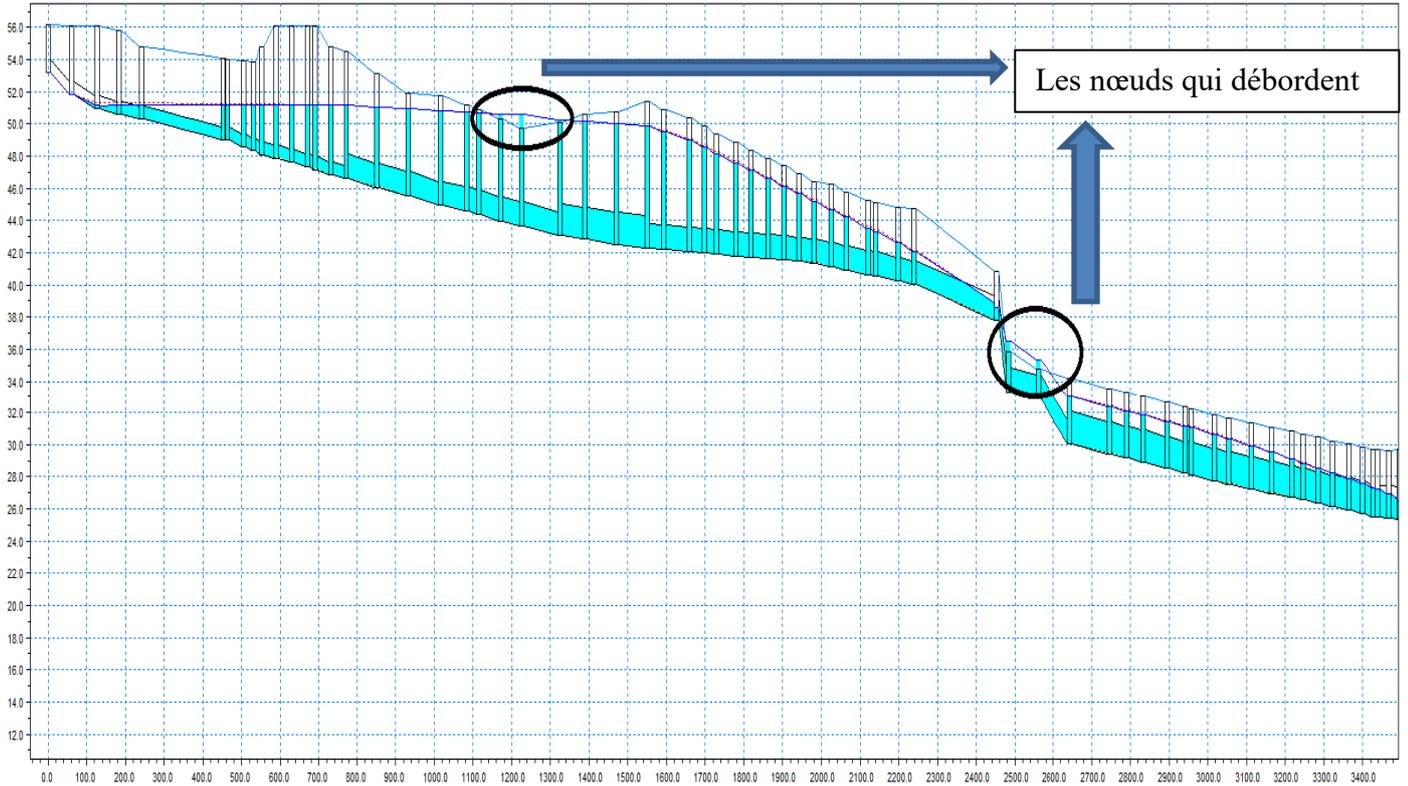


Figure 47 , profil en long du collecteur Azemmour

Les profils en long nous permettent alors de déterminer les tronçons chargés ainsi que les nœuds qui débordent.

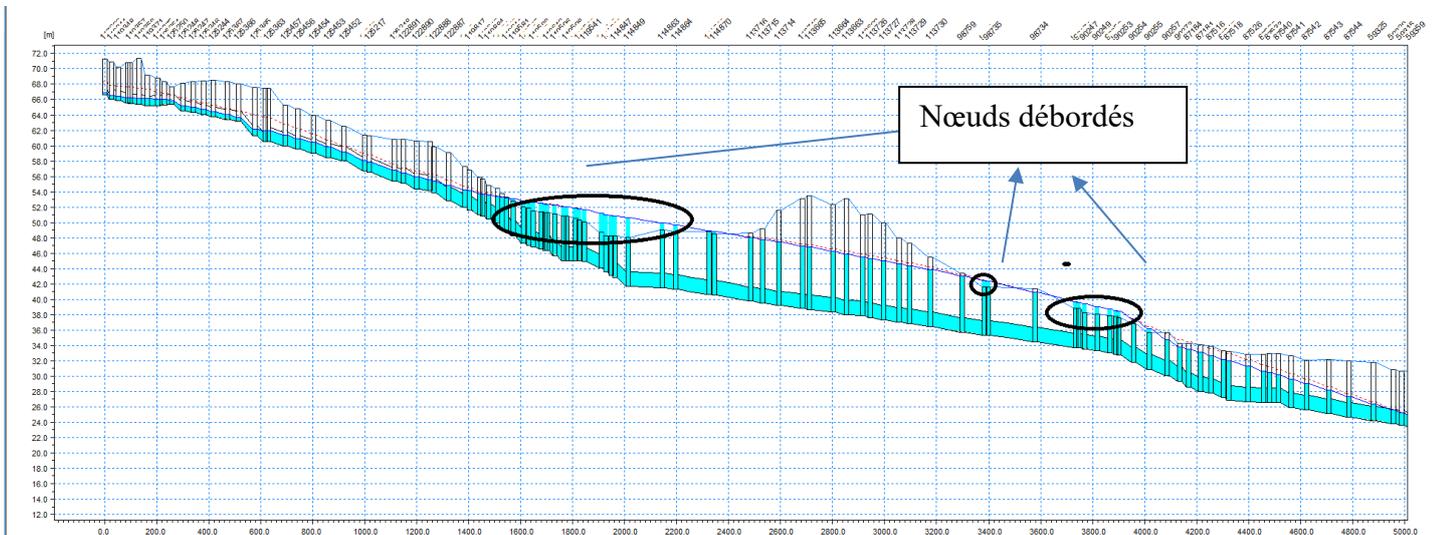


Figure 48 : profil en long du collecteur Doumergue

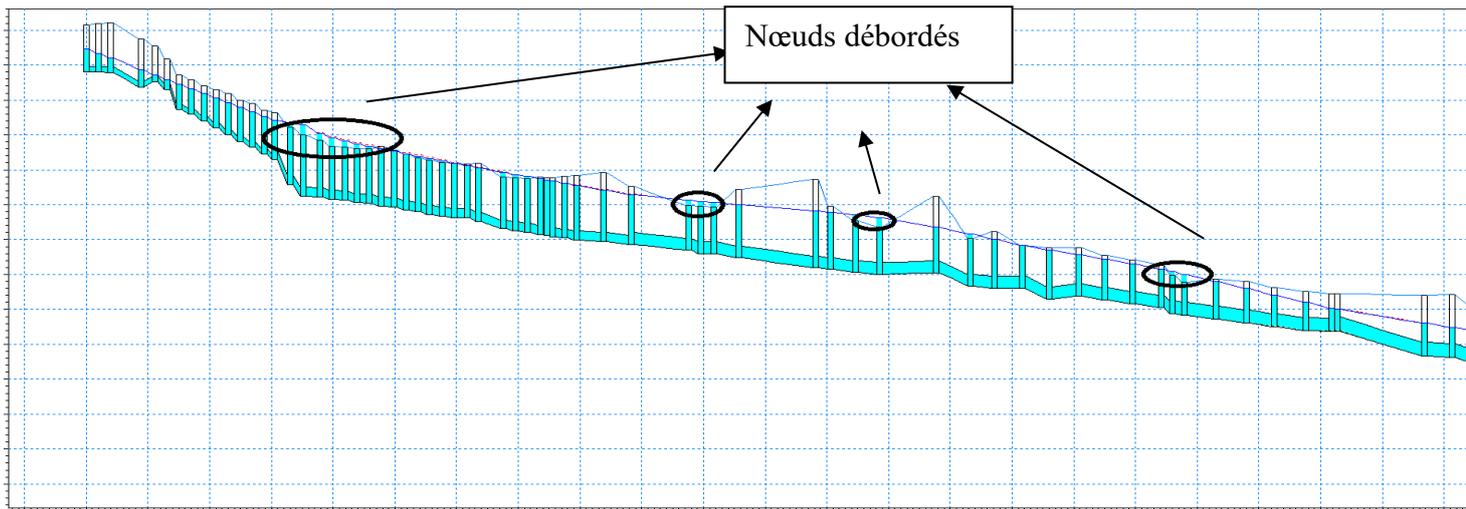


Figure 49 : profil en long du collecteur Riviera

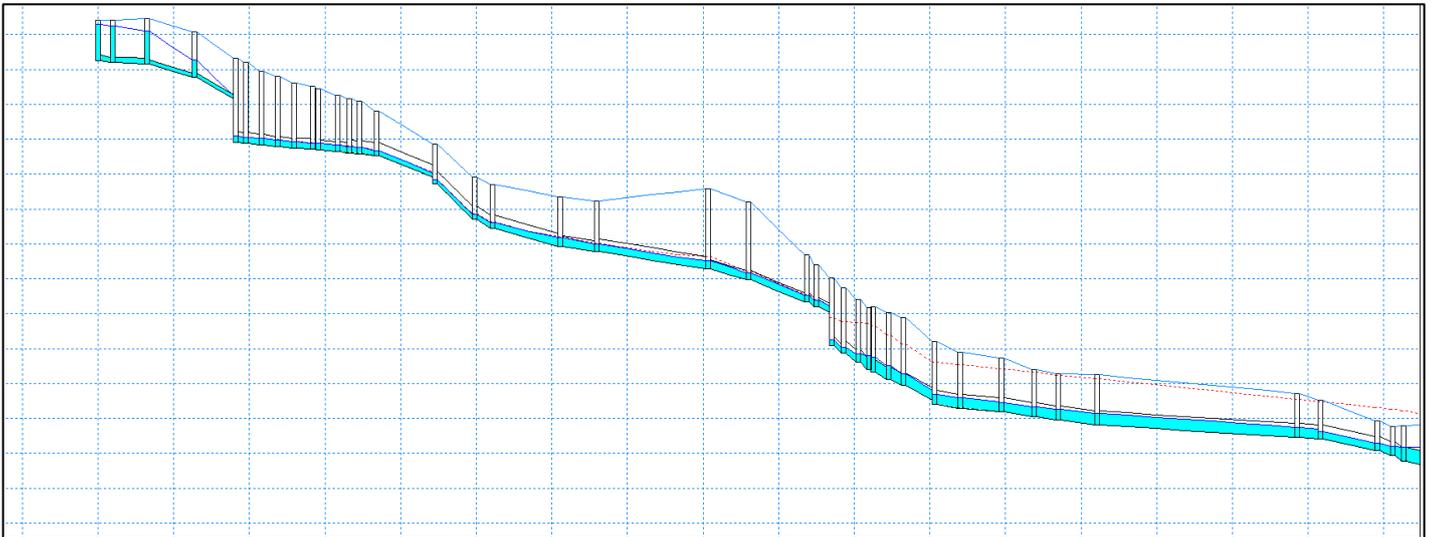


Figure 50 : Profil en long du collecteur Bouskoura

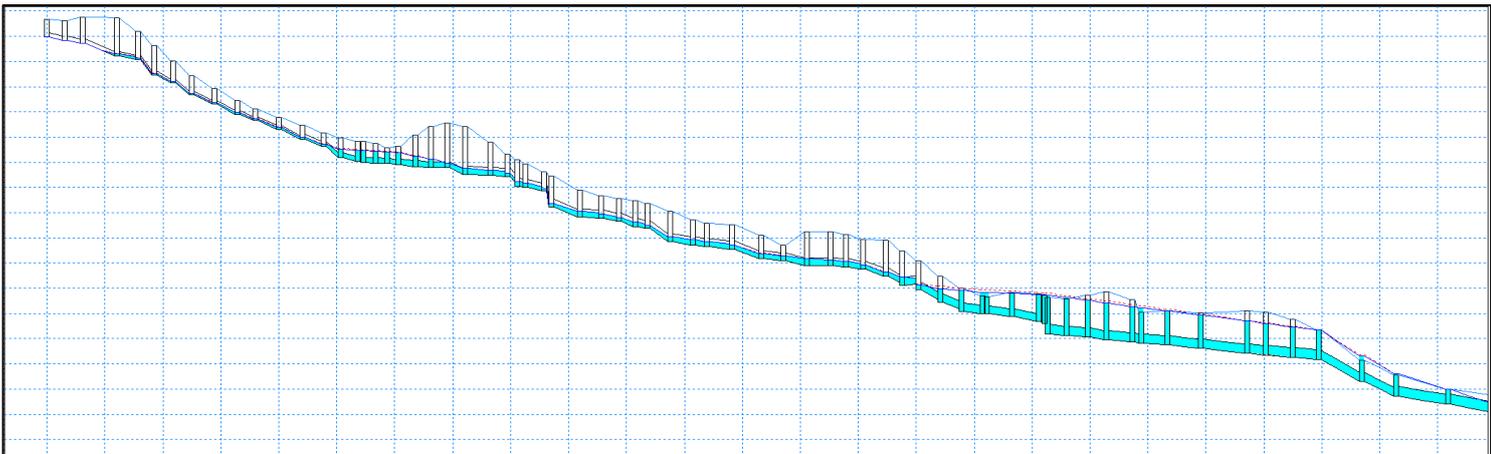
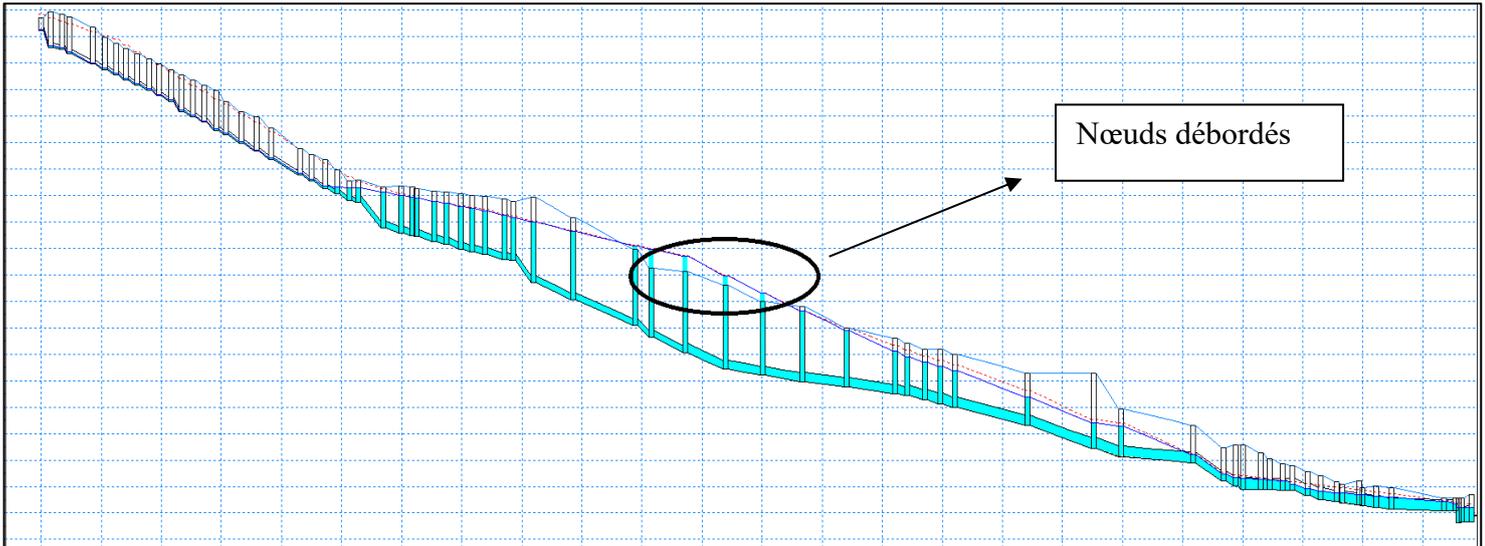
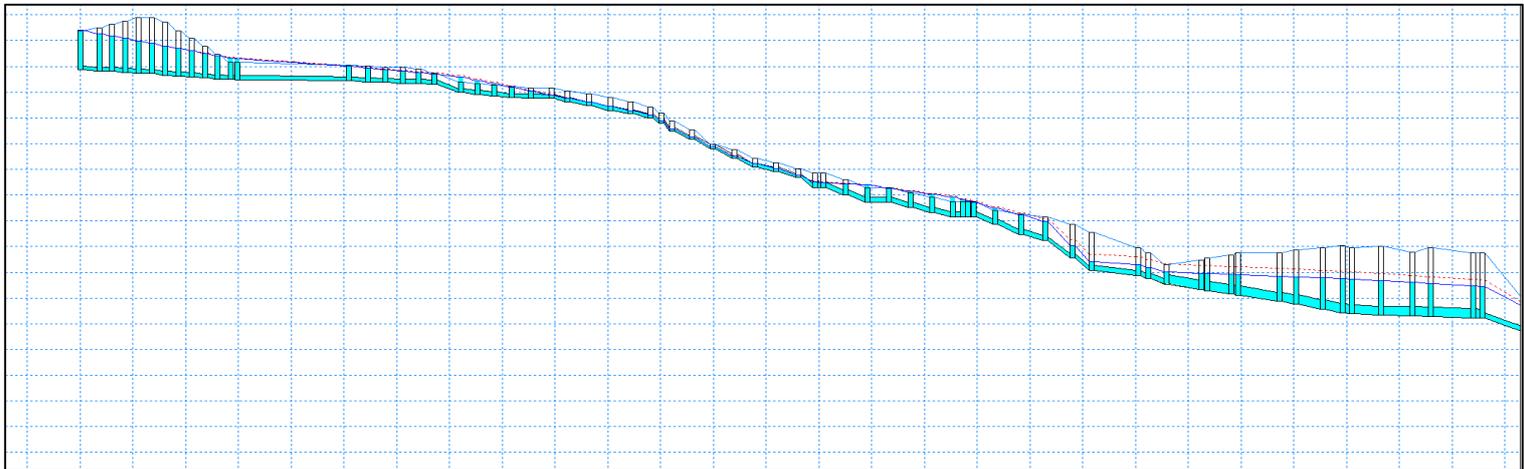


Figure 51 : Profil en long du collecteur Randet



*Figure 52 : profil en long du collecteur Mabrouka*



*Figure 53 : profil en long du collecteur Joulane*



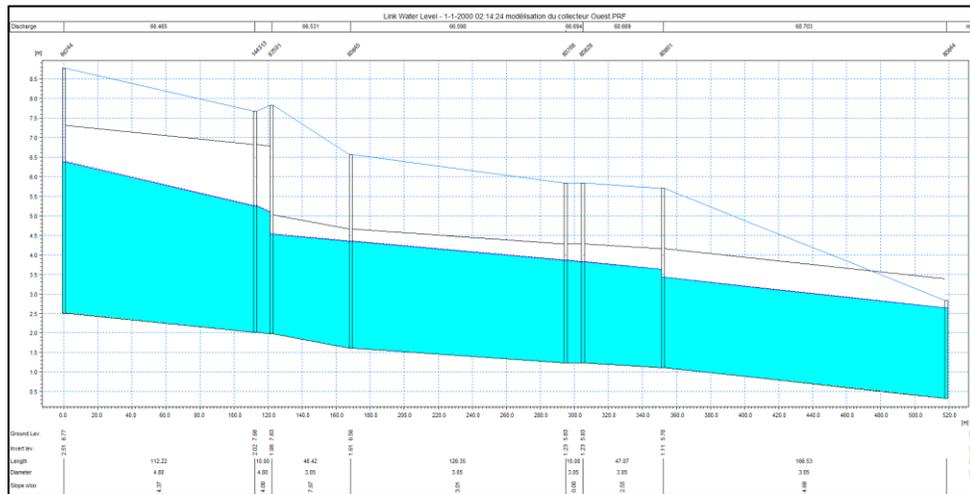


Figure 55 : profil en long de la partie aval du réseau

La partie aval du réseau, qui présente le transit vers l'exutoire de notre modèle ne représente aucun risque de débordement, en effet les conduites ne sont pas chargées vu les grands diamètres de ces dernières.

Le débit rejeté à l'exutoire du réseau atteint une valeur maximale de 30 m<sup>3</sup>/s comme on a pu le voir à travers la fonction **Flow rate** sur Mike-View :

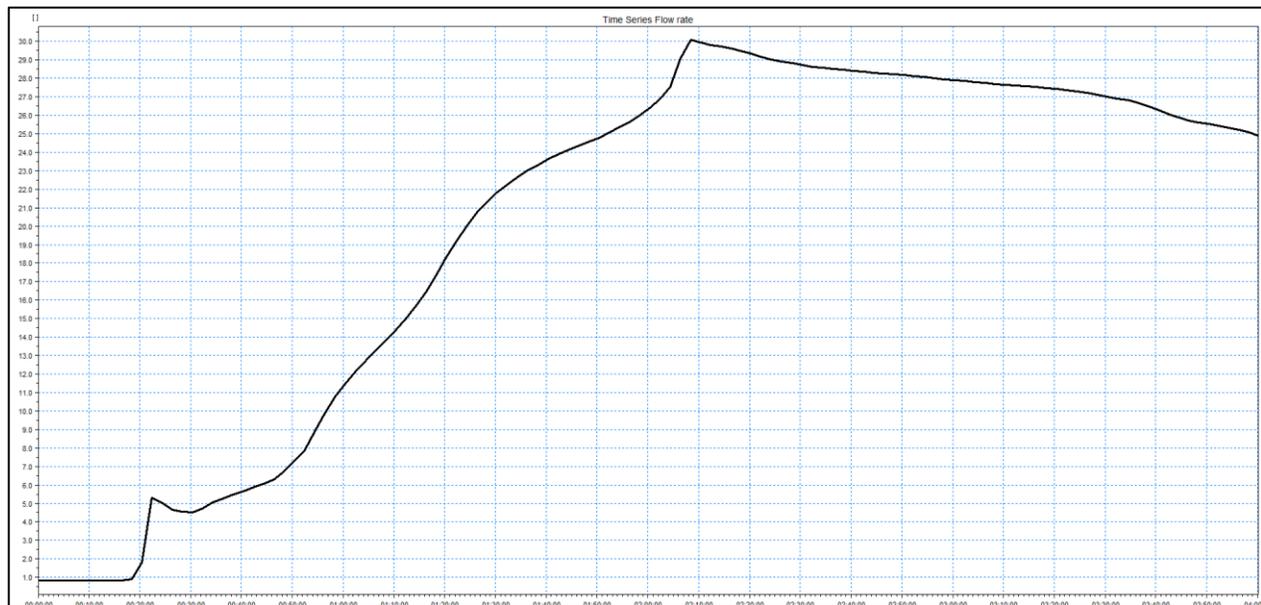
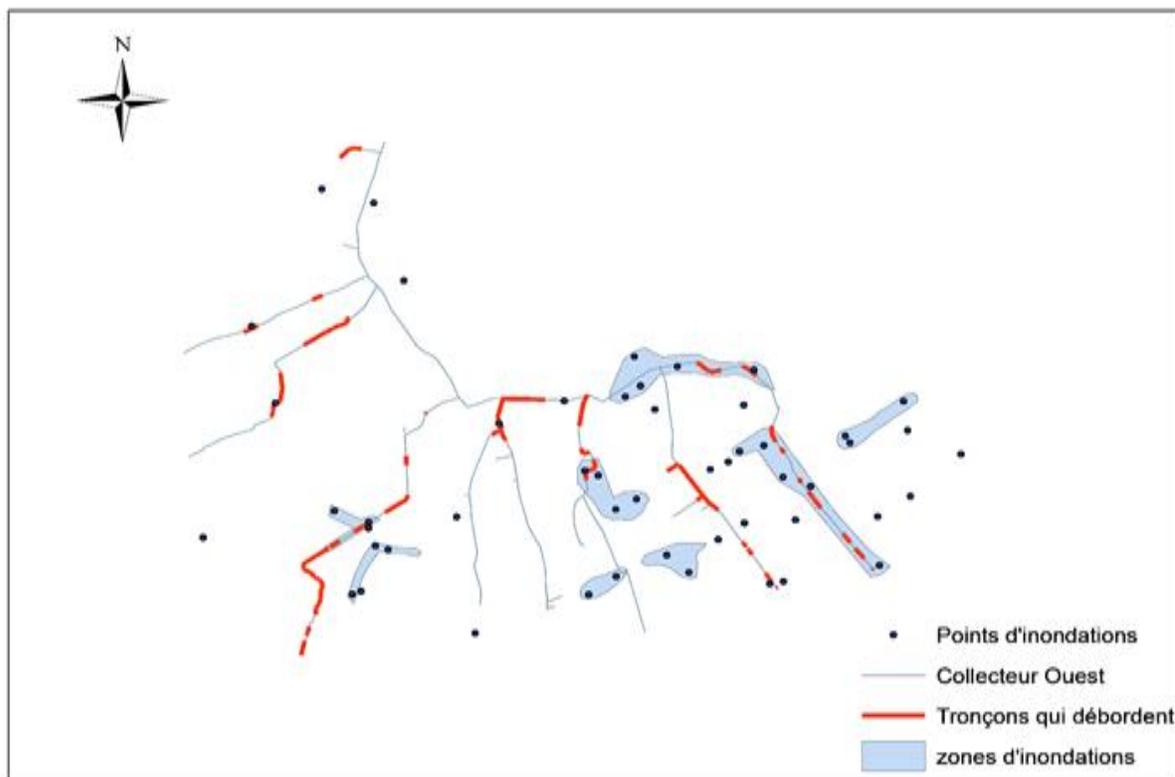


Figure 56 : débit rejeté à l'exutoire

## 4. Analyse discussion et recommandations

Pour comparer notre réseau à la situation réelle en terme de zone d'inondation , on a créé un **Shape file** , qui contenait d'une part les résultats des tronçons qui débordaient qu'on a eu à travers la modélisation qu'on a effectué sur MIKE URBAN , d'une autre part le Shape contenait les points d'inondation et les zones d'inondations réelles à la ville de Casablanca , et précisément dans le Bassin du collecteur Ouest , on a donc obtenu la carte thématique présentée dans la figure suivante :



*figure 57: Comparaison entre le modèle et les zones d'inondations à Casablanca*

En se basant sur cette carte thématique ,on note qu'au niveau des collecteur **Randet** , **Joulane** et une partie du collecteur **Riviera** , on a une compatibilité entre ce qui a été observé au terrain et notre modèle .

Cependant, notre modèle ne reflète pas la réalité à 100%, en effet, certains tronçons présentent des débordements dans notre modèle , alors qu'en réalité il se peut que ces tronçons ne présentent aucun risque . Ceci est dû à plusieurs facteurs dont on peut citer :

- Le manque des données, ce qui nous a poussé à faire plusieurs interpolations surtout au niveau des regards en se basant sur le type de l'écoulement qui est généralement gravitaire, afin de déterminer les côtes du terrain naturel de la majorité des regards, on a aussi supposé que le diamètre des regards est constant et égal à 1m.  
Toutes ces interpolations et suppositions peuvent avoir une influence sur la qualité de notre modèle.
- Cependant la raison principale est la grande taille du modèle, 52.6km et 1700 regards, ce qui rend l'élaboration du modèle est pratiquement difficile.

Et comme conclusion , on pourra recommander, afin d'améliorer le modèle, de travailler sur ce dernier dans une durée plus importante, ainsi que de donner une grande importance aux données relatives à la conceptions physique du modèle de telle sorte que ces dernières soient d'une grande précision.

- Après l'analyse des résultats de simulation ,on a proposé comme **solution** de soulager le réseau existant et le renforcer , et ceci en se référant au délestage , par la réalisation d'un système d'interception des eaux pluviales pour les antennes du collecteur en tenant compte des zones d'extension selon la vision du plan d'aménagement .
- Pour les zones d'extension et les nouveaux lotissements , au lieu d'envoyer les débits de pointes vers le réseau déjà surchargé , il est recommandé de réaliser des systèmes de récupération des eaux de pluie (bassins d'orage bassin de rétention) in situ et envoyer les débits vers ces ouvrages , la chose qu'on peut pas faire dans les zones déjà urbanisées vu l'absence du terrain .
- Le redimensionnement et renforcement des canalisations, mais il ne faut pas tenir compte juste les débits actuels, mais aussi les débits futurs.
- Vu l'absence de données de mesures en réseau, on n'a pas calé le modèle réellement, on a fait alors un calage qualitatif, donc pour les projets futurs, il sera nécessaire de réaliser des campagnes de mesure pluie/débit permettant de caler les parties du modèle concernées, et de réaliser des levés topographiques précis des principaux collecteurs de notre bassin, on pourra aussi installer des capteurs dans les points noirs d'inondations.

## Références & bibliographie :

- Rapport annuel de la gestion délégué, Lydec 2017.
  - MIKEURBAN Tutorials, CollectionSystem.
  - Lydec, Guide aménageurs- Annexe 4 Techniques alternatives.
  - Rapport définitif - Mission D1 - Etat des lieux.
  - Le cours d'assainissement, Asmlal Almahfoud. EHTP.
  - Rapport définitif - Mission D4 – Patrimoine.
  - Etude du risque statistique -commune de lirac zonage du risque d'inondation.
  - Syndicat Intercommunal d'Assainissement de la Région d'Albertville- Etude de modélisation hydraulique des réseaux intercommunaux d'assainissement
- 
- <http://hmf.enseiht.fr/travaux/CD0203/travaux/optsee/bei/7/r1021.html>
  - [www.Lydec.ma/](http://www.Lydec.ma/)

## Annexes :

### Présentation du logiciel MOUSE/MIKE URBAN

#### Description du modèle hydrologique

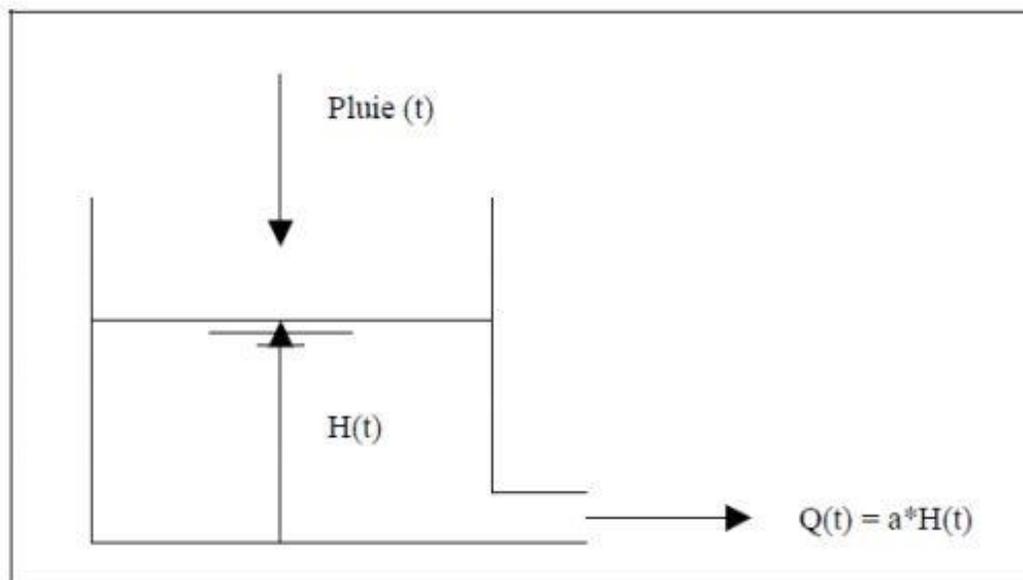
##### □ Le bloc RUNOFF

Le bloc RUNOFF génère le ruissellement de surface et les charges polluantes en réponse aux précipitations et à la surface des accumulations de polluants (Huber et Dickinson, 1988). La clé de l'application RUNOFF est la division du bassin versant sous un certain nombre de sous-bassins hydrographiques (ou sous-bassins). Chaque sous bassin hydrographique devrait être relativement homogène (c'est à dire, les caractéristiques physiques doivent être compatibles). Les objectifs de la modélisation déterminent comment chaque sous bassin hydrographique devrait être homogène. La division du bassin en un grand nombre de sous-bassins versants implique que chacun est probablement très homogène; un plus petit nombre implique moins d'homogénéité.

##### La simulation des eaux de ruissellement

Parmi les différents modules hydrologiques proposés par le logiciel MOUSE, nous avons choisi la méthode du simple réservoir linéaire pour les bassins versants urbains.

Celle-ci revient à assimiler le bassin versant à un bassin de stockage dans lequel arrive la pluie et dont le débit de fuite représente le débit ruisselé à l'exutoire :



## Description du modèle hydraulique

### → Le bloc TRANSPORT

Le bloc TRANSPORT simule les débits et les charges de polluants grâce à un système d'égout (Metcalf et Eddy, Inc., et al 1971; Huber et Dickinson, 1988). Ces flux et les charges sont générés par le bloc de ruissellement (ou un autre programme, par exemple, SLAMM) et aux points d'entrée dans le système. TRANSPORT a aussi la capacité de simuler les écoulements de temps sec ou d'égout sanitaire pour l'acheminement à travers un réseau d'égout. Les hydrogrammes et pollutogrammes peuvent également être introduits manuellement à différents points dans le système.

Le système d'égout est considéré comme une série d'éléments. Les éléments peuvent être des nœuds ou des conduites. Les nœuds lient les conduites, ils comprennent regards, stations de pompage, unités de stockage, et des diviseurs de débit. Les entrées du système, telles que le ruissellement de surface, se produisent au niveau des nœuds et peuvent être saisies directement par l'utilisateur ou proviennent d'autres programmes tels que le bloc RUNOFF par un fichier d'interface. Chaque élément est identifié par un numéro fourni par l'utilisateur.

Dans le logiciel MOUSE/MIKE URBAN, les écoulements sont régis par l'équation de la conservation de la masse et l'équation de la dynamique pour une variation graduelle et un régime transitoire unidimensionnel (équations de Saint Venant).



## L'équation de continuité

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{v}) = 0$$

Avec :

- $\rho$  : Masse volumique
- $v$  : vitesse

## L'équation de la dynamique

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gAS_f - 2V \frac{\partial A}{\partial t} - V^2 \frac{\partial A}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} = 0$$

Avec :

- $Q$  : Débit dans la conduite
- $V$  : Vitesse dans la conduite
- $A$  : Section
- $H$  : Charge hydraulique
- $S_f$  : Pente

Malheureusement, les équations de Saint-Venant sont difficiles à manipuler et simplifications sont souvent souhaitables. TRANSPORT utilise une version simplifiée de l'équation de la dynamique dans laquelle la pente de frottement (énergie)=la pente de la conduite.

MOUSE/MIKE URBAN offre trois façons pour les résoudre :

#### ✚ **Modèle de l'écoulement uniforme et permanent**

C'est le type d'écoulement le plus simple. Il se base sur l'hypothèse que pour chaque pas de temps utilisé pour le calcul, l'écoulement est permanent et uniforme. Par conséquent, les hydrogrammes de sortie sont obtenus par une simple translation des hydrogrammes d'entrée de la conduite à l'aval, sans aucun retard ou changement de forme. L'équation de Manning est utilisée pour relier le débit et la surface d'écoulement. Cette méthode est applicable uniquement aux réseaux ramifiés.

#### ✚ **Modèle d'onde cinématique**

Cette méthode utilise une manière simplifiée pour résoudre l'équation de continuité et l'équation de la dynamique et ceci pour chaque conduite. Cette méthode exige que la pente de la surface de l'eau soit égale à la pente de la conduite (écoulement uniforme). Pour ce modèle, la force de gravité équilibrée par la force de frottement atténuée et retarde le débit de sortie à cause des canaux de stockage. Ce modèle est applicable uniquement aux réseaux ramifiés.

A noter que cette méthode est utilisée pour un écoulement uniforme et non permanent.

#### ✚ **Modèle d'onde dynamique**

Cette méthode permet de résoudre les équations de Saint Venant à une seule dimension et donc permet théoriquement d'avoir des résultats plus précis. Ces équations sont composées des équations de la continuité et de la dynamique pour les conduites et de l'équation de la continuité des volumes pour les nœuds. Cette méthode prend en considération les canaux de stockage, les effets de remous, l'écoulement sous pression et l'écoulement de retour. Elle est applicable pour n'importe quel type de réseau et exige l'utilisation de petits pas de temps.

A noter que ce modèle est utilisé pour un écoulement non uniforme et non permanent.

### **Description de la qualité de l'eau**

- **Les polluants**

MOUSE peut simuler la génération, le flux et le transport d'un certain nombre de polluants définis par l'utilisateur. L'accumulation et le lessivage des polluants dans les sous bassins versants sont déterminées à partir de la nature de l'utilisation des sols.

#### □ L'occupation des sols

L'occupation des sols représente les catégories d'activités de développement ou les caractéristiques de la surface des terres affectées aux sous bassins versant. L'occupation des sols est utilisée uniquement pour tenir compte de la variation spatiale de l'accumulation des polluants et des taux de lessivage dans les sous bassins versants. Les procédés suivants peuvent être définis pour chaque catégorie d'occupation des sols:

- ✓ Accumulation des polluants
- ✓ Lessivage des polluants
- ✓ Nettoyage des rues

#### □ Le traitement

Le traitement des polluants provenant des flux qui rentrent dans un nœud quelconque d'un système de drainage est fait par l'attribution d'un ensemble de fonctions de traitement du nœud définies par l'utilisateur.

## Caractéristiques additionnelles du modèle

#### • Les séries chronologiques

Les séries chronologiques sont utilisées pour décrire la façon dont certaines propriétés de l'objet varient avec le temps. Elles peuvent être utilisées pour décrire:

- ✓ Les données de température.
- ✓ Les données de l'évaporation.
- ✓ Les données pluviométriques.
- ✓ Le niveau de l'eau dans les nœuds de rejet d'eau.
- ✓ Les hydrogrammes des apports externes dans les nœuds du système de drainage.
- ✓ Les pollutographs des apports externes dans les nœuds du système de drainage.
- ✓ Les paramètres de contrôle pour les pompes et les régulateurs de débit.

## Applications de MOUSE/MIKE URBAN

- Les applications de MOUSE/MIKE URBAN

MOUSE/MIKE URBAN a été utilisée dans des milliers d'études traitant des eaux usées et des eaux pluviales à travers le monde. Ses applications typiques comprennent:

- ✓ La conception et le dimensionnement des composantes du système de drainage pour la lutte contre les inondations.
- ✓ Le calibrage des installations de rétention et des ouvrages pour la lutte contre les inondations et la protection de la qualité de l'eau.
- ✓ La cartographie des plaines inondables des systèmes de canaux naturels.
- ✓ La conception de stratégies de contrôle pour réduire les débordements des égouts unitaires.
- ✓ L'évaluation de l'impact des apports et de l'infiltration sur les débordements des égouts sanitaires.
- ✓ La génération de sources non ponctuelles de polluants pour des études de répartition de la charge des déchets.
- ✓ L'évaluation de l'efficacité des meilleures pratiques de gestion pour réduire les charges polluantes par temps de pluie.

## Comparaison des fonctionnalités de MOUSE avec les autres modèles communs de bassins versants

Le Tableau ci-dessous résume et compare les fonctionnalités des modèles actuels MOUSE/ MIKE URBAN, SWMM et Infoworks CS. Comme l'indique le tableau suivant, MOUSE fournit la quasi-totalité des fonctionnalités fournies par les modèles les plus communs. Ainsi, ce tableau montre que les trois modèles offrent un niveau similaire de performance technique, de capacité et de fiabilité. La différence principale étant la performance de l'interface utilisateur et des outils de gestion des données.

Topic	Item	Model		
		SWMM 5.0	MOUSE / MIKE URBAN	INFOWORKS CS
Hydraulics	Flow Routing	Dynamic Wave	Dynamic Wave	Dynamic Wave
	Routing Engine	Explicit numerical engine can have stability issues if the model not constructed and reviewed carefully.	Implicit numerical engine, a stable and fast hydraulic engine. Though it is considered to be a slightly slower engine than InfoWorks.	Implicit numerical engine. Generally considered the fastest and most stable fully dynamic engine.
	Inlet Control	No	No	Yes
	Detention Storage	Yes	Yes	Yes
	RTC	Yes	Yes	Yes
	Pumps	Yes	Yes	Yes
	Irregular XS	Yes	Yes	Yes
Hydrology	Surface Runoff	Utilizes a non-linear reservoir model to simulate runoff.	Provides a number of surface runoff models, such as a time area method and a Kinematic wave model (Non Linear Reservoir Model). This model behaves exactly the same as the SWMM non-linear reservoir model	Provides a number of surface runoff models, including the SWMM non-linear reservoir model.
	Infiltration	Provides three infiltration options, Curve Number, Horton's Equation and Green Ampt.	In addition to the RDII model (see below) MOUSE utilizes the Horton's Equation or SCS Curve Number to simulate infiltration.	Fixed PR Model (simple percentage) Green Ampt Model Horton Infiltration Model New UK PR Model Wallingford Procedure Model Constant Infiltration Model US SCS Model
	RDII	Provides either unit hydrographs to simulate RDII or a groundwater infiltration module to simulate the influence of groundwater table on infiltration flow.	MOUSE employs a complex RDII model.	Provides either unit hydrographs to simulate RDII or a groundwater infiltration module to simulate the influence of groundwater table on infiltration flow. As per SWMM.
	Continuous Simulation	Yes	Yes	Yes
Water Quality	Pollutant Build Up / Washoff	Yes	Yes	Yes
	Pollutants Modeled	Yes	Yes	Yes
	Treatment	Yes	Yes	Yes
Miscellaneous	LTS - Job List	No	Yes - MOUSE provides a job list file which allows a selected number of events to be run by the HD model.	No
	Statistics	Yes	Yes	Yes
Use Ability	User Interface	Basic user interface.	Good user interface.	Sophisticated user interface.
	Data Management	None	Reasonable data management with the scenario manager.	Excellent data management.
	Result Display	Reasonable	Good	Excellent
	Support	No formal support, A SWMM Users List server, allows subscribers to ask questions and exchange information.	Comprehensive	Comprehensive
Price	Purchase Cost	Free	~\$15k to \$40k dependant on pipe limitation and modules selected.	~\$30k to \$60k dependant on node limitation selected.
	Maintenance Cost	Free	~10% of the purchase price	~15% of the purchase price

## Fiche synthétique de MOUSE/MIKE URBAN

**Nom du modèle de qualité :** MOUSE/MIKE URBAN

**Institut:** MOUSE(MODEL of Urban SEwer) développé originalement par le Danish Hydraulic Institute (DHI).

**Objectifs :** Simulation du comportement d'un bassin urbain en termes de quantité et de qualité des eaux de ruissellement après un épisode de pluie.

**Type :** modèle conceptuel distribué de type événementiel ou continu.

Processus reproduits par le modèle :

**Modèle hydrologique :** écoulements obtenus sur la base d'un réservoir non linéaire pour chaque élément du modèle hydrologique spatialisé (module RUNOFF), et transfert sur le bassin selon le modèle de l'onde cinétique (approximation du Système de Barré de Saint Venant) (module TRANSPORT), écoulements souterrains considérés globalement sur le bassin.

**Modèle de qualité :** production des masses de polluants lors d'un événement calculées à l'aide des « pollutant loading factor » propre à chaque polluant et à chaque occupation du sol et fonction de la durée de temps sec.

**Discretisation spatiale :** découpage en sous-bassins versants (fonction de l'occupation du sol) et en axes de drainage (voirie, égouts)

**Discretisation temporelle :** de la minute à la journée selon taille du bassin.

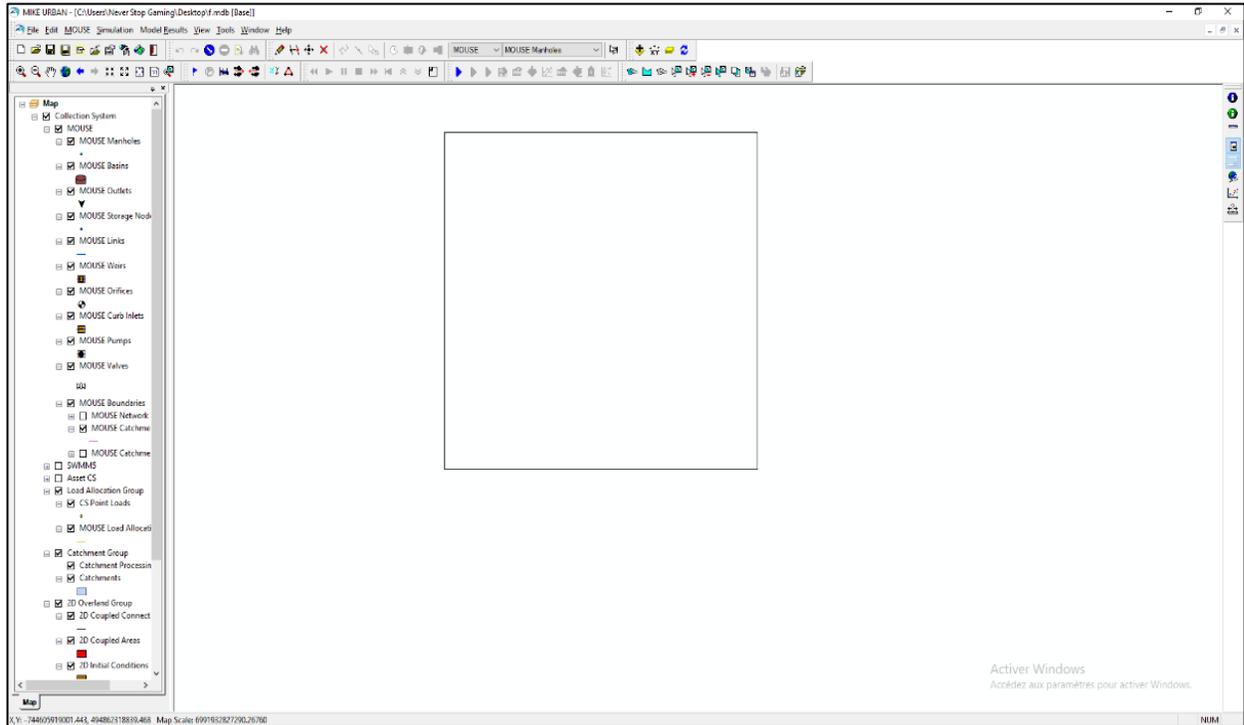
**Echéance temporelle :** épisode de crue ou chronique de plusieurs années hydrologiques

**Données requises :** hyétogramme de pluie, antécédent climatique, occupation du sol, topographie, pédologie, réseaux pluviaux (dimensions, ouvrages de régulation), masses de polluants accumulés entre deux épisodes, paramètres de lessivage, paramètres hydrauliques (onde cinétique).

## Annexe C : Manuel et démarche d'utilisation de MOUSE/MIKE URBAN

### Présentation de l'interface de MOUSE/MIKE URBAN

L'interface du logiciel MOUSE/MIKE URBAN se présente comme ci-dessous :



a) Données relatives aux sous-bassins

Propriété	Unité	Signification
Area	Ha	Surface du Bassin Versant.
Width	M	Paramètre du modèle de ruissellement (modèle de l'onde cinématique) : largeur du canal rectangulaire auquel est assimilée la surface du BV pour y calculer la vitesse de ruissellement selon la formule de Manning-Strickler. C'est le rapport de la surface du BV à la longueur du BV. Cette longueur est obtenue en
		considérant la moyenne de plusieurs parcours hydrauliques sur la surface du BV. Elle doit refléter, davantage les écoulements lents sur les surfaces perméables que les écoulements rapides sur les surfaces imperméables. C'est un paramètre de calage.
% Slope	%	Pente moyenne du bassin versant
% Imperv.	%	Pourcentage de surface imperméable sur le BV
N imperv.	$s/m^{1/3}$	Coefficient de Manning- Strickler pour les surfaces imperméables
N-perv	$s/m^{1/3}$	Coefficient de Manning- Strickler pour les surfaces perméables
Dstore-Imperv	Mm	Hauteur d'eau stockée sur les surfaces imperméables du BV(dépansions du sol, interception par la végétation, mouillage des surfaces)
Dstore-Perv	Mm	Hauteur d'eau stockée sur les surfaces perméables du BV
%Zero-Imperv	%	Pourcentage de la surface imperméable dépourvue de stockage dans les dépansions du sol
Infil.Model		<b>Modèle d'infiltration.</b> Trois modèles sont disponibles : - Horton - Green Ampt - courbes SCS

---

Suction Head	Mm	<b>Potentiel de succion</b> ou potentiel matriciel capillaire au niveau du front d'humidification
Conductivity	mm/h	<b>Conductivité hydraulique</b> en milieu saturé

b) Données relatives aux Nodes/Links :

Propriété	Unité SI	Signification
Node Invert	M	Cote inférieure du nœud (cote du radier du regard de jonction)
Node Max Depth	M	Profondeur Maximale du Nœud : distance verticale entre le radier du regard de jonction et le terrain naturel
Node Poned Area	m <sup>2</sup>	Surface d'eau stockée au-dessus du nœud après débordement. Si l'option de calcul correspondante est activée, le volume de débordement est stocké puis évacué par le réseau lorsque celui-ci en a retrouvé la capacité.
Conduit length	M	Longueur de la conduit
Conduit Geometry		Géométrie de la conduit
- Barrels		Nombre de conduites en parallèle
- Shape		Forme de la section
- Max Depth	M	Hauteur d'eau maximale dans la section (diamètre pour une section circulaire)
Conduit roughness	s/m <sup>1/3</sup>	Rugosité de la conduite au sens de Manning-Strickler
Flow units		Unités de débit. Choisir une unité métrique (CMS : m <sup>3</sup> /s, LPS: L/s, MLD : 1000m <sup>3</sup> /j) implique que toutes les autres grandeurs du logiciel sont exprimées en unités métriques. Les valeurs déjà rentrées ne sont pas automatiquement converties lorsque l'on change de système d'unités.

Propriété	Unité SI	Signification
Link Offsets		Décalage du collecteur par rapport au fond du regard. La position du radier du collecteur peut être indiquée sous forme d'une hauteur au-dessus du fond du regard (DEPTH) = distance entre les points 1 et 2) ou sous forme d'une cote absolue (ELEVATION) = cote absolue du point 1
Routing model		<b>Modèle de transfert.</b> Trois modèles sont disponibles : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Steady Flow : Écoulement permanent et uniforme dans chaque tronçon et à chaque pas de temps (Translation simple des hydrogrammes)</li> <li>- Kinematic Wave : Modèle de l'onde cinématique</li> <li>- Dynamic Wave : Modèle de l'onde dynamique (Résolution des équations de Barré de Saint Venant)</li> </ul>

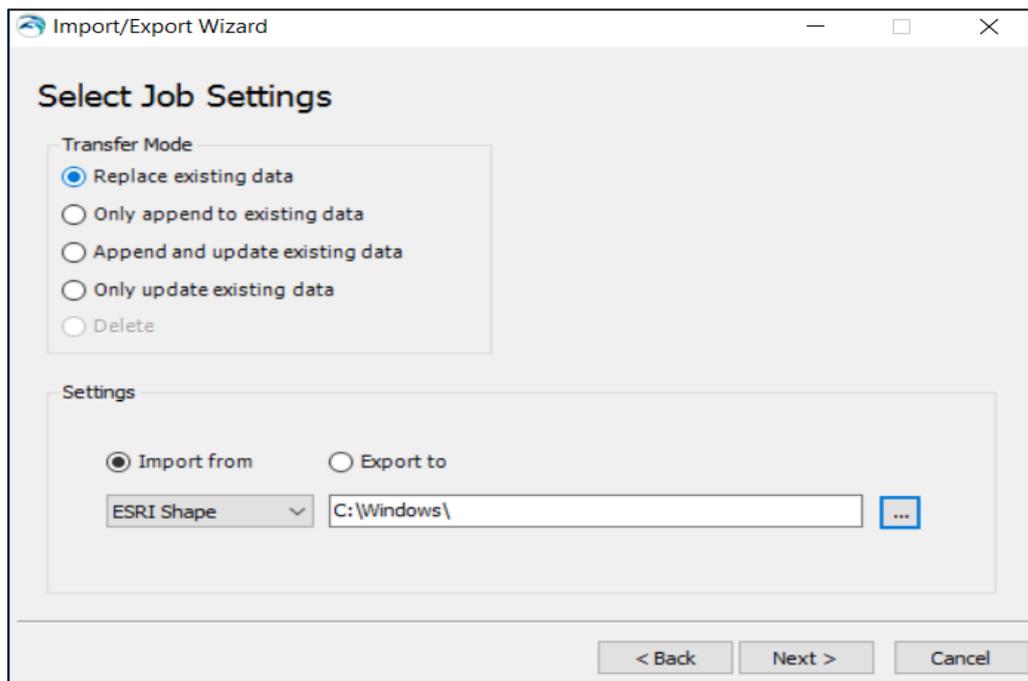
### **L'importation des données sur Mike Urban :**

Pour importer les données du réseau ArcGIS dans MIKE URBAN il faudra commencer par créer un nouveau projet / projet existant. Et puis on a recours à la fenêtre Import/Export affiché sur la figure :

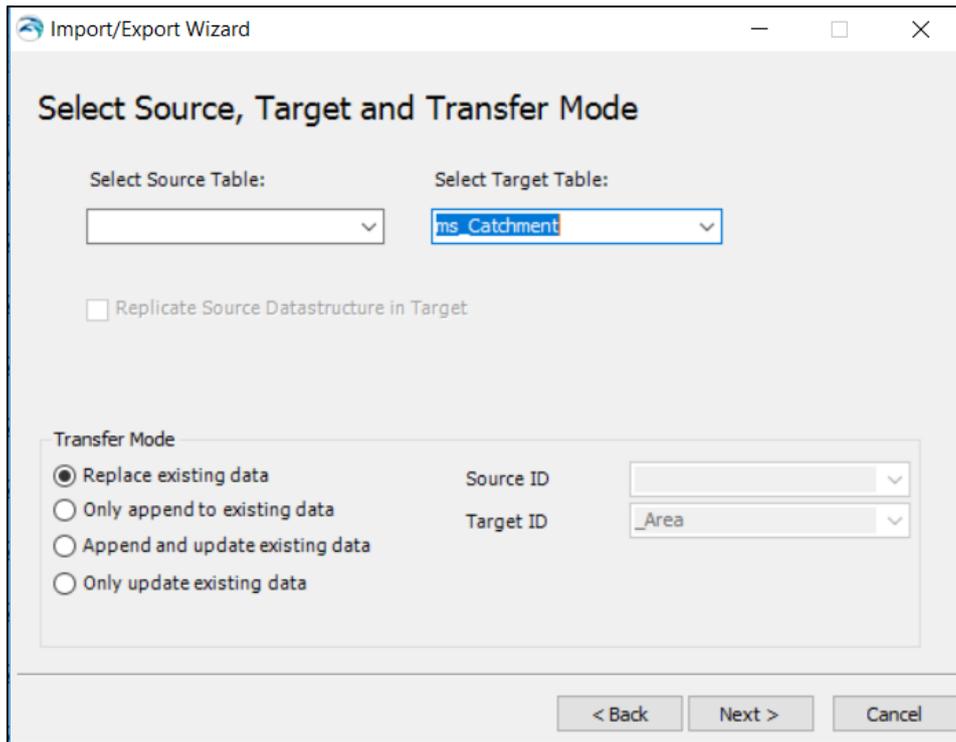
Après avoir préparé les données sur ArcGIS et créer un nouveau projet sur MIKE-URBAN , on a recours alors à la fenêtre IMPORT/EXPORT pour effectuer le passage du logiciel ArcGIS vers Mike



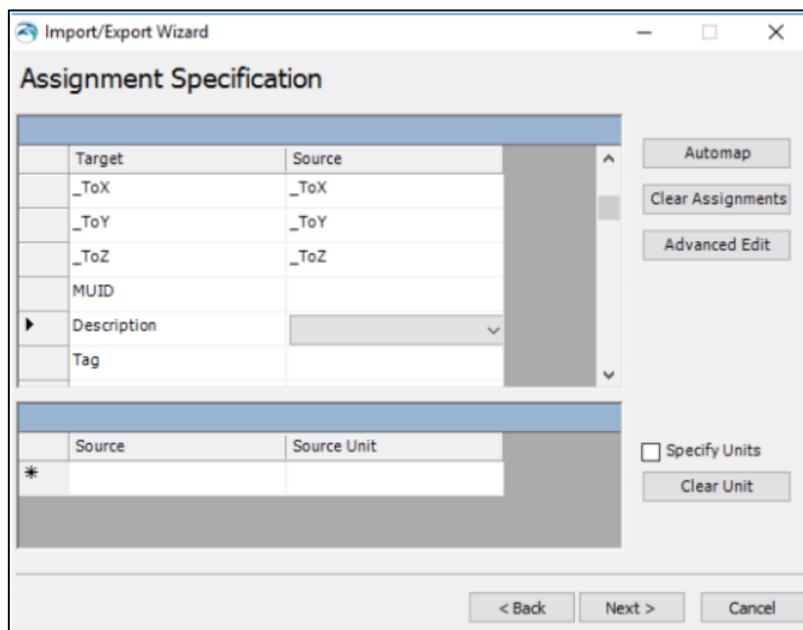
On choisit après l'importation de << ESRI SHAPE >> et on détermine le dossier contenant les Shape préparés sur ArcGIS . et comme les données sont importées dans une nouvelle base de données vide, l'option 'Importer et remplacer' est utilisée, voir Figure suivante :



On doit créer une configuration de table pour chaque table qu'on va importer, on sélectionne après la table source , c'est-à-dire d'où proviennent les données, et on sélectionne la table cible, c'est-à-dire où les données sont importées . La table source pour les nœuds est le fichier de forme msm\_node , pour les conduites la table source est msm\_pipes et pour les bassins versants c'est ms\_catchement . Voir la figure suivante :



La fonction AUTOMAP , permettra d'associer les variables de noms identiques dans les deux table ( ArcGIS et MIKE-URBAN ) Si ce n'est pas le cas, les affectations peuvent être modifiées comme le montre la figure en dessous :



Et on procéde par la suite à l'importation des données.