

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté du génie de la construction

Département de génie civil



Mémoire de fin d'études de master professionnel

Spécialité : Génie Civil

*Option : Constructions hydrauliques et aménagements
(CHA)*

Thème

**Analyse fiabiliste d'un bassin de décantation
Cas du bassin de la STEP de Boghni .**

Présenté par :

M^r: BOUHALI Ouali

M^{el} : MAMOUNI Nassima

Encadré par :

M^{em}: BOUZELHA Karima

M^r: HAMMOUM Hocine

Promotion : 2023/2024

Remerciement

*Nos remerciements s'adressent en première lieu à M^{me} **BOUZELHA Karima** professeur au département de Génie civil de l'UMMTO pour sa disponibilité, son aide précieuse, sa patience, de nous avoir encouragés tout au long de ce travail
Nous adressons également nos remerciements à Mr **HAMMOUM Hocine**, professeur au département génie civil de l'UMMTO pour sa disponibilité, de son expérience et qui a toujours répondu présent.*

*Nous tenons à remercier tous les membres du **jury** pour avoir accepté de juger ce travail.*

*Par la même occasion nous remerciant **nos enseignants** du département de génie civil et plus particulières les enseignants de la spécialité CHA .*

*Nous ne saurons pas oublier tous **nos camarades** de promotion CHA 2023 /2024.*

Enfin, nous remercions tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes chers parents. Tous les mots de monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je vous porte, la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien être. J'espère avoir répondu aux espoirs que vous avais fondu en moi. Je vous rends hommage pour ce modeste travail en guise de ma reconnaissance Eternel et de mon infini amour.

A mes chers frères, Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense respecte que je vous porte.

A mon binôme Nassima pour tous les souvenirs que nous avons partagé.

A mes chers amis Yazid, Nabil, Mouloud pour votre présence vôtres soutiens et vos encouragements.

Et enfin à tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Quali

Dédicace

Je dédie ce travail :

*A ma grande famille en particulier mes très **chers parents**. Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je vous porte, ni la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien être. J'espère avoir répondu aux espoirs que vous avais fondu en moi. Je vous rends hommage pour ce modeste travail en guise de ma reconnaissance Eternel et de mon infini amour.*

A mon cher frère Mohamed que je ne considère comme un deuxième père et aussi un meilleur ami, et mon petit frère Aghilas. Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense respect que je vous porte.

*Je dédicace aussi ce travail à Sabrina Samira et Hanane qui elles sont toujours soutenue et encouragée
A mes chères amies (es), Pour tous les meilleurs souvenirs que nous avons partagés.*

A ma deuxième famille, mes camarades de CHA. Pour tous les meilleurs souvenirs que nous avons partagés, surtout mon binôme Ouali.

Chapitre 1 : Présentation de la région d'étude et de station d'épuration

Introduction	1
1.1. Situation géographique	1
1.2. Population.....	2
1.3. Situation topographique.....	2
1.4. Hydrologie	2
1.4.1. Climat	2
1.4.2. Température.....	2
1.4.3. Précipitation.....	3
1.5. Description de la station d'épuration de Boghni	4
1.5.1. Les différentes étapes de traitements des eaux usées.....	4
1.5.1.1. Prétraitement.....	5
a. Dégrilleur	5
a.1 Dégrilleur grossier	5
a.2 Dégrilleur fin.....	5
b. Dessableur-déshuileur	6
1.5.1.2. Traitement primaire	7
1.5.1.2.1. Types de bassin de décantation	7
a1 Bassin de décantation conventionnel.....	7
a2 Bassin de décantation API.....	8
a3 Bassin de décantation centrifuge	8
a4 Bassin de décantation biologique	8
1.5.1.2.2. Rôle d'un bassin de décantation	9
1.5.1.2.3. Avantage et inconvénients d'un bassin de décantation	10
a1. Avantages.....	10
a2. Inconvénients.....	10
1.5.1.2.4. Fonctionnement des bassins de décantation	11
a1. Réception des eaux usées brutes	11
a2. Séparation des solides.....	11
a3. Formation des boues	11
a4. Clarification de l'eau	11
a5. Élimination des boues	11
a6. Contrôle et maintenance	11

1.5.1.3. Traitement secondaire.....	12
a1. Bassin d'aération.....	12
a2. Bassin de stabilisation.....	13
a3. Décantation secondaire (clarification).....	13
1.5.1.4. Traitement de boues.....	14
a1. Epaississement.....	14
a2. Déshydratation des boues (lits de séchage)	14
conclusion	15

Chapitre 2 : Calcul déterministe de bassin de décantation

Introduction	17
2.1. Evaluation le débit de rejet Q_r	17
2.2. Dimensionnement du bassin de décantation.....	18
2.2.1. Hauteur d'eau dans le bassin de décantation	18
2.2.2. Diamètre des particules à décanter	18
2.2.3. Vitesse moyenne de chute.....	19
Première loi	19
Deuxième relation	21
Processus de décantation.....	23
2.2.4. Temps de chute théorique de la particule	24
2.2.5. Calcul le temps de séjour de l'eau dans le bassin	24
2.2.6. Calcul la largeur du bassin.....	25
2.2.7. Calcul la longueur de bassin	25
2. 3. Dépôt des matières solides	26
2.3.1. Matière en suspension (M.E.S.) à l'entrée du bassin de décantation	26
2.3.2 Charge M.E.S. journalière	26
2.3.3. Matière sèche journalière.....	26
2.3.4. Les matières sèches spécifiques (MSS).....	27
2.3.5. Volume de boues produites quotidiennement.....	27
2.3.6. Volume du bassin occupé par les boues	27
2.4. Dimensions du bassin de décantation.....	28
2.4.1. Volume d'eau dans le bassin de décantation	28
2.4.2. Volume total du décanteur (eau + boues)	28
2.4.3. La hauteur occupée par la boue	28
2.4.4. Pente dans le bassin de décantation	29

2.4.5. Hauteur amont totale du bassin de décantation	29
2.5. Lits séchages.....	30
2.5. 1. Masse des boues produites quotidiennement.....	30
2.5.2. Volume des boues produites annuellement	30
2.5.3. Surface totale des lits de séchage (année).....	30
2.5.4. Surface du lit de séchage nécessaire par mois	31
2.5.5. Nombre des lits de séchages	31
2.5. 6. Longueur du lit de séchage	31
2.5.7. Largeur du lit de séchage	31
conclusion.....	33

Chapitre 3 : Calcul fiabiliste

Introduction	35
3.1. Définition de fiabilité.....	35
3 .2. Fonction d'Etat limite.....	35
3.3. Identifications des variables aléatoires	36
3.3.1. Génération de la variable aléatoire.	37
La moyenne	37
La variance	37
L'écart-type σ	37
Le coefficient de variation (Cv).....	37
La fonction densité de probabilité de la loi normale	38
Fonction de répartition	39
3.4. Evaluation de la probabilité de de défaillance.....	40
3.4.1. Méthodes simulations de Monte Carlo	40
3.4.2. Méthodes approchées : Form/Sorm	42
3.5. Résultats et discussions	43
3.6. Organigramme de calcul.....	44
3 .7. Analyse probabilité de défaillance en fonction des diamètres des particules piégées.....	46
Conclusion.....	49

Chapitre 1

Tableau 1.1 : Variation mensuelle des températures de la station de Tizi-Ouzou(ANRH).2
 Tableau 1.2 : Série pluviométrique moyenne (2006)3

Chapitre 2

Tableau 2 .1 : Diamètres des particules à décanter (R .BOURRIER .1991)..... 18
 Tableau 2.2 : Vitesses de chute en fonction des diamètres des particules.....20
 Tableau 2.3 : équation de vitesse de chute.21
 Tableau 2.4 : extrait des résultatsde la vitesse de chute en fonction de son diamètre d. pour différentes valeurs coeffession a.....22
 Tableau 2.5 :Tableau recapitulatife32

Chapitre 3

Tableau 3.1 : Représentation les résultats de calcul statistique..... 38
 Tableau 3.2 : Niveaux de probabilité de défaillance acceptés par secteurs industriels42
 Tableau 3.3 : Résultats de calcul de la probabilité de défaillance.....44
 Tableau 3.4 : Probabilité de défaillance en fonction de Cv, pour différents diamètres de particules piégées.....46
 Tableau 3.5 : extrait des longueurs des particules piégées par rapport a leur diamètres.....48

Chapitre 1

Figure 1.1 : Situation Géographique de la commune de Boghni.....	1
Figure 1.2 : Diagramme ombrothermique.....	3
Figure 1.3 : Vue aérienne de la station d'épuration.....	4
Figure 1.4 : Etape de traitement s des eaux usées (station de boghni)	5
Figure 1.5 : Dégrilleur (station de Boghni).	6
Figure 1.6 : Dessableur-déshuileur (station de Boghni).	6
Figure 1.7 : Bassin de décantation (station de Boghni).	9
Figure 1.8 : Bassin d'aération(station de Boghni).	12
Figure 1.9 : Bassin de stabilisation (station de Boghni).	13
Figure 1.10 : Clarification (station de Boghni).	14
Figure 1.11 : Lit de séchage(station de Boghni).	15

Chapitre 2

Figure 2.1 : Evolution de la vitesse de chute des particules en fonction de leurs diamètres...20	20
Figure 2.2 : Résultats de la vitesse de chute e fonction de son diamètre d, pour différentes valeur du coefficient a.	22
Figure 2.3 :Processus de décantation des particules dans le bassin.....	23
Figure 2.4: Taux de traitement en fonction du pourcentage d'élimination.	25
Figure 2.5 : Coupe longitudinale de bassin de décantation de la STEP de Boghni.....	29

Chapitre 3

Figure 3.1 : Schéma d'illustration de la fonction d'état limite.....	36
Figure 3.2 : Courbe de la densité de loi normale pour $Q= 22.57l/s$	39
Figure 3.3: Courbes de répartition de la loi normale.	40
Figure 3.4 :État limite et approximation de la probabilité de risque par FORM et SORM.	42
Figure 3.5 : Teste de convergence.	43
Figure 3.6 : Macro pour, en Visual Basic, pour le calcul de probabilité de défaillance.....	43
Figure 3.7 : Courbe de probabilité de défaillance P_f en fonction de C_v	44
Figure 3.8 : Evolution de Probabilités défaillance P_f en fonction de Coefficient de variation C_v , pour différents diamètres des particules piégées.	45
Figure 3.9 : Evolution de Probabilités défaillance P_f en fonction de Coefficient de variation C_v , pour différents diamètres des particules piégées.....	47
Figure 3.10 : Longueur de décantation des particules de différents diamètres.....	49

Les bassins de décantation sont des ouvrages d'assainissement réalisés pour l'épuration des eaux usées avant rejet dans le milieu naturel. Le système d'épuration par bassin de décantation est considéré comme une épuration primaire obéissant à une décantation physique basée sur les lois de la mécanique newtonienne. Ce phénomène physique fait appel à plusieurs paramètres d'entrée, tels que le débit des eaux usées et le diamètre cible de la particule à retenir. Ces deux paramètres sont réputés comme incertains étant donné que le débit rejeté est un paramètre temporel variant tout le long de la journée, donc difficile à cerner avec exactitude.

Les eaux usées sont très hétérogènes et formées par plusieurs particules de différents diamètres, de différentes natures (minérale, organique) et différentes densités.

Ces incertitudes nous poussent à réaliser, au-delà d'un calcul déterministe classique de l'ingénieur, un calcul probabiliste pour apprécier avec précision la probabilité de risque de la défaillance de fonctionnement d'un bassin de décantation.

Comme exemple pratique nous nous intéressons à l'étude d'un bassin de décantation de la station d'épuration de la commune Boghni dans la wilaya de Tizi Ouzou. Pour ce faire nous avons reparti le travail en trois chapitres :

Le premier chapitre sera consacré sur à la présentation de la région d'études (Boghni) d'un point de vue géographique, topographique et hydrologique ainsi qu'à la présentation de la station d'épuration avec ces différents traitements des eaux usées.

Le deuxième chapitre sera dédié au calcul déterministe en vue du dimensionnement du bassin de décantation de la station d'épuration de Boghni et des lits de séchages.

Au troisième chapitre, une analyse fiabiliste sera conduite, en tenant compte de l'incertitude liée au débit de rejet. La fonction d'état limite sera dictée par la condition de service normal. La probabilité de défaillance du bassin sera déterminée par la méthode de Monté Carlo Classique et sera comparée à la probabilité admise pour les structures de génie civil.

Chapitre 1

Présentation de la région d'étude et de station d'épuration

Introduction

Ce chapitre est consacré, dans un premier temps, à la présentation de la zone d'étude d'un point de vue géographique, topographique et hydrologique. Dans un second temps, nous présentons la station d'épuration de Boghni faisant l'objet d'étude, situé dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Nous décrivons, enfin, les différents composants de la station et le processus de traitement des eaux usées.

1.1. Situation géographique

La commune de Boghni est située dans la région de Kabylie, en Algérie. Elle se trouve, plus précisément dans la wilaya de Tizi Ouzou, à environ 100 kilomètres à l'est d'Alger. Elle est délimitée (figure 1.1) :

- Au Nord par la commune de Maatkas ;
- A l'est par la commune des Assi youcef ;
- A l'ouest par la commune de Bounouh ;
- Au sud par la wilaya de Bouira.

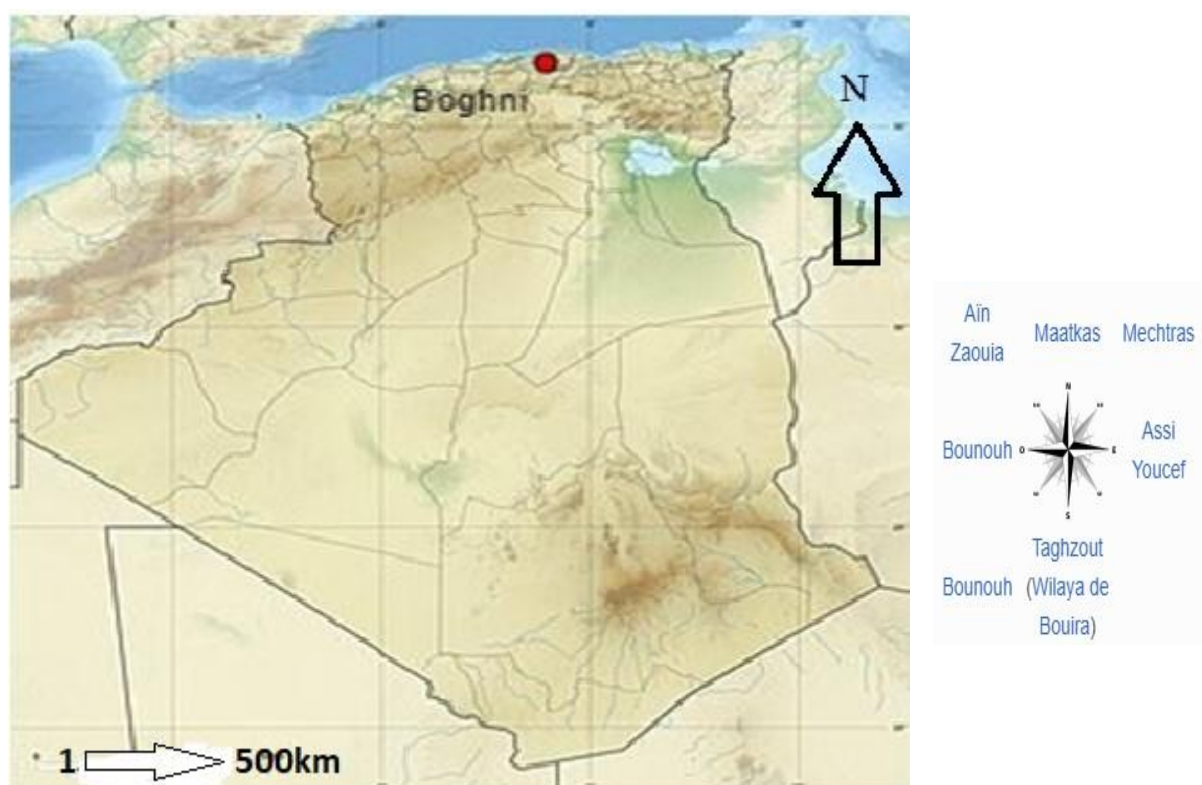


Figure 1.1: Situation géographique de la commune de Boghni
(<https://en.wikipedia.org/wiki/Boghni>) .

1.2. Population

Selon les informations recueillies au niveau de la Subdivision l'urbanisme de la Daira de Boghni, les zones raccordées au réseau d'assainissement sont : Boghni ville, Beni Mendes, Mahbane, Beni Kouffi, Ighzer n chbel et Ait Ali. La population raccordée à la station d'épuration de l'année 2006 s'élève à 16250 habitants.

1.3. Situation topographique

La région de Boghni présente une topographie montagneuse et vallonnée. Elle est entourée par les montagnes du Djurdjura et du mont Lalla Khadidja. La topographie de la région crée également des vallées et des cours d'eau qui traversent la région. (Source : APC,Boghni) .

1.4. Hydrologie

1.4.1. Climat

Le climat de la région de Boghni, en Algérie est de type méditerranéen. Il est caractérisé par des étés chauds et sec, et un hiver doux et pluvieux. Les températures moyennes en été peuvent atteindre jusqu'à 36°C, tandis qu'en hiver elles avoisinent les 14°C.

Les précipitations sont plus fréquentes pendant les mois d'automne et d'hiver. Les données des températures et précipitations utilisées sont recueillies au niveau de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) de Tizi Ouzou.

1.4.2. Température

Les variations mensuelles des températures de la station de Tizi-Ouzou observées pour l'année 2006 sont données dans le tableau 1.1 :

Tableau 1.1 : Variation mensuelle des températures de la station de Tizi-Ouzou (ANRH).

	Janv	Fev	Ma	Avr	mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	dec	An	Min	Max
T max extrême	23,0	26	27,6	31,9	28	35,8	43,9	38,6	41	32,7	25,7	22,3	31,38	22,3	43,9
T max moy	16,2	14,6	17,4	22,3	21,9	28,7	36,3	34,6	32	24,5	20,1	17,4	23,83	14,6	36,3
T moyennes	11,8	10,6	14	17,2	17,6	22,7	29	27,8	26,2	20,1	16	12,8	18,82	10,6	29
T min moy	7,5	6,7	10,4	11,9	13,5	16,9	21,5	20,7	20,4	15,5	11,6	8,1	13,73	6,7	21,5
T min extrême	4,8	2	4,3	5,6	8,8	12,7	17,5	15,9	14,3	10,1	6,4	5,4	8,98	2	17,5

1.4. 3. Précipitation

Les précipitations jouent un rôle important dans le cycle de l'eau. Elles désignent la chute de l'eau sous forme de pluie, de neige, de grêle ou de grésil. Elles sont essentielles pour l'approvisionnement en eau de la région et pour l'agriculture. Les précipitations de l'année 2006 sont données dans le tableau 1.2 (ANRH).

Tableau 1.2 : Série pluviométrique moyenne (2006).

Années	Sept	oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Unités
2006	36,4	11,7	7,8	161,8	10,5	61	258,6	204,5	17,2	10	9,4	4,2	mm

Le diagramme ombrothermique illustré en figure 1.2 montre que la période pleureuse va du mois février au mois de mai et de novembre à décembre et la période chaude s'étale du mois de mai au mois de novembre. La précipitation moyenne max est 258,6 mm et la température moyenne max 36°.

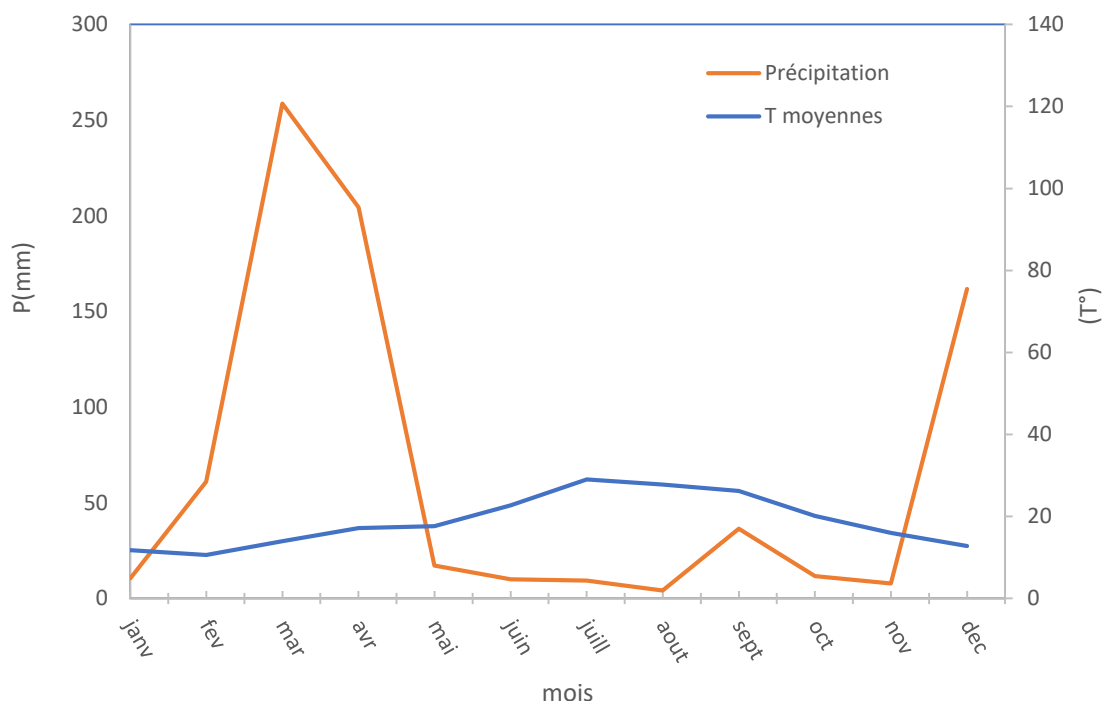


Figure 1.2 : Diagramme ombrothermique.

1.5. Description de la station d'épuration de Boghni

Cette station d'épuration de Boghni est composée d'un (figure 1.3) :

- (1) -Dégrilleur ;
- (2) -Dessableur –déshuileur ;
- (3) -Bassin de décantation ;
- (4) -Bassin d'aération ;
- (5) -Bassin de stabilisation ;
- (6) -Un clarificateur ;
- (7) -Un épaisseur ;
- (8) -Lit de séchage.



Figure 1.3 : Vue aérienne de la station d'épuration (Google Arth).

1.5.1. Les différentes étapes de traitements des eaux usées

La dépollution des eaux usées nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre au minimum d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée. Selon le degré d'élimination de la pollution et les procédés mis en œuvre, quatre niveaux de traitements sont définis, le prétraitement, le traitement primaire, le traitement secondaire et traitement. Des boues L'eau en acheminement de l'amont vers l'aval

de la station passe par différentes phases de traitement (Figure 1.4) :

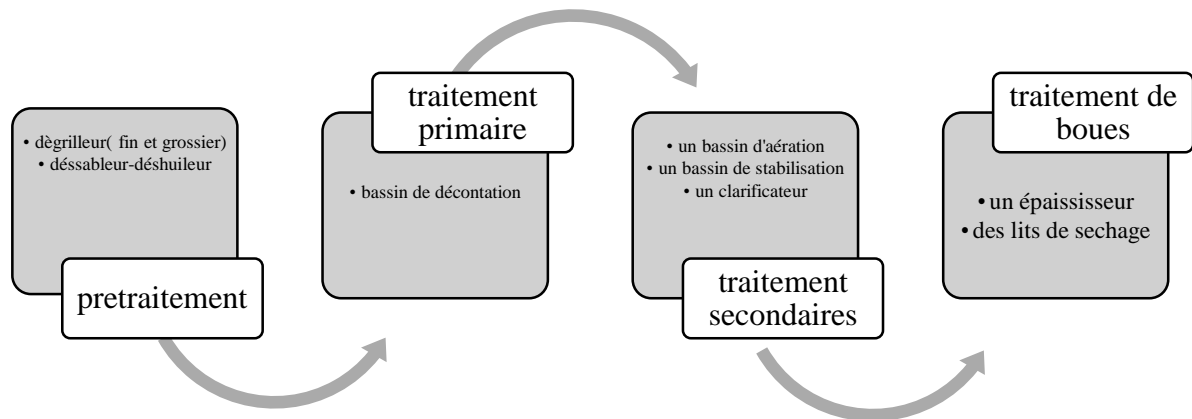


Figure 1.4 : Etapes de traitements des eaux usées (station de Boghni).

1.5.1.1. Prétraitement

Le prétraitement est destiné à éliminer les matières les plus grossières et les éléments susceptibles de gêner le déroulement du processus. Cette phase s'effectue à travers le dégrilleur et le dessableur –déshuileur, comme suit :

a. Dégrilleur

Le dégrillage est destiné à débarrasser les eaux usées des matières grossières susceptibles de provoquer un bouchage dans les différentes installations, par passage à travers une grille en fonction de la taille des débris à éliminer. Nous distinguons deux types de dégrilleurs.

a.1 Dégrilleur grossier

Cet ouvrage est indispensable, permet de protéger la station contre l'arrivée de gros objets. L'eau brute passe à travers des grilles de barreaux placées verticalement ou inclinées de 60 à 80° par rapport à l'horizontale (figure 1.5).

a.2 Dégrilleur fin

Après le dégrillage grossier, l'effluent aboutira à l'extrémité d'un canal de dégrillage équipé d'une grille fine automatique, et une autre manuelle de secours (figure 1.5).



Figure 1.5 : Dégrilleur (station de Boghni).

b. Dessableur-déshuileur

Le dessableur est conçu pour éliminer les particules de sable et de gravier présentes dans les eaux usées, afin de prévenir les obstructions dans les canalisations et de protéger les équipements de traitement ultérieurs (figure 1.6). Les déshuileurs sont utilisés pour enlever les hydrocarbures et les huiles présentes dans les eaux usées. Ces équipements sont essentiels pour assurer un traitement efficace des eaux usées avant leur rejet dans le milieu naturel.



Figure 1.6: Dessableur-déshuileur (station de Boghni).

Le dessableur présente plusieurs avantages, tels que :

- Éviter les dépôts dans les canalisations induisant leur bouchage ;
- Protéger les pompes et autres organes mécaniques contre l'abrasion ;
- Eviter de perturber les autres stades de traitements, en particulier le réacteur biologique ;
- Et réduire la production des boues.

Quant au déshuileur, il présente plusieurs inconvénients à plusieurs niveaux :

- Il diminue le rendement du traitement biologique ;
- Provoque la formation d'un film isolant à la surface de l'eau empêchant les transferts air-eau et donc empêchant l'activité aérobie ;
- Induit une mauvaise sédimentation ;
- Induit un risque de bouchages des canalisations et des pompes ;

A cet effet, la réduction est basée sur la séparation gravitaire et améliorée par insufflation d'air.

1.5.1.2. Traitement primaire

Le traitement primaire s'effectue dans un bassin de décantation. Ce bassin est un composant essentiel d'une station d'épuration. Il joue un rôle crucial dans le processus de traitement des eaux usées. La décantation vise à éliminer les matières plus lourdes que l'eau par simple gravité, l'eau usée passe par le décanteur avec une vitesse lente afin que les matières plus lourdes que l'eau tombent au fond. La couche déposée au fond du bassin, est dite boue primaire.

Une bonne décantation primaire permet d'éliminer 30 à 35 % de la DBO₅, 60 % de MES et 90 % Des matières décantables. (CHEKLAT .Y.2015).

1.5.1.2.1. Types de bassin de décantation

Existe plusieurs types de bassins de décantation utilisés dans divers contextes industriels et environnementaux. Voici quelques-uns des types les plus courants :

a1. Bassin de décantation conventionnel

C'est le type de bassin de décantation le plus basique et plus utilisé dans décantation est le processus par lequel les particules solides présentes dans un liquide, comme les eaux usées traitées, se déposent au fond d'un réservoir ou d'un bassin sous l'effet de la gravité. Ce processus exploite la différence de densité entre les particules solides et le liquide pour permettre leur séparation. Les particules solides, plus lourdes que le liquide, ont tendance à descendre et à s'accumuler au fond du réservoir, formant ce qu'on appelle des boues ou des sédiments. En

Même temps, le liquide clarifié s'accumule en surface et peut être évacué pour un traitement ultérieur ou un rejet dans l'environnement.

a)2. Bassin de décantation API

Comme mentionné précédemment, ce type de bassin est spécifiquement conçu pour séparer les hydrocarbures des eaux usées dans l'industrie pétrolière et gazière. Il utilise souvent des cloisons internes et des dispositifs spéciaux pour favoriser la séparation des phases liquide-liquide et solide-liquide.

a)3 .Bassin de décantation centrifuge

Dans ce type de bassin, la séparation des phases se fait grâce à la force centrifuge générée par la rotation du bassin. Cela permet une séparation plus rapide des solides et des liquides, souvent utilisée dans les applications où un traitement rapide est nécessaire.

a)4. Bassin de décantation biologique

Ces bassins sont utilisés dans les systèmes de traitement des eaux usées où des micro-organismes sont utilisés pour décomposer les contaminants organiques. Les boues biologiques formées dans ces bassins sont riches en micro-organismes bénéfiques pour le processus de traitement.

Ces différents types de bassins de décantation sont sélectionnés en fonction des caractéristiques spécifiques des eaux usées à traiter, des exigences de traitement et des contraintes opérationnelles de chaque installation. La station de Boghni est dotée d'un Bassin de décantation conventionnel (Figure 1.7).



Figure1.7: Bassin de décantation (station de Boghni).

1.5.1.2.1. Rôle d'un bassin de décantation

Le rôle d'un bassin de décantation est de séparer les fractions solides et liquides des boues de vidange ou des eaux usées. Plus spécifiquement, le bassin de décantation permet :

- D'abattre la charge polluante contenue dans les eaux en permettant la décantation ou la filtration d'une importante partie des matières en suspension ;
- De traiter les eaux usées et de produire des boues épaissies, en traitement primaire ou secondaire dans les stations d'épuration ;
- De séparer les particules grenues et floculées dans les stations d'épuration, avec une efficacité variable selon le type de bassin ;
- De stocker temporairement les eaux pluviales sur les réseaux séparatifs et de les décanter avant rejet au milieu Naturel ;
- De séparer les matériaux les plus grossiers transportés dans les réseaux unitaires, on parle alors de dessableur.

En résumé, les bassins de décantation sont des ouvrages essentiels pour le traitement des eaux usées et des boues, permettant d'abattre la charge polluante par sédimentation gravitaire des particules.

1.5.1.2.1. Avantage et inconvénients d'un bassin de décantation

a1. Avantages

- Permet d'avoir des eaux décantées très limpide ;
- Permet de récupérer la totalité des boues entraîné dans les rejets des centres de séparation ;
- Elimine les hydrocarbures insolubles et les matières en suspensions ce qui permet de réduire la charge polluante pour la suite de processus de traitement par déshuilage ;
- Ne nécessite pas d'équipements électromécaniques mis à part la pompe de recyclage des huiles vers le bac tampon du centre de production ;
- Présente un cout d'exploitation moyennement faible récupérable en 3 mois d'exploitation ;
- Utilisés dans les stations à boues activées, il permet de traiter les boues et de produire des eaux claires, réduisant les coûts de traitement et d'élimination des déchets ;
- Ne nécessite pas d'énergie pour fonctionner, il est économique en termes de coûts énergétiques ;
- Ne nécessitent pas de grandes surfaces pour leur installation, ce qui le rend pratique pour les espaces limités ;
- Permet de retenir une fraction importante de la pollution organique ;
- Permet d'alléger la charge du traitement biologique ultérieur ;
- Permet de réduire les risques de colmatage des systèmes de traitement biologique par cultures fixes, lits bactériens, disques biologiques.

a2. Inconvénients

- Inefficace pour l'élimination des émulsions stables et de la pollution dissoute (métaux lourds, Hydrocarbures dissous) ;
- Les décanteurs statiques peuvent être sujets au colmatage, surtout si les particules sont petites et collantes. Cela nécessite un entretien régulier pour nettoyer les dépôts accumulés ;
- La décantation est un processus lent et le temps de séjour des eaux dans le décanteur peut être élevé, ce qui réduit la capacité de traitement en cas de forts débits entrants. Nécessite un entretien adéquat ;

- Les décanteurs statiques sont moins efficaces pour séparer les particules fines ou de faible densité, qui peuvent rester en suspension et nécessiter un traitement supplémentaire.

1.5.1.2.2. Fonctionnement des bassins de décantation

Un bassin de décantation, également connu sous le nom de bassin de décantation primaire, est un composant clé d'une station d'épuration des eaux usées. Le principe de fonctionnement suit les étapes décrites ci-après :

a1. Réception des eaux usées brutes

Les eaux usées arrivent dans le bassin de décantation directement depuis les égouts ou après des processus préliminaires de traitement comme le dégrillage pour éliminer les débris solides plus gros.

a2. Séparation des solides

Dans le bassin de décantation, les solides en suspension dans l'eau commencent à se déposer au fond sous l'effet de la gravité. Ces solides comprennent des particules organiques et inorganiques.

a3. Formation des boues

Au fur et à mesure que les solides se déposent, ils forment une couche de boue au fond du bassin. Cette boue contient des matières organiques qui sont en partie décomposées par des micro-organismes anaérobies (qui n'ont pas besoin d'oxygène).

a4. Clarification de l'eau

Pendant que les solides se déposent, l'eau clarifiée s'accumule en surface et est dirigée vers d'autres étapes du processus de traitement des eaux usées.

a5. Élimination des boues

Périodiquement, les boues accumulées au fond du bassin de décantation sont pompées et envoyées vers un processus de traitement ultérieur, tel que la digestion anaérobie ou la filtration.

a6. Contrôle et maintenance

Le bassin de décantation nécessite un entretien régulier pour garantir son bon fonctionnement, y compris le nettoyage des débris accumulés et le contrôle des niveaux d'eau.

En résumé, le bassin de décantation permet de séparer les solides des eaux usées, facilitant ainsi le traitement ultérieur de l'eau pour éliminer les contaminants et rendre l'eau propre à être rejetée dans l'environnement ou réutilisée.

1.5.1.3. Traitement secondaire

Dans la station d'épuration de Boghni, le traitement biologique joue un rôle crucial. Il repose sur l'utilisation de micro-organismes comme les bactéries et les protozoaires pour dégrader les matières organiques contenues dans les eaux usées.

a1. Bassin d'aération

Le bassin d'aération est une partie importante d'une station d'épuration des eaux usées. C'est un réservoir où de l'oxygène est ajouté à l'eau pour favoriser la croissance de bactéries qui décomposent les matières organiques. Cela permet de filtrer l'eau avant de la rejeter dans l'environnement.



Figure1.8: Bassin d'aération (station de Boghni).

a2. Bassin de stabilisation

Un bassin de stabilisation dans une station d'épuration est une structure spécialement conçue pour traiter les eaux usées par des processus biologiques naturels. Il s'agit d'un réservoir ou d'une cuve où les eaux usées sont laissées à reposer pendant une période prolongée, généralement de plusieurs heures à plusieurs jours. Pendant ce temps, les micro-organismes présents dans les eaux usées se développent et dégradent la matière organique contenue dans l'eau. Ce processus permet de réduire la charge organique des eaux usées, mesurée notamment par la demande biochimique en oxygène (DBO), et de diminuer la présence de certains agents pathogènes. Les bassins de stabilisation peuvent fonctionner selon des modes aérobies (En présence d'oxygène), anaérobies (en absence d'oxygène) ou facultativement aérés, en fonction des conditions de traitement nécessaires et des caractéristiques spécifiques de la station d'épuration.



Figure1.9 : Bassin de stabilisation (station de Boghni).

a3. Décantation secondaire (clarification)

L'efficacité et les performances de l'épuration biologique résultent de l'action du bassin d'aération et du clarificateur (Figure 1.8), qui sur le plan technique, forment une seule unité. Le résidu des cellules et des microorganismes morts dans le bassin d'aération a tendance à s'agglomérer, la séparation de cette phase solide du liquide sera donc assurée au niveau du décanteur secondaire ou clarificateur.



Figure 1.10 : Clarification (station de Boghni).

1.5.1.5. Traitement de boues

a1. Epaissement

C'est le premier stade de traitement des boues. Son principe consiste à enlever une partie plus ou moins importante de l'eau contenue dans les boues. L'épaississement peut être gravitaire, ou s'effectue par flottation, par égouttage ou par centrifugation. Il a pour objectif de réduire le volume des boues et d'augmenter la concentration des matières (résultat : 3 à 8 % de siccité selon les techniques utilisés). L'épaississement facilite en particulier les traitements ultérieurs.

a2. Déshydratation des boues (lits de séchage)

Les boues épaissies sont épandues sur des lits pour y être déshydratées naturellement. Les lits sont formés d'aires délimitées par des murettes. Ils sont constitués d'une couche de sable disposée sur une couche support de gravier. Les drains, disposés sous la couche support, recueillent les eaux d'égouttage pour les ramener en tête de station. L'épaisseur maximale (H) de boues à admettre sur les lits de séchage est 40 cm. Les opérations successives de remplissage d'un lit doivent être faites à intervalles rapprochés, soit 2 à 3 jours. La durée de séchage est de 4 à 6 semaines suivant les climats et les saisons. Une largeur (b) optimum de 8 m et une longueur (L) de 20 à 30 m est conseillée si le lit n'est alimenté qu'en un seul point.



Figure 1.11 : Lit de séchage (station de Boghni)

Conclusion

En conclusion, nous retenons que la station de Boghni dans la wilaya de Tizi Ouzou est dimensionnée pour recevoir un débit de rejet des eaux usées et des eaux pluviales de 22. 57l/s, pour une population de 16250 hab. Les régions raccordées sont à cette station sont Boghni ville, Beni Mendes, Mahbane, Beni Kouffi, Ighzer n chbel et Ait Ali

La station est composée d'un déguiller et le dessableur – déshuileur pour le prétraitement et d'un bassin de décantation pour le traitement primaire et d'un bassin d'aération et clarificateur et d'un bassin désinfection pour le traitement secondaire, Pour le traitement de boue, celui-ci est effectué dans des lits de séchages.

Nous nous intéressons tout particulièrement au bassin de décantation ainsi qu'aux lits de séchage qui feront l'objet d'un calcul déterministe au deuxième chapitre et d'une analyse fiabiliste au troisième chapitre.

Chapitre 2

Calcul déterministe de bassin de décantation

Introduction

Ce chapitre est consacré au dimensionnement du bassin de décantation de la station de Boghni et des lits de séchage. Après avoir vérifié le débit entrant dans la station, nous procédons au calcul de la géométrie du bassin (longueur et largeur), compte tenu de la vitesse de l'écoulement. De la vitesse de chute des particules, de leur diamètre et du temps de séjours de ces particules dans les bassins. Par ailleurs, les dimensions et le nombre de lits de séchage est fonction du volume es boues produites annuellement, ainsi que la fréquence de nettoyage de ces lits.

2.1. Evaluation le débit de rejet Q_r

Le débit des eaux usées (débit de rejet Q_r) entrant à la station de de Boghni est obtenu à partir de la relation (2.1), En fonction du nombre d'habitants pour un taux de rejet (d'évacuation) de 80% (Hammoum, 2024):

Soit :

$$Q_r = 0.8 \times \frac{N_b \times \text{Dot} \times K_p}{1000} \quad (2.1)$$

N_b : nombre d'habitant donné par l'APC de Boghni en 2006, égale à 16250 habitants ;

Dot : dotation moyenne journalière par habitants pour la commune de Boghni, égale à 150 l/hab. /j ;

K_p : coefficient de point, pris égale à 1.

Ce qui donne :

$$Q_r = 0.8 \times \frac{16250 \times 150 \times 1}{1000}$$

Soit :

$$Q_r = 1950 \text{ m}^3/\text{j}$$

Le débit de rejet en l/s est donné par :

$$Q_r = \frac{1950}{3600 \times 24} \times 1000 = 22.57 \text{ l/s}$$

Le débit d'eau usée rejetée quotidiennement (l/s) est estimé à 80% du débit moyen d'eau potable consommée.

2.2. Dimensionnement du bassin de décantation

2.2.1. Hauteur d'eau dans le bassin

La hauteur d'eau dans le bassin est calculée en fonction du débit qui rentre au bassin de décantation et la vitesse d'écoulement prise gale 0.01cm/s, telle que donnée par la formule (2.2) (Hammoum. 2024) :

$$h = \sqrt{\frac{Q_r}{4 \times v}} \quad (2.2)$$

D'où :

V : la vitesse horizontale d'écoulement de l'eau dans le bassin.

$$h = \sqrt{\frac{22.57 \times 10^3}{4 \times (0.10 \times 10^{-2})}}$$

Soit :

$$h = 2.38 \text{ m}$$

2.2.2. Diamètre des particules à décanter

Les particules à décanter sont de différents diamètres ; allant du gravier aux bactéries (tableau 2.1). Le bassin d'étude sera dimensionné pour piéger jusqu'aux particules fines de diamètre $d=0.01\text{mm}$. Autrement dit les bactéries.

Tableau 2.1: Diamètres des particules à décanter (Bourrier. 1991).

Particules	Diamètres (mm)
Gravier	2 – 10
Sable grossier	0.5 – 2
Sable moyen	0.25 – 50
Sable fin	0.10 – 0.25
Sable très fin	0.05 – 0.10
Bactéries grossier	0.1 - 0 .025
Bactéries moyen	0.025 – 0.015
Bactéries fin	0 .015 – 0.012
Bactéries très fin	0.012 - 0.01

2.2.3. Vitesse moyenne de chute

La vitesse moyenne de chute μ de la particule est fonction de son diamètre. Elle est donnée par plusieurs relations. Tirées de la littérature :

• Première relation

Cette relation, décrite par l'équation de Reynolds, exprime la vitesse de chute d'une particule dans un fluide en fonction de plusieurs paramètres, tels que (Bourrier. 1991) :

$$\mu = \left(\frac{4 \times g \times d}{3 \times C} \frac{\rho_d - \rho}{\rho} \right)^{0.5} \quad (2.3)$$

Avec :

g : Accélération de la pesanteur (m/s^2) ;

d : Diamètre de la particule (mm) ;

ρ_d : Masse volumique de la particule (kg/m^3) ;

ρ : Masse volumique de fluide (kg/m^3) ;

C : Coefficient de frottement dépendant de l'écoulement du liquide au voisinage de la particule.

Cet écoulement est caractérisé par un nombre de Reynolds Re donné par l'équation (2.4) :

$$Re = \frac{\mu \times d}{\nu} \quad (2.4)$$

Avec :

μ : La vitesse relative de la particule par rapport au liquide (m/s) ;

ν : La viscosité cinématique du liquide (m^2/s).

Ainsi, pour :

$$- Re < 1 : \quad C = \frac{24}{Re} \quad (2.5)$$

$$-0.5 < Re < 2 : \quad C = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34 \quad (2.6)$$

Le tableau 2.2 donne les valeurs moyennes de la vitesse de chute pour des particules de diamètre allant de 0.1 à 2 mm, dans une eau à 15°, la figure 2.1 illustre cette variation.

Tableau 2.2: Vitesses de chute en fonction des diamètres des particules (Bourrier. 1991).

d(mm)	μ (cm/s) Valeurs moyennes dans une eau à 15°
2.0	29
1.5	23
1.0	17
0.8	14
0.6	10
0.5	10
0.4	7
0.3	5
0.2	3
0.1	1
0.05	0.2

A partir de ces données, nous avons proposé une relation de type polynomiale de second ordre pour exprimer l'évolution de la vitesse de chute des particules en fonction de leur diamètre, telle que donné par l'équation (2.7). Les résultats. Illustrés dans le tableau 3.3 montrent que la relation proposée donne de bons résultats uniquement pour des diamètres supérieurs à 0.05mm ($R^2=0.9924$). Au-delà les résultats sont erronés. A cet effet, nous prospectons une autre relation.

$$\mu = -3.7209d^2 + 22.135d - 0.9048 \quad (2.7)$$

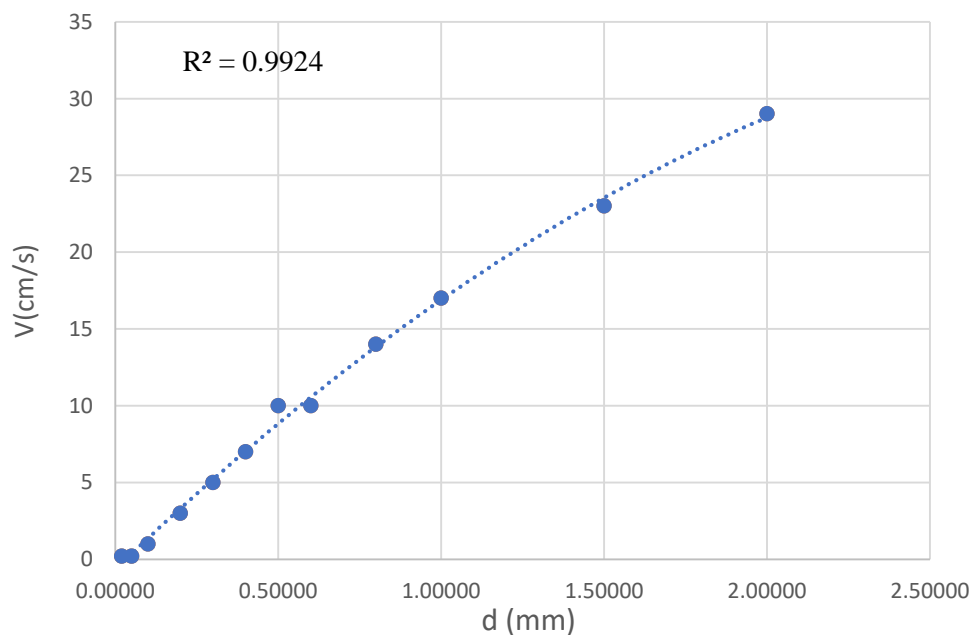


Figure 2.1: Evolution de la vitesse de chute des particules en fonction de leurs diamètres.

Tableau 2.3 : équation de vitesse de chute

d(mm)	μ (cm/s)	Equation
Valeurs moyennes dans une eau à 15°		
2.0	29	28.48
1.5	23	23.92
1.0	17	17.50
0.8	14	14.42
0.6	10	11.03
0.5	10	9.23
0.4	7	7.35
0.3	5	5.40
0.2	3	3.37
0.1	1	1.27
0.05	0.2	0.19
0.02	-	-0.46

- **Deuxième relation**

Bourrier (1991) propose la relation (2.8) pour calculer la vitesse de chute des particules.

Soit :

$$\mu = ad^{1.25} \quad (\text{m/s}) \quad (2.8)$$

a : coefficient d'ajustement dépendant principalement de la charge en sable des sédiments ;
($0.05 \leq a \leq 0.15$)

d : le diamètre de la particule piégée en (mm)

La figure 2.2 illustre les résultats des vitesses de chute de la particule en fonction de leurs diamètres d, pour différentes valeurs du coefficient d'ajustement. Un extrait de ces résultats est donné dans le tableau (2.4) pour $a=0.09$. Nous constatons que la vitesse moyenne de chute des particules augmente en fonction du diamètre et du coefficient d'ajustement a.

Tableau 2.4: Extrait des résultats de la vitesse de chute en fonction de son diamètre d. pour différentes valeurs du coefficient a.

d (mm)	vitesse de chute (cm/s)	le temps de chute (s)	temps de séjour(s)	largeur de bassin (m)	longueur de bassin (m)
2	21.41	11.12	37.80	9.52	0.04
1.5	14.94	15.93	54.16	9.52	0.05
1	9.00	26.44	89.91	9.52	0.09
0.8	6.81	34.95	118.84	9.52	0.12
0.6	4.75	50.08	170.26	9.52	0.17
0.5	3.78	62.90	213.85	9.52	0.21
0.4	2.86	83.13	282.64	9.52	0.28
0.3	2.00	119.11	404.96	9.52	0.40
0.2	1.20	197.72	672.24	9.52	0.67
0.1	0.51	470.26	1 598.87	9.52	1.60
0.09	0.44	536.45	1 823.94	9.52	1.82
0.08	0.38	621.54	2 113.25	9.52	2.11
0.07	0.32	734.45	2 497.13	9.52	2.50
0.06	0.27	890.52	3 027.78	9.52	3.03
0.05	0.21	1 118.46	3 802.78	9.52	3.80
0.04	0.16	1 478.29	5 026.18	9.52	5.03
0.03	0.11	2 118.03	7 201.31	9.52	7.20
0.02	0.07	3 515.98	11 954.35	9.52	11.95
0.01	0.028	8 362.47	28 432.39	9.52	28.43

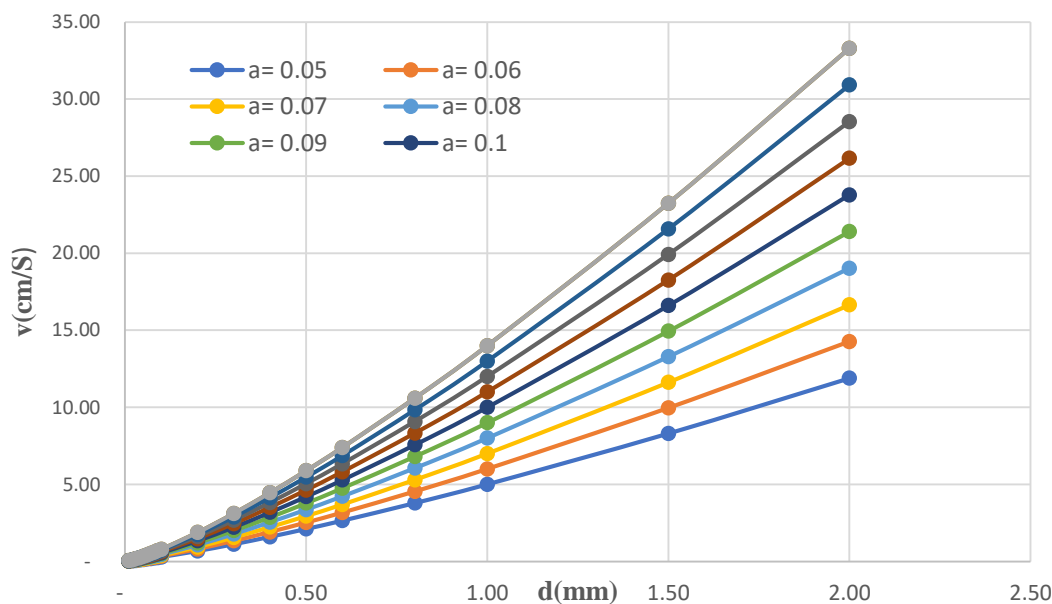


Figure 2.2: Résultats de la vitesse de chute eu fonction de son diamètre d. pour différentes valeurs du coefficient a.

Pour notre étude nous avons adopté la valeur du coefficient $a=0.09$ pour un diamètre de particules $d=0.01\text{mm}$, ce qui donne une vitesse de chute de 0.028cm/s , correspondant aux données du projet (APC –Boghni) .

- **Processus de décantation**

Dans un bassin de décantation, la classification des particules selon leur diamètre est cruciale pour comprendre leur sédimentation et pour optimiser l'efficacité du processus de décantation. Les particules en suspension dans l'eau peuvent être divisées en différentes catégories en fonction de leurs diamètres (graviers, sables et bactéries), ce qui affecte leur vitesse de chute et de décantation et leur capacité à être éliminées du flux d'eau. Les particules grossières, Généralement supérieures à 100 micromètres, ont tendance à se déposer rapidement au fond du bassin en raison de leur densité et de leur diamètre important. Les particules fines, dans la plage de 100 micromètres à quelques micromètres, peuvent également se déposer mais à une vitesse de chute plus lente et peuvent nécessiter un temps de résidence plus long dans le bassin pour une élimination efficace. La figure 2.3 illustre ce processus de décantation le long du bassin de la station de Boghni. Nous constatons que les particules grossières telles que le gravier et le sable grossiers sont immédiatement décantées à l'entrée du bassin, viennent après les sables moyens et fin au milieu du canal. Quant aux bactéries, celles-ci prennent plus de temps et sont piégées en dernier à la fin du canal.

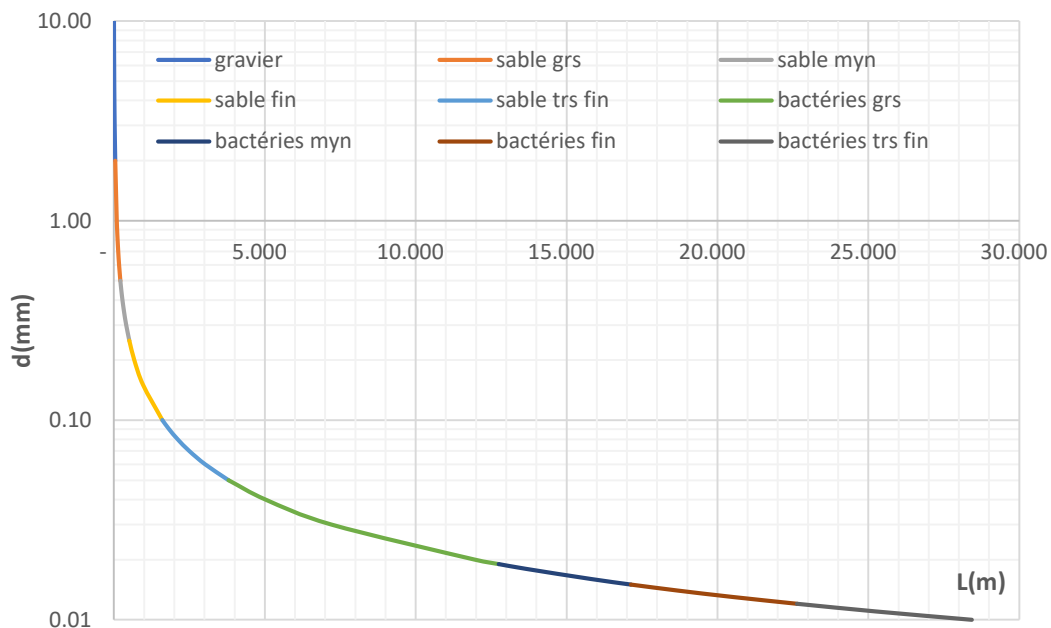


Figure 2.3: Processus de décantation des particules dans le bassin.

2.2.4. Temps de chute théorique de la particule

Le temps de chute de la particule à décanter est obtenu par la relation (2.9), (Bourrier. 1991) :

$$t_0 = \frac{h}{\mu} \quad (2.9)$$

Avec :

h : hauteur d'eau dans le bassin (m) ;

μ : valeur moyen de vitesse de chute (cm/s).

Ce qui donne :

$$t_0 = \frac{2.38}{0.028 \times 10^{-2}}$$

Soit :

$$t_0 = 8346.18 \text{ s} = 2.32 \text{ heures}$$

2.2.5. Calcul le temps de séjour de l'eau dans le bassin

Le temps de séjour de l'eau dans le bassin est donné par la relation (2.10). En fonction du temps de chute théorique t_0 et du taux de traitement (Bourrier. 1991).

$$\frac{t}{t_0} = \text{taux de traitement} \quad (2.10)$$

Le taux de traitement est obtenu graphiquement à partir de la figure 2.4. Pour un pourcentage d'élimination de 90 % de matières en suspension, et une performance moyenne du bassin correspondant $n=3$, le taux de traitement est égal à 3.4.

Ce qui donne :

$$t = 3.4 t_0$$

On obtient :

$$t = 28377.02 \text{ s} = 7.88 \text{ heures}$$

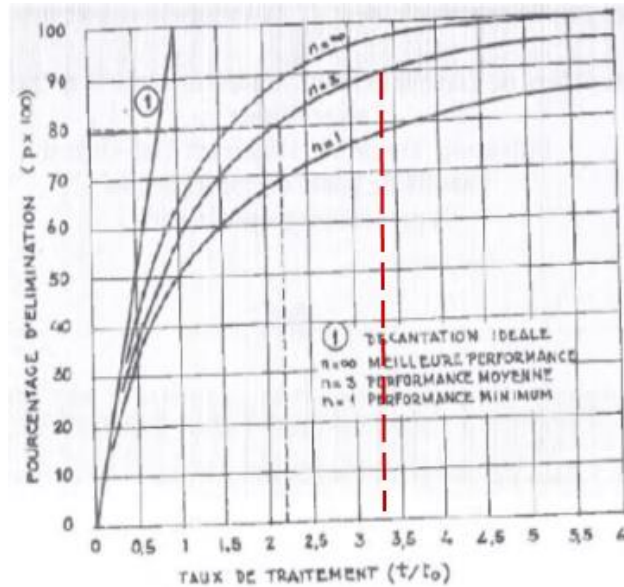


Figure 2.4 : Taux de traitement en fonction du pourcentage d'élimination.

2.2.6. Calcul la largeur du bassin

La largeur l du bassin de décantation est donnée par la relation (2.11) (Bourrier. 1991) :

$$l = 4 \times h \quad (2.11)$$

Sachant que $h=2.38$ m. il vient :

$$l = 4 \times 2.38 = 9.50 \text{ m}$$

Soit :

$$l = 9.50 \text{ m}$$

2.2.7. Calcul la longueur de bassin

La longueur L du bassin (Bourrier. 1991), être déduite en fonction du temps de séjour de la particule t (s) et la vitesse d'écoulement v (cm/s). Soit :

$$L = v \times t \quad (2.12)$$

Ce qui donne :

$$L = (0.10 \times 10^{-2}) \times 28377.02 = 28.38 \text{ m}$$

Soit

$$L = 28.38 \text{ m}$$

Nous adaptions la longueur à 29m.

2.3. Dépôt des matières solides

2.3.1. Matière en suspension (M.E.S.) à l'entrée du bassin de décantation

La teneur en matières en suspension (MES) dans notre région a été évalué par des analyses entre 316 et 490mg/l par (Hammoum.al .2018). Pour notre cas d'étude, nous avons adopté 490mg. Ainsi pour une dotation de 150l/j/hab et un taux de rejet de 80%, nous obtenons :

$$\text{M.E.S. à l'entrée du bassin} = 490 \times 10^{-3} \times \text{Dot} \times 0.80 \quad (\text{g/hab/j}) \quad (2.13)$$

Ce qui donne :

$$\text{M.E.S. à l'entrée du bassin} = 58.80 \quad \text{g/hab/j}$$

2.3.2. Charge M.E.S. journalière

La charge MES journalière est la quantité des matières en suspension rejetée par habitant. Elle est obtenue par la relation (2.14) (Hammoum.2024).

$$\text{MES}_j = \text{MES} \times \text{Nb} \quad (2.14)$$

Ce qui donne

$$\text{MES}_j = 58.80 \times 0.001 \times 16250$$

Soit :

$$\text{MES}_j = 955.5 \quad \text{kg /j}$$

2.3.3. Matière sèches journalières

La matière sèche journalière est obtenue par le produit de la charge MES journalière et du rendement d'épuration η pris égale à 90%, comme suit :

$$\text{MES} = \eta \times \text{MES}_j \quad (2.15)$$

Ce qui donne :

$$\text{MES} = 0.90 \times 955.5 = 859.95 \quad \text{kg/j}$$

2.3.4. Les matières sèches spécifiques (MSS)

Les matières sèches spécifiques permettent de déterminer la concentration des matières solide dans un liquide. Sont obtenues par la relation (2.16).

$$MSS = \frac{\text{Les Matière sèches journalières}}{N_b} \quad (2.16)$$

D'ou

$$MSS = \frac{859.95}{16250} = 0.05 \text{kg/j/hab}$$

2.3.5. Volume de boues produites quotidiennement

Le volume de boues produites quotidiennement est obtenu par la relation 2.17. En fonction de la matière sèche journalière et de la teneur en matière sèche (60 kg MES/m³). Soit :

$$V_{bpq} = \frac{\text{Les Matière sèches journalières}}{\text{teneur en matiere seche}} \quad (2.17)$$

Ce qui donne :

$$V_{bpq} = \frac{859.95}{60} = 14.33 \text{ m}^3/\text{j}$$

Soit

$$V_{bpq} = 14.33 \text{ m}^3/\text{j}$$

2.3.6. Volume du bassin occupé par les boues

Le volume du bassin occupé par les boues est obtenu par le produit du volume des boues produites quotidiennement et du temps de séjour qui est confondu avec par la fréquence de nettoyages (30 jours), comme suit :

$$V_b = \text{Volume des boues} \times \text{le temps de séjour} \quad (2.18)$$

D'ou

$$V_b = 14.33 \times 30 = 429.98 \text{ m}^3$$

Donc :

$$V_b = 429.98 \text{ m}^3$$

2.4. Dimensions du bassin de décantation

2.4.1. Volume d'eau dans le bassin de décantation

Le volume d'eau dans le bassin de décantation est calculé à partir de la relation (2.19). En fonction de la hauteur d'eau dans le bassin h , de la largeur du bassin l et de la longueur du bassin L :

$$V_e = h \times l \times L \quad (2.19)$$

Qui donne :

$$V_e = 2.38 \times 9.5 \times 28.38 = 641 \text{m}^3$$

$$V_e = 641 \text{m}^3$$

2.4.2. Volume total du décanteur (eau + boues)

Le Volume total du décanteur est la cumulation du volume du bassin occupé par les boues et le volume d'eau dans le bassin de décantation. Soit :

$$V_t = V_e + V_b \quad (2.20)$$

Qui donne

$$V_t = 640.45 + 429.97 = 1073.43 \text{m}^3$$

2.4.3. La hauteur occupée par la boue

En considérant la surface longitudinale des boues dans le bassin comme un trapézoïdale est on a pris la petite base égal à $2/3$ de la grande base (longueur de bassin) est la hauteur occupée par les boues calculé comme suit :

volume de la boue dans le bassin = Surface bassinlongitudinale de la boue * l

D'ou

$$l = \frac{\text{volume de bassin occupee pa la boue}}{\left(\frac{2}{3} \times L_b + L_b\right) \times \frac{H_b}{2}} \quad (2.21)$$

$$H_b = \frac{V_b}{\left(\frac{2}{3} \times L_b + L_b\right) \times \frac{l}{2}}$$

Ce qui donne :

$$H_b = \frac{429.98}{\frac{\left(\frac{2}{3} \times 28.38 + 28.38\right) \times 9.5}{2}}$$

Soit :

$$H_b = 1.91 \text{ m}$$

2.4.4. Pente dans le bassin de décantation

La pente dans de bassin donnée par la formule :

$$I = \frac{H_b}{\frac{1}{3} \times L} \quad (2.22)$$

Alors :

$$I = \frac{1.91}{28.38 \times \frac{1}{3}}$$

Soit :

$$I = 0.20$$

2.4.5. Hauteur amont totale du bassin de décantation

La hauteur amont totale de bassin elle est donnée par la relation (2.23) :

$$H_{\text{amont}} = \text{hauteur occupée par la boue} + \text{hauteur d'eau dans le bassin} \quad (2.23)$$

Soit :

$$H_{\text{amont}} = 1.91 + 2.38$$

Ci qui donne :

$$H_{\text{amont}} = 4.29 \text{ m}$$

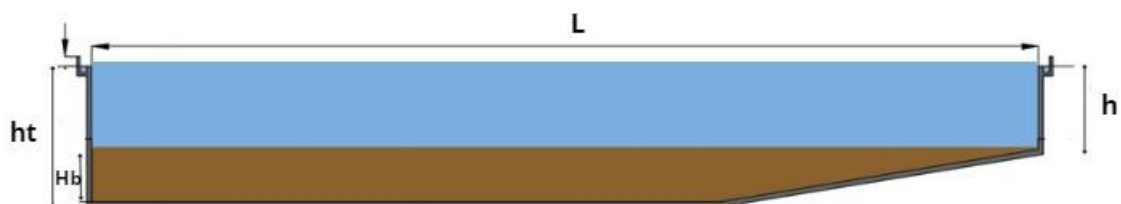


Figure 2.5 : Coupe longitudinale de bassin de décantation de la STEP de Boghni.

2.5. Lits séchages

Les boues épaissies sont épandues sur des lits pour y être déshydratées naturellement. Les lits sont formés d'aires délimitées par des murettes. Ils sont constitués d'une couche de sable disposée sur une couche support de gravier. Les drains, disposés sous la couche support, recueillent les eaux d'égouttage pour les ramener en tête de station. L'épaisseur maximale de boues à admettre sur les lits de séchage est 30 cm. Les opérations successives de remplissage d'un lit doivent être faites à intervalles rapprochés, soit 2 à 3 jours. La durée de séchage est de 4 à 6 semaines suivant les climats et les saisons. La station de Boghni est dotée de huit(8) lits de séchages avec deux (2) compartiments chacun de longueur (L) 20 m.

2.5. 1. Masse des boues produites quotidiennement

La masse des boues produites quotidiennement égale à la masse des matières sèches journalières.

$$M_{bpq} = 859.95 \text{kg/j}$$

2.5.2. Volume des boues produites annuellement

Le volume des boues produites annuellement est calculé comme suit :

$$V_{bpa} = M_{bpq} \times 365 \quad (2.24)$$

Soit : $V_{bpa} = 14.33 \times 365 = 5231.45 \text{m}^3/\text{année}$

2.5.3. Surface totale des lits de séchage (année)

La surface totale des lits de séchage (année) est obtenue par le rapport du volume des boues produites annuellement et la hauteur des boues dans le lit de séchage H_{bl} fixée à 30cm ; d'où :

$$S_t = \frac{V_{bpa}}{H_b} \quad (2.25)$$

Soit :

$$S_t = \frac{5231.4}{0.3} = 17438 \text{ m}^2/\text{année}$$

2.5.4. Surface du lit de séchage nécessaire par mois

La surface du lit de séchage nécessaire pour le mois est déterminée par l'équation (2.26) :

$$\frac{S_t}{Fr} \quad (2.26)$$

Fr. étant la fréquence de nettoyage des lits de séchage 12 fois /année

Ce qui donne :

$$\frac{S_t}{Fr} = \frac{17438}{12} = 1453.16 \text{ m}^2/\text{mois}$$

2.5.5. Nombre des lits de séchages

Le nombre de lits de séchages dans la station d'épuration de 8 lits avec 2 compartiment chacun.

2.5.6. Longueur du lit de séchage

La longueur du lit de séchage est prise égale à 20 mètre. Soit :

$$L = 20\text{m}$$

2.5.7. Largeur du lit de séchage

La largeur du lit de séchage est obtenue par la relation (2.27) :

$$l = \frac{S_t}{N \times L} \quad (2.27)$$

N : Nombre du lit de séchage ;

On obtient :

$$l = \frac{1453.16}{8 \times 20} = 9.08\text{m}$$

Un Récapitulatif des résultats du dimensionnement du bassin de décantation de la station d'épuration de Boghni ainsi que des lits de séchage est présenté dans le tableau :

Tableaux : Récapitulatif des résultats du dimensionnement du bassin de décantation.

Les données	valeur	unité		
Population de Boghni raccordée au bassin	16 250.00	habitant		
Dotation journalière	150.00	l/j/hab		
Coefficient de point	1.00			
Taux de rejet (évacuation)	0.80			
Débit moyenne entrant dans le bassin	1 950.00	m ³ /j		
Débit moyenne entrant dans le bassin	22.57	l/s		
Dimensionnement	valeur	unité		
Vitesse découlement dans le bassin	0.10	cm/sec		
Hauteur d'eau dans le bassin	2.38	m		
Diamètres de particules	0.01	mm		
Coefficient d'ajustement	0.09			
Valeur moyenne de vitesse de chute	0.028	cm/sec		
Le temps de chute théorique	8 346.18	sec	2.32	heure
Temps de séjour	28 377.02	sec	7.88	heure
Largeur de bassin	9.50	m		
Longueur de bassin	28.38	m		
Partie dépôt des matières solides	valeur	unité		
M.E.S. à l'entrée du bassin de décantation	490.00	mg/l		
	58.80	g/hab/j		
Charge M.E.S. journalière	955.50	kg/j		
Rendement d'épuration des M.E.S.	90.00	%		
Matière sèches journalières	859.95	kg/j		
Matière sèches spécifique	0.05	kg/j/hab		
Teneur en matière sèche	60.00	kg MES/m ³		
Volume de boues produites quotidiennement	14.33	m ³ /j		
Temps de séjour des boues dans le bassin	30.00	jours		
Volume du bassin occupé par les boues	429.98	m ³		
La hauteur occupée par les boues	1.91	m		
Pente dans le bassin de décantation	0.20			
Hauteur amont totale du bassin de décantation	4.29	m		
Hauteur aval totale du bassin de décantation	2.38	m		
Dimensions du bassin de décantation	valeur	unité		
Volume d'eau dans le bassin de décantation	640.45	m ³		
Volume total du décanteur (eau + boues)	1 070.43	m ³		
LITS DE SECHAGE				
Désignation des paramètres	valeur	unité		
La masse des boues produites quotidiennement	859.95	kg/j		
Le volume des boues produites annuellement	5 231.36	m ³ /année		
Hauteur des boues dans les lits de séchage	0.30	m		
Surface totale des lits de séchage (année)	17 437.88	m ² /année		
Fréquence de nettoyage des lits de séchage	12.00	fois /année		
Surface du lit de séchage nécessaire pour le mois	1 453.16	m ² /mois		
Nombre de lits de séchage	8.00	lits		
Longueur du lit de séchage	20.00	m		
Largeur du lit de séchage	9.08	m		

Conclusion

Le calcul déterministe du bassin de décantation, effectué dans ce chapitre, a permis de calculer les dimensions du bassin de décantation destiné à piéger jusqu'aux particules fines de diamètre 0.01mm (bactéries) charriées par un débit de rejet des eaux usées et pluviale ; ainsi que les dimensions des lits de séchage pour une fréquence d'entretien mensuelle. Les dimensions obtenues sont en conformité avec celles adoptées par les ingénieurs sur la STEP de Boghni.

Chapitre 3
Calcul fiabiliste

Introduction

L'analyse fiabiliste, proposée dans ce troisième chapitre, quantifie l'impact de l'incertitude liée au débit de rejet sur la fiabilité du bassin de décantation. Elle s'appuie sur un concept probabiliste pour déterminer la probabilité de défaillance du bassin de décantation. La variable aléatoire, qui est le débit de rejet, est générée suivant une loi de distribution normale. La fonction d'état limite est définie à l'état limite de service par la capacité du bassin à piéger des particules de diamètre égale à 0.01mm. La probabilité de défaillance est déterminée par la méthode de Monté Carlo classique.

3.1. Définition de fiabilité

La fiabilité d'un système se caractérise par la performance de celui-ci à remplir une fonction définie, sous des conditions données pendant une durée fixée, et en respectant le niveau de sécurité exigé (Calagaro, 1998).

La difficulté dans l'évaluation de la fiabilité provient de la nature incertaine, des phénomènes mis en jeu sur la structure considérée (variabilités des propriétés des matériaux, imprécisions géométriques, aléas des chargements appliqués). Toutefois, elle a un impact significatif sur les performances du système étudié.

3.2. Fonction d'Etat limite

La fonction d'état limite, aussi appelée fonction de défaillance ou fonction de performance, est une fonction mathématique qui définit les conditions de défaillance d'un système ou d'une structure. Elle permet de séparer l'espace des variables aléatoires en deux domaines : le domaine de défaillance et le domaine de sûreté. Plus précisément, la fonction d'état limite G s'écrit sous la forme :

$$G(x)=R(X)-S(X) \quad (3.1)$$

Avec :

$R(X)$: Caractéristique de résistance ;

$S(X)$: Sollicitation appliquée ;

X : vecteur aléatoire.

Où :

$G(X) = 0$ est l'équation de la surface d'état limite, frontière entre le domaine de défaillance ($G(X) \leq 0$) et le domaine de sûreté ($G(X) > 0$) (figure (3.1)).

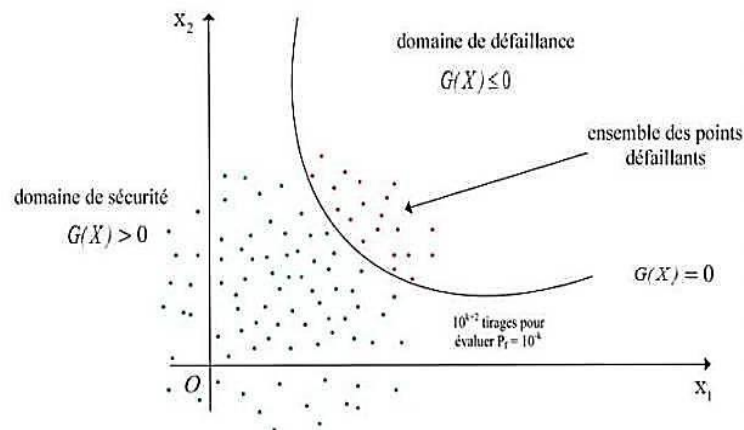


Figure 3.1: Schéma d'illustration de la fonction d'état limite (Maynadier, 2003).

Pour notre cas d'étude, la fonction d'état limite G est dictée par la capacité du bassin de décantation à piéger toutes les particules charriées par le débit de rejet. Elle est définie à l'état limite de service par la relation 3.2 :

$$G = L_{\text{adoptée}} - L_{\text{calculé}} \quad (3.2)$$

$L_{\text{adoptée}}$: Longueur du bassin adoptée ;

$L_{\text{calculé}}$: Longueur calculée.

Par ailleurs, la fiabilité d'une structure, notée R est habituellement définie par la relation (3.3) (Calagaro, 1998) :

$$R = 1 - P_f \quad (3.3)$$

D'où P_f représente la probabilité de défaillance, défini par :

$$P_f = P(G(X) \leq 0) \quad (3.4)$$

3.3. Identifications des variables aléatoires

Une variable aléatoire est un concept fondamental en probabilité et en statistiques. C'est une fonction qui associe à chaque résultat possible d'une expérience aléatoire un nombre réel. Ils existent, dans la littérature, plusieurs types de lois de distribution décrivant les variables aléatoires. Les plus utilisées pour décrire les incertitudes en génie civil sont : loi normale, loi log normale et loi de Weibull.

La variable aléatoire considérée, dans notre cas est le débit de rejet, sachant que ce dernier est entaché d'incertitudes liées à la consommation qui fluctue durant les saisons et aux précipitations (Grouse, 2013).

3.3.1. Génération de la variable aléatoire

La génération de la variable aléatoire selon la loi normale implique l'utilisation et la manipulation des paramètres caractérisant cette loi ; tels que :

- **La moyenne**

La moyenne correspond à la somme de toutes les valeurs x_i de cette série par l'effectif total N :

$$\bar{X} = \sum \frac{x_i}{N} \quad (3.5)$$

- **La variance**

La variance est une mesure de dispersion en statistique et en théorie des probabilités qui exprime la moyenne des carrés des écarts à la moyenne d'un échantillon ou d'une variable aléatoire. Elle définit comme suit :

$$\text{Var}(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2 \quad (3.6)$$

- **L'écart-type σ**

C'est un paramètre d'échelle qui mesure l'étalement des données autour de la moyenne. L'écart-type σ est la racine carrée de la variance calculé comme suit :

$$\sigma(x) = \sqrt{\text{var}(x)} \quad (3.7)$$

- **Le coefficient de variation (Cv)**

Le coefficient de variation (Cv) est une mesure relative de dispersion qui compare l'écart-type à la moyenne d'un ensemble de données. Il est généralement exprimé en pourcentage et permet de comparer la dispersion de distributions ayant des moyennes différentes.

Pour nos cas, nous allons la générer avec une loi de distribution normale avec la formule suivante :

$$C_v = \frac{\sigma(x)}{\bar{X}} \quad (3.8)$$

Le tableau 3.2 illustre les paramètres de calcul du débit de rejet Q_r , pour un coefficient de variation $C_v=0.1$.

Tableau 3.1 : Représentation les résultats de calcul statistique.

Paramètre	valeur	unité
Moyenne Q_r	22.57	1/s
Coefficient de variation C_v	0.1	
Ecart-type	0.23	0.45
$\text{var}(x)$	0.05	0.20

- **La fonction densité de probabilité de la loi normale**

La fonction densité de probabilité de la loi normale souvent appelée densité gaussienne, est décrite par l'équation (3.9) suivante :

$$f(X, \bar{X}, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(X-\bar{X})^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3.9)$$

Avec :

X: la variable aléatoire

\bar{X} : la moyenne de la I§9P+% μ

σ : l'écart-type de la distribution.

La figure (3.2) illustre la fonction de densité de la loi normale du débit Q_r , pour différents valeur de C_v . Nous constatons que plus la valeur de C_v augmente plus on s'éloigne de la valeur moyenne. A cet effet, pour les besoins d'étude, nous retenons des valeurs de C_v petite.

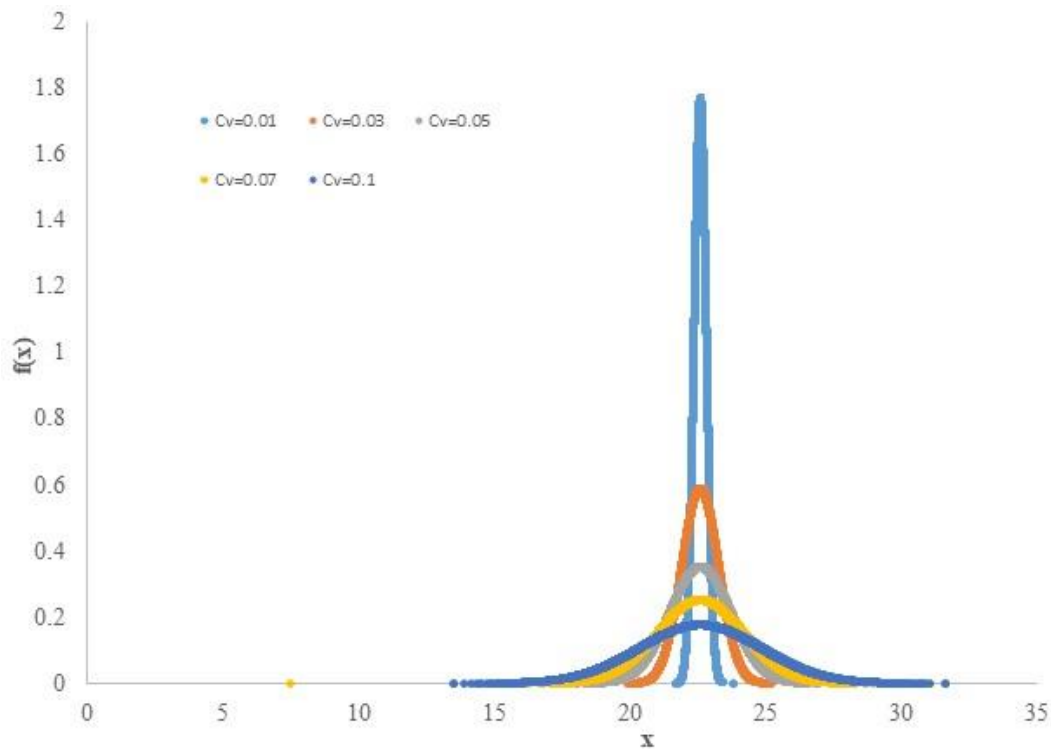


Figure 3.2: Courbe de la densité de loi normale pour $Q= 22.57l/s$.

- **Fonction de répartition**

La fonction de répartition, généralement symbolisée par $F(x)$, est une fonction essentielle en statistiques et en probabilités. Elle permet de déterminer la probabilité qu'une variable aléatoire soit inférieure ou égale à une valeur spécifique. Pour une variable aléatoire continue, elle est définie par :

$$F(x) = P(X \leq x) \quad (3.10)$$

Dans cette formule, X représente la variable aléatoire et x est une valeur donnée. La fonction de répartition $F(x)$ fournit donc la probabilité que la variable aléatoire prenne une valeur qui est inférieure ou égale à x .

La figure 3.3 illustre la fonction de répartition de la loi normale du débit Q_r , pour différentes valeurs de C_v

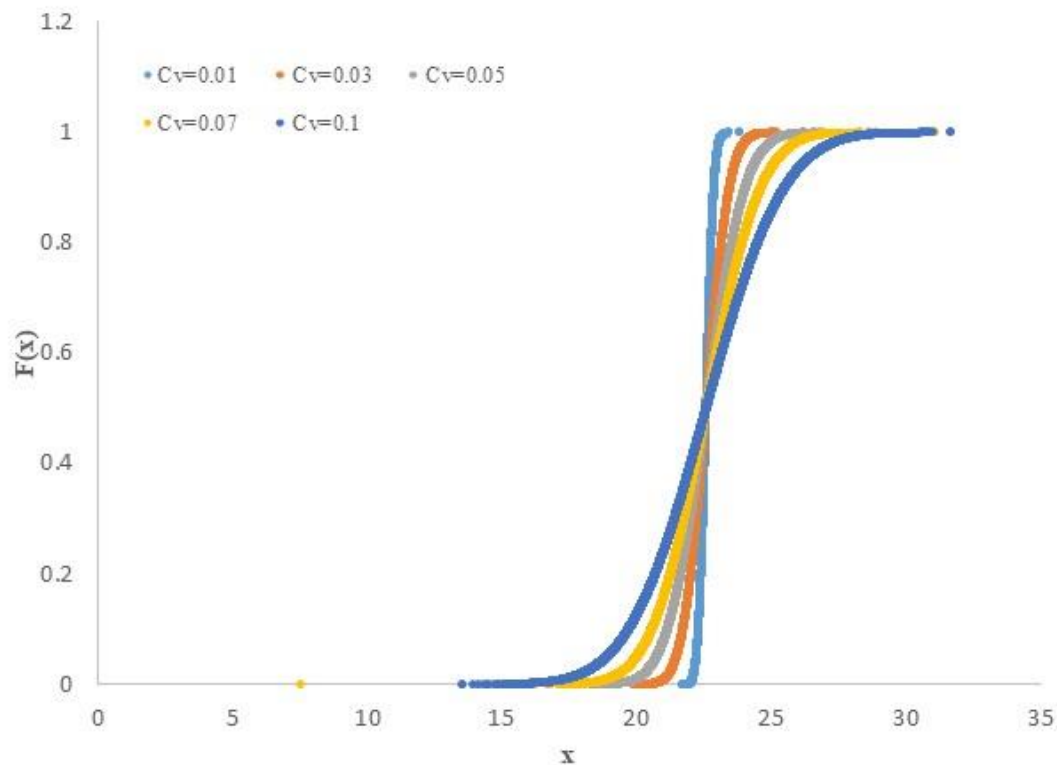


Figure 3.3: Courbes de répartition de la loi normale.

3.4. Evaluation de la probabilité de de défaillance

Pour l'évaluation de la probabilité de défaillance P_f plusieurs méthodes sont proposées dans la littérature ; à savoir :

- Méthodes de simulations de Monte Carlo,
- Méthodes d'approximation de Form Et Sorm.

3.4.1. Méthodes simulations de Monte Carlo

En mathématiques, on appelle méthodes de Monte-Carlo, les techniques permettant d'évaluer une quantité déterministe à l'aide de l'utilisation de tirages aléatoires. C'est de cette idée de recours au hasard que vient la dénomination « Monte-Carlo », par allusion au célèbre quartier de Monaco réputé pour son casino. Il s'agit là, de la technique la plus ancienne et la plus intuitive d'évaluation de la probabilité de défaillance. Basée sur l'application de la loi des grands nombres, elle consiste à déterminer un estimateur de la probabilité de défaillance par succession de tirages aléatoires indépendants (Hales et al, 2023).

Cette méthode, consiste à déterminer un estimateur P_f par succession de tirages aléatoires indépendants. On réalise ainsi un nombre N_t important de tirages des variables aléatoires en

accord avec leur loi de distribution conjointe (loi Log Normal, loi Normal, poisson ... etc.). La figure 3.1 illustre le principe de la méthode de Monte-Carlo.

Les valeurs des variables de base (le vecteur $\{X\}$) sont échantillonnées aléatoirement en fonction des distributions de probabilité. Le nombre de tirage N sortant dans le domaine de défaillance D_f , c'est-à-dire le nombre de tirage satisfaisant la condition de $G(x) \leq 0$, est identifié. La probabilité de défaillance P_f est alors :

$$P_f = \int_{G(x) \leq 0} f_x(x) dx_1 \dots \dots \dots dx_n = \int_{D_f} f_x(x) I_{G(x) \leq 0}(x) dx_1 \dots \dots \dots dx_n \quad (3.11)$$

Où $f_x(x)$ est la densité conjointe de probabilité du vecteur aléatoire X et D_f le domaine d'intégration. La fonction I_d est une fonction d'indicateur le domaine de défaillance

Avec

$$I_{di} = 1 \text{ si } G(x) \leq 0 \quad (3.12)$$

$$I_{di} = 0 \text{ si } G(x) > 0 \quad (3.13)$$

Pour N_t simulation des vecteurs aléatoires X , la probabilité de défaillance p_f est approchée par la moyenne des $p_i = I_{G(x) \leq 0}(x_i)$

On en déduit alors la probabilité de défaillance par un traitement statistique direct :

$$P_f = \frac{\sum_{i=1}^{N_t} I_{di}}{N_t} \quad (3.14)$$

Avec

N_t : Nombre de tirage effectué.

Tableau 3.2 : Niveaux de probabilité de défaillance acceptés par secteurs industriels(LYONNET.2006).

Secteur industriel	Pf
Structure marines	10^{-2} - 10^{-4}
Génie civil	10^{-3} - 10^{-8}
Aérospatial	10^{-4} - 10^{-10}
Composant nucléaires	10^{-6} - 10^{-12}

3.4.2. Méthodes approchées : Form/Sorm

En fiabilité des structures, les méthodes FORM et SORM (First Order Reliability Method, Second Order Reliability Method) sont des méthodes d'approximation liées essentiellement au fameux indice de fiabilité ou de sécurité noté, défini comme étant la distance de l'origine O au point P^* , appelé point de conception (Lemaire, 2005). Il est égale la distance la plus courte entre la surface d'état limite et l'origine du repère dans un espace normé réduit des variable aléatoire décalées (Figure .3.4).

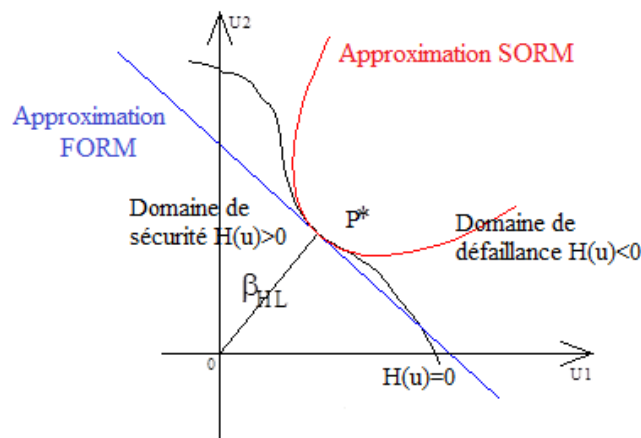


Figure 3.4 : État limite et approximation de la probabilité de risque par FORM et SORM. (Miloudi, 2024)

Sous l'hypothèse dit fondamentale (état limite linéaire et variable gaussiennes), la probabilité de défaillance est donnée par la relation :

$$P_f = \Phi(-\beta) \quad (3.15)$$

Dans notre cas la méthode de Monté Carlo est utilisée pour calculer la probabilité de défaillance P_f , pour sa simplicité et sa robustesse.

3.5. Résultats et discussions

Pour fixer le nombre de tirage, un test de convergence est effectué (figure 3.5). Les résultats du test ont montré que la probabilité de défaillance est stable pour un nombre de tirage supérieur à 7000. Ainsi, un nombre de 30000 est fixé pour les différentes simulations. Un programme en Visual basic est élaboré sur le logiciel Excel pour calculer la probabilité de défaillance P_f (Figure 3.6).

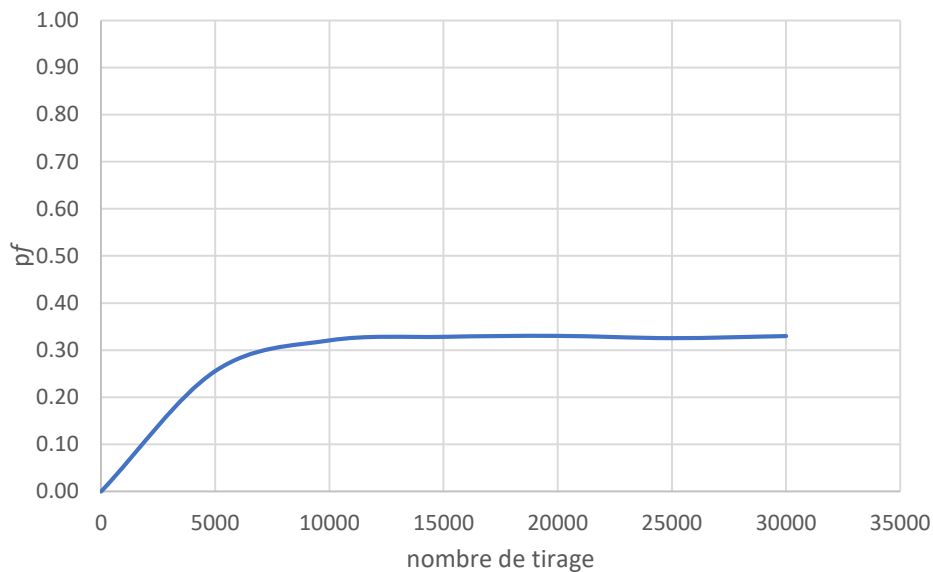


Figure 3.5 : Teste de convergence.

```

Sub fiabilite()
'
' fiabilite Macro
'
' Touche de raccourci du clavier: Ctrl+f
  n = Sheets("fiabilite").Cells(1, "B")
  For J = 1 To 10
  For I = 4 To n + 3
  Sheets("calcul").Cells(7, "b") = Sheets("fiabilite").Cells(I, J)
  Sheets("fiabilite").Cells(I, 10 + J) = Sheets("calcul").Cells(19, "B")
  Next I
  Next J
'
End Sub

```

Figure 3.6 : Macro pour, en Visual Basic, pour le calcul de probabilité de défaillance.

Les résultats de calcul de la probabilité de défaillance, pour différents coefficients de variation C_v , sont illustrés dans le tableau 3.3 et la figure 3.7. Nous constatons que la probabilité

de défaillance augmente en fonction de coefficient de variation C_v . Les résultats révèlent que pour C_v inférieur ou égale 0.01, le bassin de décantation est fiable. Autrement dit, il piège toutes les particules jusqu'au diamètre 0.01mm (bactérie) Au-delà, la probabilité de défaillance dépasse la probabilité admissible ($P_{fadm} = 10^{-3}$) et le bassin ne piège plus ces particules.

Tableau 3.3 : Résultats de calcul de la probabilité de défaillance.

Q_r	22.57	l/s								
C_v	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1
σ	0.2257	0.4514	0.6771	0.9028	1.1285	1.3542	1.5799	1.8056	2.0313	2.257
P_f	0.00006	0.01156	0.0674	0.1353	0.1839	0.2263	0.25816	0.2894	0.3114	0.3271

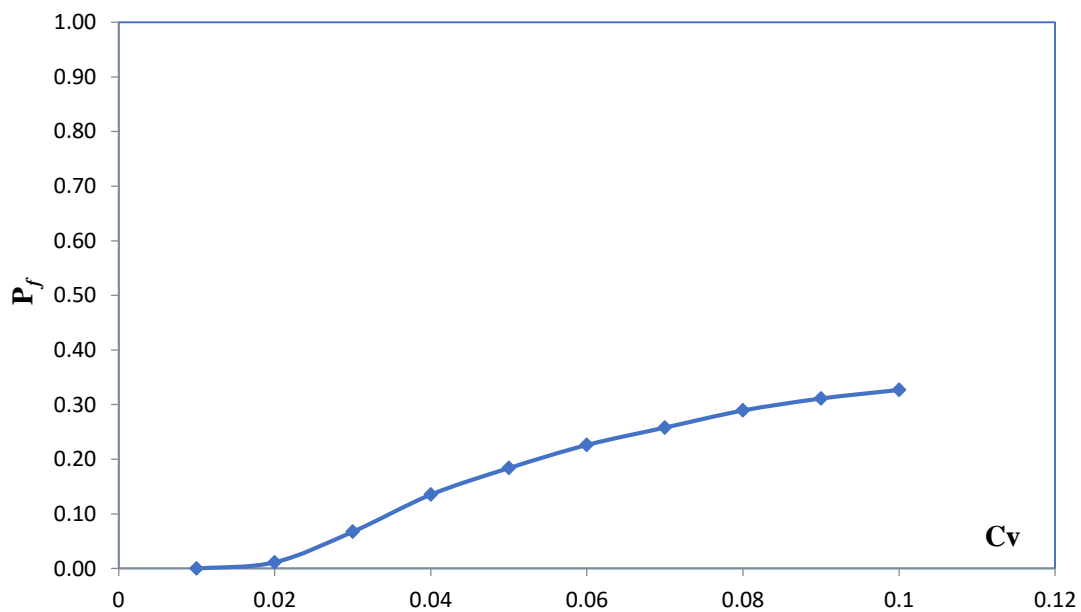


Figure 3.7 : Courbe de probabilité de défaillance P_f en fonction de C_v .

3.6 .Organigramme de calcul

L'organigramme de la figure (3.8) illustre la procédure de calcul de la probabilité de défaillance du réseau, par la méthode de Monte Carlo.

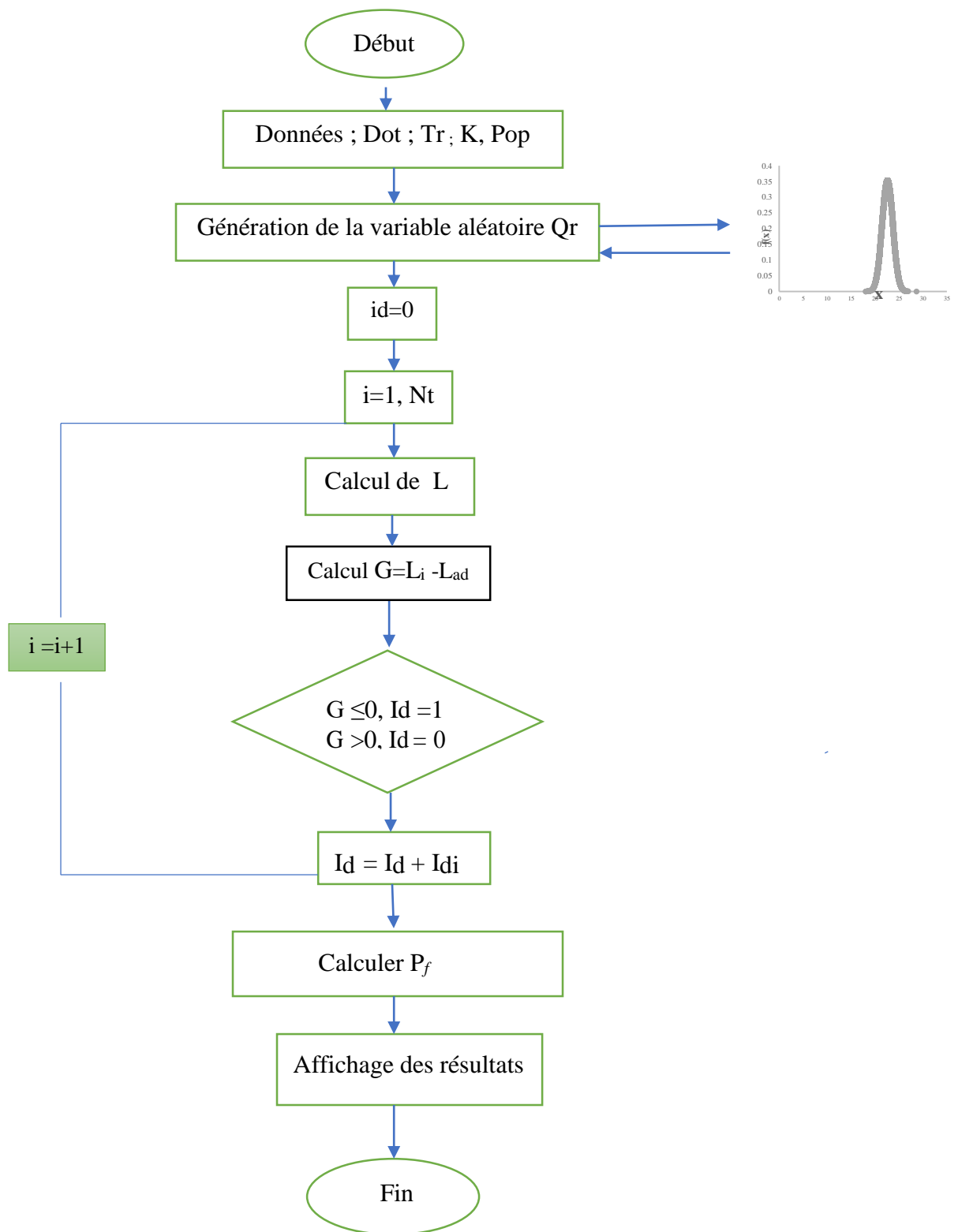


Figure 3.8 : Organigramme de calcul de la probabilité de défaillance de bassin de décantation de la STEP de Boghni par la méthode de Monté Carlo.

3.7. Analyse probabilité de défaillance en fonction des diamètres des particules piégées

La probabilité de défaillance en fonction des diamètres des particules piégées et donnée par le tableau 3.4, et illustré par la figure (3.9). Nous constatons que la probabilité de défaillance P_f pour les gravies et les sables (grossier, moyenne, fin, très fin) est nulle qu'elle soit la valeur le coefficient de variation C_v . Ces particules lourdes sont piégées immédiatement à l'entrée de bassin de décantation. Pour les bactéries la probabilité de défaillance P_f augmente en fonction de C_v . Enfin pour les argiles le P_f est égale à 1 quelle que soit la valeur de C_v .

Tableau 3.4 : Probabilité de défaillance en fonction de C_v , pour différents diamètres de particules piégées.

Cv	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1
gravier	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
sable grs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sable myn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
sable fin	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
sable trs fin	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
bctr grs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
bctr myn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
bctr fn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
bctr trs fn	0.00	0.01	0.07	0.14	0.18	0.23	0.26	0.29	0.31	0.33
argile	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

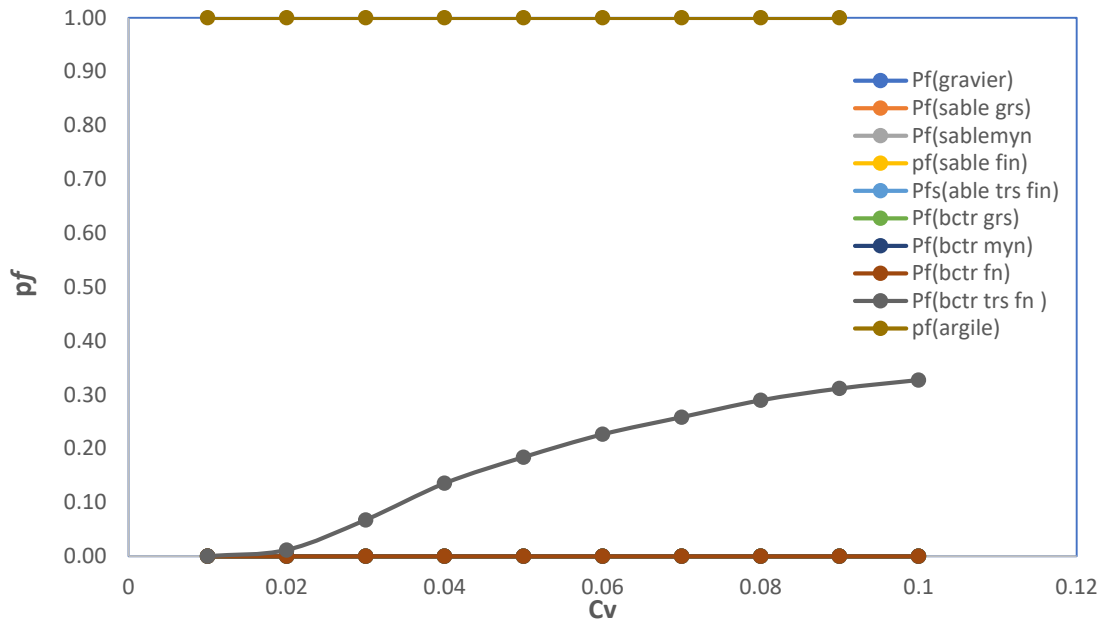


Figure 3.9 : Evolution de Probabilités défaillance Pf en fonction de Coefficient de variation Cv, pour différents diamètres des particules piégées.

Pour illustrer le processus de décantation dans le bassin des particules en fonction de leurs diamètres, nous avons généré un échantillon de 30000 pour chaque diamètre allant de 0.01 mm à 2mm pour obtenir la longueur nécessaire pour piéger ces particules. Un extrait des résultats est présenté dans le tableau 3.5.

Tableau 3.5 : Extrait des longueurs des particules piégées par rapport à leurs diamètres.

	gravier	sable grossier	sable moyen	sable fin	sable très fin	grosse bactérie	bactérie très fin	bactérie moyenne	bactérie fine
1	0.038	0.215	0.511	1.607	3.823	28.583	12.018	22.758	17.218
2	0.038	0.214	0.509	1.599	3.802	28.428	11.953	22.635	17.125
3	0.039	0.218	0.519	1.630	3.823	28.993	12.190	23.084	17.465
4	0.038	0.213	0.506	1.591	3.802	28.292	11.895	22.526	17.043
5	0.038	0.213	0.507	1.595	3.878	28.369	11.928	22.587	17.089
6	0.037	0.211	0.502	1.579	3.784	28.076	11.805	22.354	16.913
7	0.039	0.218	0.519	1.630	3.794	28.990	12.189	23.082	17.464
8	0.038	0.213	0.507	1.593	3.755	28.324	11.909	22.552	17.063
9	0.038	0.214	0.510	1.603	3.877	28.511	11.988	22.701	17.175
10	0.037	0.212	0.504	1.584	3.788	28.162	11.841	22.422	16.965
11	0.038	0.216	0.513	1.613	3.813	28.681	12.059	22.836	17.278
12	0.037	0.211	0.502	1.579	3.767	28.083	11.808	22.360	16.917
13	0.038	0.212	0.505	1.588	3.836	28.236	11.872	22.482	17.010
14	0.038	0.213	0.506	1.591	3.756	28.284	11.892	22.520	17.038
15	0.037	0.210	0.500	1.572	3.777	27.952	11.752	22.255	16.838
16	0.038	0.212	0.505	1.588	3.783	28.239	11.873	22.484	17.011
17	0.037	0.212	0.504	1.584	3.738	28.164	11.842	22.424	16.966
18	0.037	0.211	0.501	1.575	3.777	28.002	11.774	22.296	16.869
19	0.038	0.213	0.507	1.592	3.767	28.317	11.906	22.546	17.058
20	0.037	0.208	0.495	1.557	3.745	27.683	11.639	22.041	16.676
21	0.037	0.211	0.501	1.575	3.787	28.012	11.777	22.303	16.874
22	0.037	0.211	0.503	1.580	3.703	28.102	11.816	22.375	16.929
23	0.038	0.215	0.510	1.604	3.747	28.527	11.994	22.713	17.185
24	0.038	0.217	0.515	1.619	3.759	28.796	12.107	22.927	17.347
25	0.037	0.210	0.500	1.571	3.815	27.939	11.747	22.245	16.831
26	0.038	0.215	0.512	1.611	3.851	28.641	12.042	22.804	17.253
27	0.038	0.215	0.512	1.611	3.737	28.646	12.044	22.808	17.256
28	0.037	0.211	0.501	1.575	3.831	28.016	11.779	22.306	16.877
29	0.038	0.213	0.506	1.591	3.831	28.293	11.896	22.527	17.044

La figure 3.10. Illustre le processus de décantation des particules piégées. Nous constatons que les premières particules piégées sont les graviers vient après les sables successivement (gros, moyens, fins, et très fin) et les bactéries à la fin. Pour notre bassin de Boghni.

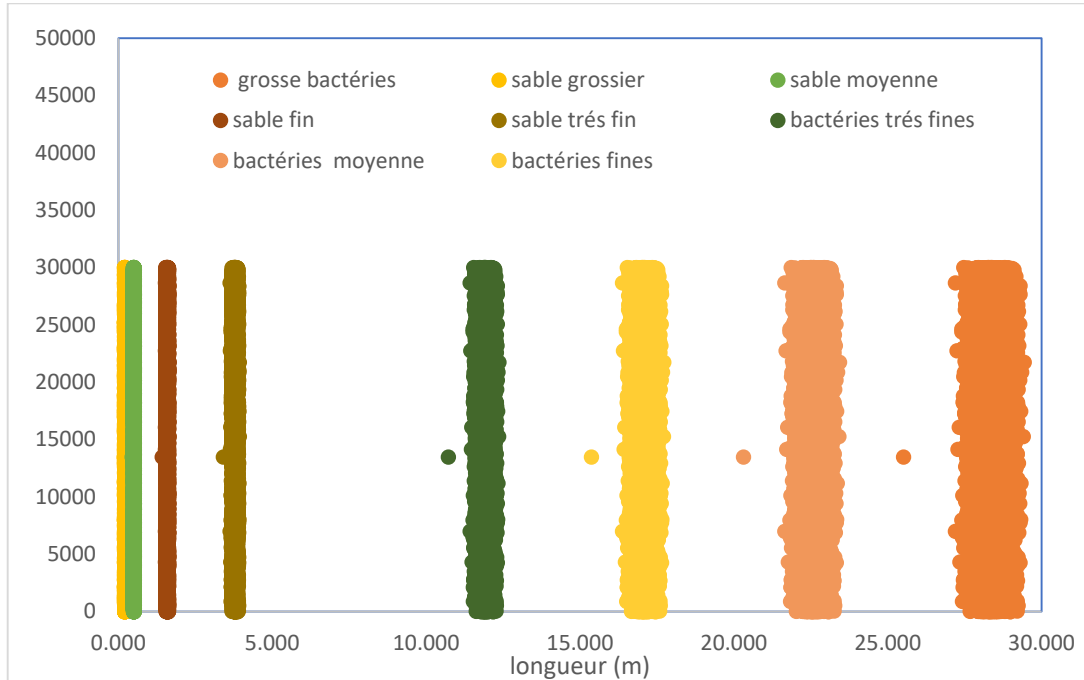


Figure 3.10 : Longueur de décantation des particules de différents diamètres.

La figure 3.10 illustre nettement la répartition dans l'espace des particules de différents diamètres après décantation. Les particules décollées du nuage de point correspondant aux tirages aux extrémités.

Conclusion

L'analyse fiabiliste de bassin décantation de la station d'épuration de Boghni a été conduite dans ce chapitre en considérant comme variable aléatoire le débit de rejet. Le calcul de la probabilité de défaillance a montré que pour $C_v = 0.01$ le bassin est capable de piéger les particules jusqu'au diamètre requis ($d = 0.01 \text{ mm}$). En augmentant la valeur de C_v , la probabilité de défaillance augmente et dépasse la valeur admissible ($P_f = 10^{-3}$), autrement dit, ces particules seront éjectées à l'extérieur. Ce résultat montre l'apport de la fiabilité sur la précision des résultats et le risque de défaillance du bassin que le calcul déterministe ne met pas en valeur.

L'intérêt de ce mémoire est d'avoir posé les équations déterministes nécessaires à l'ingénieur pour le dimensionnement d'un bassin de décantation. L'étude de cas, à savoir la station d'épuration de Boghni (wilaya de Tizi Ouzou) a montré que les résultats de calcul, compte tenu des données du projet, ont abouti aux dimensions du bassin adoptées par les ingénieurs. Néanmoins, l'étude a mis en évidence l'incertitude de certains paramètres physiques, tel que le débit de rejet. A cet effet, une étude fiabiliste est proposée basée sur une approche probabiliste. Une loi de distribution normale pour le débit de rejet adopté et une fonction d'état limite sur la longueur du bassin de décantation est proposée.

Les résultats de calcul de la probabilité de défaillance P_f ont révélé que le bassin de décantation en question est capable de piéger les particules jusqu'aux bactéries ($d=0.01\text{mm}$), la probabilité de défaillance est inférieure à la valeur admissible ($P_f=10^{-3}$). Pour les argiles, dont le diamètre est inférieur à 0.01mm , la probabilité de défaillance dépasse la valeur admissible. Autrement dit, ces particules seront éjectées à l'extérieur. Ce résultat montre l'apport de la fiabilité sur la précision des résultats et le risque de défaillance du bassin que le calcul déterministe ne met pas en valeur.

Une cartographie de la distribution des particules piégées dans le bassin de décantation est proposée, basée sur une analyse probabiliste. Les résultats ont révélé une distribution croissante très précise de la granulométrie allant des sables vers les argiles. Une défaillance est enregistrée pour les argiles de diamètres à inférieurs $0,01\text{mm}$

En perspectives, et pour une analyse fiabiliste plus précise d'autres paramètres incertains doivent être pris en considération (diamètres des particules, coefficient d'ajustement, la dotation...).

BOURRIER R., Les réseaux d'assainissement. F 75384 paris .1991.

CALAGARO J-A ,Fiabilité des matériaux et des structures . JN-FIA 1998.

CHEKLAT Y. Etude hydraulique et hydrostatique de bassin d'aération de la station d'épuration de Oued Falli .Thèse de master, département génie civil UMMTO. 2015.

GROUS.A , Fiabilité mécanique appliquée .Paris 2013.

HALAS.S et AGGAR L., Analyse de la variabilité aléatoire de la rugosité sur la fiabilité d'un réseau d'eau .Thèse de master, département génie civil UMMTO.2023.

KADOUCHE S, HAMMOUM H, GHEDAMSI H et SI TAHAR.Art., Évaluation des performances épuratoires d'un bassin de filtration des eaux usées.2018.

HAMMOUM .H, cours d'assainissement et cours de retenue collinaire, professeur à l'université de Tizi-Ouzou, 2024.

LEMAIRE M., CHATEAUNEUF A., et MITTEAU J C., Structural Reliability, ISTE Ltd & John Wiley & Sons. Inc, Chapter Products of reliability analysis, 2005.

MAYNADIER J ., Approches statistiques et fiabilités en dynamique des structures. Thèse de doctorat, Institut national des sciences appliquées de Toulouse, 2003.

MILOUDIN ., Maintenance préventive du réservoir de stockage en utilisant les méthodes de fiabilité et les approches bayésiennes .2024.

Webographie

[https : //en.wikipedia.org/wiki/Boghni](https://en.wikipedia.org/wiki/Boghni)