

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE de *Technologie*
DEPARTEMENT d'*Hydraulique*

N° :



DOMAINE : *Hydraulique*
FILIERE : *Hydraulique*
OPTION : *hydraulique urbaine*

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par : *Meguedmi Bisma*

Thème

*Etude d'implantation des Systèmes Automatiques
dans un bassin d'orage cas de Aïn Touta - Batna*

Soutenu devant le jury composé de :

Nom et prénom Enseignant

Mahdi Djalal

Berghout Ali

Université

Université M'sila

Université M'sila

Université

Président

Rapporteur

Co-rapporteur

Examineur

Année universitaire : 2020 /2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Nous commençons par remercier dieu le tout puissant de nous

Avoir donné le courage, la volonté ET l'amour du savoir pour pouvoir réaliser ce modeste travail

*Nos plus vifs remerciements vont à **Mr. Mahdi Djallel** et **Dr. Berghout Ali** qui profondément pour son encouragement continue ET aussi d'être*

Toujours là pour nous écouter, nous aider et nous guider à retrouver le

Bon chemin par sa sagesse et ses précieux conseils

Ainsi que son soutien moral et sa prévue de compréhension, ce qui

Nous a donné la force et le courage d'accomplir Ce projet

Nous tenons à remercier également les membres de jury d'avoir examiné Ce travail

Nos remerciements s'étendent également à tous nos enseignants

Durant les années d'études. Enfin, nous tenons à remercier tous ceux

Qui, de près Ou de loin, ont contribué à la réalisation de Ce travail

Meguedmi Besma

إهداء

إلى والديا الكريمين حفظهما الله والى قدوتي الأبدي، دعمي المعنوي ومصدر الفرح
والسعادة، الشخص الذي ضحى دائماً بنفسه ليراني ناجحة أطل الله بعمرك يا أبي
إلى من كان عوناً لي كثيراً في دراستي الدكتور / "سمير أوغليس" حفظه الله ورزقه من
العلم أعلى وأرقى الدرجات وعقبال لدرجة بروفييور إن شاء الله
إلى أخواتي الغاليات "كريمة + لبنى + اسمهان + كنزة + ابتسام" وأزواجهم "لحسن +
منير" إلى الكتاكيت الصغار الذين أناروا عائلتنا "فخر الدين + رائد + وحيد + يزن + نبال"
الذين أتمنى لهم مستقبل واعد، أهدي هذا العمل الذي يسعدهم في المقام الأول وقبل كل
شيء لنصائحهم ومساعدتهم وتشجيعهم لي.

إلى من كان سندي بعد والدي أخ وصديق وزميلي "قاسم رضوان"
إلى الأشخاص الذين ساعدوني دائماً وشجعوني، والذين كانوا دائماً بجانبني
إلى روح الصديقة "كحلان نسرین" رحمها الله التي فارقتنا في الأيام الأخيرة لإعداد
المذكرة

لكل من قدم يد العون لي ولو بالكلمة الطيبة طوال مشواري الدراسي.

Sommaire :

Introduction Generale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : Présentation de la région

I.1. Introduction.....	2
I.2. Présentation de la zone d'étude.....	3
I.2.1 Situation Géographique du Bassin versant d'AIN TOUTA :.....	3
I.2.2. Bassin versant d'AIN TOUTA	3
I.2.3. Situation climatique des sous bassins versant drimant dans la ville d'AIN TOUTA.....	5
I.2.3.1. Données de base.....	5
I.2.3.2. Climatologie.....	6
I.2.3.3. Température.....	6
I.2.3.4 Les Vents.....	7
I.4. Caractéristique géomorphologique de bassin versant.....	8
I.4.1 Définition du bassin versant.....	8
I.4.2 Caractéristiques physiques et leurs influences sur l'écoulement des eaux.....	8
I.4.3 Caractéristiques géométriques.....	8
I.4.3.1 Surface et périmètre.....	8
I.5. Conclusion.....	14

Chapitre II : Etude géomorphologique et hydrologique du site d'étude

II.1. Introduction.....	15
II.2. Analyse des données pluviométriques.....	15
II.2.1. Précipitation maximales journalières.....	15
II.2.2. Ajustement des pluies maximales journalières :.....	16
II.2.3. Choix de la loi d'ajustement :.....	18
II.2.3.1. Ajustement suivant la loi de GALTON (Log Normale) :.....	18
II.2.3.2. Ajustement suivant la loi de GUMBEL :.....	21
II.2.3.3. Comparaison entre les deux lois d'ajustement.....	24

II.4. Etude des crues.....	25
II.4.1. Débits maximaux fréquentiels.....	25
II.4.2.Hydro gramme de crues.....	28
II-5 : Caractéristiques topographiques du cours d'eau :.....	32
II-5-1: Courbe de tarage:.....	32
II-5-2 Comment se construit une courbe de tarage ?.....	32
II-5-3 Courbe de tarage du cours d'eau au site de l'étude :.....	33
II-6 : Courbes caractéristiques de la cuvette du bassin d'orage :.....	40
II-6-1 Courbes caractéristiques d'un Bassin d'orage.....	40
II-6-1-1 Courbe des surfaces submergées.....	40
II-6-1-2 Courbe des volumes d'eau dans le lac.....	40
II-7 Conclusion.....	44

Chapitre III : Eléments de base de l'étude automatique du système

III.1 Introduction.....	45
III. 2. Automatismes et ses objectifs:.....	46
III.3. Les fonctions et les niveaux d'automatismes.....	47
III.4.Composants de base de l'automatisme :.....	48
III.5.Structure détaillée des automatismes :.....	49
III.5.1.Les actionneurs (Partie opérative):.....	49
III.5.1.1.Prés actionneur (Relais mécanique) :.....	49
III.5.2.Capteurs (Partie transmission des informations) :.....	50
III.5.2.1.Capteur de pression :.....	50
III.5.2.2.Capteur de niveau :.....	51
III.5.3.Automates programmables (Partie Commande) :.....	52
III.5.3.1.Matériels internes de l'automate :.....	53
III.5.3.3.Branchement des modules d'entrées /sorties de l'automate (E/S) :.....	55
III.5.4.Affectation et écriture des entrées/sorties :.....	56

III.5.5.Programmation d'un automate :.....	56
III.5.5.1.Logigramme :.....	56
III.5.5.2.Langages Graphiques :.....	56
III.5.5.3. Notion de base du Langage GRAFCET.....	57
III.5.5.4.Éléments de base du GRAFCET :.....	58
III.5.6.Structure de base :.....	60
III.5.6.1.Séquence unique :.....	61
III.5.6.2.Séquence simultanée :.....	61
III.5.6.3.Sélection de séquence :.....	62
III.5.6.4.Séquences exclusives :.....	62
III.5.7.Saut d'étape :.....	63
III.5.8.Reprise de séquence :.....	63
III.5.9.Règles d'évolutions:.....	64
III.5.9.1.Règle N°1 : initialisation:.....	64
III.5.9.2.Règle N2:franchissement d'une transition :.....	64
III.5.9.3.Règle N 3: évolution des étapes actives :.....	64
III.5.9.4.Règle N°4: Evolutions simultanées :.....	65
III.5.9.5.Règle N°5: Activations et désactivations simultanées d'une même étape :.....	65
III.6.Conclusion :.....	66
Chapitre IV : Implantation des systèmes automatique et hydrauliques dans le bassin d'orage	
IV-1 Introduction.....	67
IV-2 - générale vue du bassin d'orage.....	67
IV-3 - Implantation du système automatique.....	68
IV-4 - Choix des éléments hydrauliques et électriques :.....	69
IV-4.1 Tuyaux de canalisation.....	69
IV-4.2-Compresseur.....	69
IV-4.3 Vérin hydrauliques :.....	70

IV-4.4- Distributeur hydraulique :.....	71
IV-5 - Choix des éléments automatiques :.....	72
IV-5.1 Automate :.....	72
IV-5.2- Choix des capteurs.....	73
IV-5.2.1 Capteur de niveau.....	73
IV-5.2.2 Capteur de position.....	74
IV-6. Connexion de l'automate.....	74
IV-6.1 Câblage des entrées de l'automate.....	75
IV-6.2. Câblage des sorties de l'automate :.....	76
IV-6-3-Affectation des entrées/sorties de l'automate :.....	76
IV-7 Programmation de l'automate en langage GRAFCET.....	77
IV-7.1 Cahier de charge.....	77
IV-7-2- Description du GRAFCET Studio :.....	80
IV-7-3Programmation et Simulation du fonctionnement du système sous GRAFCET Studio.....	81
IV-7.4 Transfert du programme vers l'automate.....	86
IV-8 CONCLUSION.....	87
CONCLUSION Générale :.....	88

Liste des figures

Chapitre I:Présentation de la région d'étude et Etude hydrologique

Figure I.1. Situation Géographique.....	03
Figure I.2. Localisation de Chott Melghigh les sous bassins versants (Ville d'AIN TOUTA wilaya de BATNA.....	04
Figure I.3. Les sous bassins versants drainant dans la ville d'AIN TOUTA wilaya de BATNA	05
Figure I.4. Délimitation des sous bassins versants	09
Figure I.5. Courbe hypsométrique du sous bassin versant 02.....	10
Figure I.6. Réseau hydrographique et ses ordres des sous bassins versants d'AIN TOUTA..	12

Chapitre II :Etude géomorphologique et hydrologique du site d'étude

Figure II.1. Représentation des observations sur papier normale	17
Figure II.2. Histogramme des observations	18
Figure II.3. Représentation graphique de l'ajustement par la loi de log normale.....	21
Figure II.4. Ajustement à la loi de GUMBEL.....	23
Figure II.5. Comparaison entre les deux lois d'ajustement.....	24
Figure II.6. Hydrogrammes de crues SBV 02.....	32
Figure II_7 Coupe Topographique de la section du cours d'eau.....	33
Figure II_8 cote du plan d'eau 932,00m Heau = 0,33 m	34
Figure II_9 cote du plan d'eau 932,50m Heau = 0,83 m	34
Figure II_10 cote du plan d'eau 933,00m Heau = 1,33 m	35
Figure II_11 cote du plan d'eau 933,50m Heau = 1,83 m	35
Figure II_12 cote du plan d'eau 934,00m Heau = 2,33 m	36
Figure II_13 cote du plan d'eau 934,50m Heau = 2,83 m	36
Figure II_14 cote du plan d'eau 935,00m Heau = 3,33 m	37
Figure II_15 cote du plan d'eau 937,00m Heau = 5,33 m	37
Figure II_16 cote du plan d'eau 937,50m Heau = 5,83 m.....	38
Figure II_17 cote du plan d'eau 938,00m Heau = 6,33 m.....	38
Figure II_18 cote du plan d'eau 938,11m Heau = 6,44 m (section maximale)	39

Figure II_19: Courbe de tarage au niveau de la section du cours d'eau.....	40
Figure II-20: vue en plan de la cuvette du bassin d'orage après terrassement.....	41
FigureII-21: courbe caractéristiques de la cuvette du bassin d'orage H(S)	42
FigureII-22: courbes caractéristiques de la cuvette du bassin d'orage H(V)	43

Chapitre III : Eléments de base de l'étude automatique du système

Figure III.1 : Schéma descriptif de l'automatisme.....	46
Figure III.2 : fonction de l'automatisme.....	47
Figure III.3: Niveau d'automatisme : (Architecture C.M.I.).....	48
Figure III.4 : schéma fonctionnel d'un système.....	48
FigureIII.5 : Relais électrique.....	50
FigureIII.6 : Schéma du relais.....	50
Figure III.7 : Principe mesure de niveau par capteur de pression.....	51
Figure III.8 : Capteur de niveau acoustique.....	51
Figure III.9 : Photo du capteur flotteur.....	52
Figure III.10 : photo d'un automate programmable.....	53
Figure III.11 : structure interne de l'automate.....	53
Figure III.12 : Branchement du module E/S de l'automate SIEMENS.....	55
Figure III.13 : Descriptif physique des modules d'entrées/sortiesde l'automate TSX37.....	56
Figure III.14 : structure générale d'un GRAFCET.....	58
Figure III.15 : Une Etape.....	58
Figure III.16 : Une Etape Initiale.....	58
Figure III.17 : Une Action.....	59
Figure III.18 : Une Transitions.....	59
Figure III.19 : Réceptivité sous forme de proposition logique.....	59
Figure III.20 : Réceptivité sous forme d'activation.....	60
Figure III.21 : Réceptivité sous forme d'un ET logique.....	60
Figure III.22 : Liaison Orientée.....	60
Figure III.23 : Séquence unique.....	61

Figure III.24 : Transition en ET convergent.....	61
Figure III.25 : Transition en ET divergent.....	62
Figure III .26 : Transition en OU divergent.....	62
Figure III.27 :Transition en OU convergent.....	62
Figure III.28 : Une Séquences exclusives.....	63
Figure III.29 : Saut d'étape.....	63
Figure III.30 : Reprise de séquence.....	63
Figure III.31 : initialisation d'une étape.....	64
Figure III.32 : Transition non validée.....	64
Figure III.33 : Transition validée.....	65
Figure III.34 : Transition non simultanément franchissable.....	65
Chapitre IV : Implantation des systèmes automatiques et hydrauliques dans le bassin d'orage	
Figure IV1 : Situation géographique des bassins d'orage, la rivière et l'ouvrage hydraulique à réaliser.....	67
FigureIV 2 : Schéma des connexions de la partie électrique et hydraulique du système.....	68
FigureIV 3 : Image de tuyau.....	69
FigureIV 4 : Compresseur	69
FigureIV 5 : Vérin hydraulique	71
Figure IV6 : Vue à l'intérieur d'un distributeur 4/3 centre ouvert A et B vers T.....	71
Figure IV 7 : Distributeur hydraulique à commande électrique.....	72
Figure IV 8 : Automate de type S7-1200.....	72
Figure IV 9 : capteur de niveau a flotteur horizontal-9037.....	73
Figure IV 10 :Image du contact de fon de course XCK-J-H29.....	74
Figure IV 11 : Schéma du câblage électrique de l'équipement automatique du bassin d'orage.....	75
FigureIV 12 : Câblage des entrées de l'automate.....	75
FigureIV 13 : Câblage des sorties de l'automate.....	76
Figure IV 14 : GRAFCET d'automatisme du bassin d'orage.....	78
Figure IV 15 : Page de la saisie du GRAFCET sur GRAFCET Studio.....	79

Figure IV 16 : Les outils du GRAFCET Studio.....	80
Figure IV 17 : Image GRAFCET Studio de l'activation de l'Etape n° 0 du Système.....	81
Figure IV 18 : Schéma defonctionnement du système, l'étape initiale, porte fermée.....	82
Figure IV 19 : Image GRAFCET Studio de l'activation de l'Etape n° 1 du Système.....	82
FigureIV 20 : Schéma defonctionnement du système à l'étape n°1, entré du Vérin et ouverture progressive de la porte en béton.....	83
FigureIV 21 : Image GRAFCET Studio de l'activation de l'Etape n°2 du Système, entrée complet du Vérin.....	84
FigureIV 22 :Schéma defonctionnement du système à l'étape n°2, entrée du Vérin et ouverture complète de la porte en béton.....	84
FigureIV 23 : Image GRAFCET Studio de l'activation de l'Etape n°3 du Système, sortie du vérin.....	85
FigureIV 24 : Schéma de fonctionnement du système à l'étape n°3, sortie du Vérin et fermeture progressive de la porte.....	86

Liste des tableaux

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

Tableau I.1 : Les températures moyennes mensuelles et annuelles (1973 à 2003).....	06
Tableau I.2 les variations concernant les vitesses moyennes mensuelles et annuelles.....	07
Tableau I.3 Caractéristiques de la station d'AIN TOUTA.....	07
Tableau I.4 Caractéristiques de la station de Batna.....	07
Tableau I.5. Répartition altimétrique <i>du sous bassin versant 02</i>	10
Tableau I.6. Indice de pente globale et classe de relief.....	11
Tableau I.7. Caractéristiques principales des sous bassins versants d'AIN TOUTA.....	13

Chapitre II :Etude géomorphologique et hydrologique du site d'étude

Tableau II.1. Les précipitations maximales journalières (1929-2011).....	15
Tableau II.2. Caractéristique de la série de donnée avec N = 75ans.....	17
Tableau II.3. Résultats de l'ajustement à la loi de GALTON.....	20
Tableau II.4. Résultats de l'ajustement à la loi de GUMBEL.....	22
Tableau II.5. Pluies de courtes durées correspondant au temps de concentration de sous bassin1.2.3.4.5.6.....	25
Tableau II.6. Les valeurs de coefficient (C).....	26
Tableau II.7. Débits fréquents obtenus par la méthode Turraza.....	26
Tableau II.8. Coefficient de forme.....	26
Tableau II.9. Débits fréquents obtenus par la méthode Sokolovsky.....	27
Tableau II.10. Débits fréquents obtenus par la méthode MALLET-GAUTHIER.....	27
Tableau II.11. Résultats des crues par les lois empiriques.....	27
Tableau II.12. Débits fréquents arrêtés pour les calculs.....	28
Tableau II.13. Hydro grammes de crues pour différentes périodes de retour. <i>SBV 02</i>	29
Tableau II_14 : résumé les valeurs de débit traversant la section d'oued en fonction des hauteurs d'eau dans le cours d'eau.....	39
Tableau II_15 : Caractéristiques topographiques de la cuvette du bassin d'orage.....	42

Chapitre IV : Implantation des systèmes automatique et hydrauliques dans le bassin d'orage

Tableau IV 1 : Données techniques du compresseur L50.....70

Tableau IV 2 : Adressage des entrées et sorties à l'automate.....77

Liste d'abréviation

API : Automates programmables industriels.

PC: partie commande.

PO: partie opérative.

ADC: digitale analogie convertir.

AC: courant alternatif.

DC: courant constant.

ROM: Read Only Memory.

EEPROM: Electrically Eras able programmable.

S: sortie.

E: entrée.

Capp 1: capteur position 1.

Capp 2: capteur position 2.

D: capteur de débit (débitmètre).

Cap N1: capteur de niveau haut.

Cap N2: capteur de niveau bas.

P: la pompe.

Résumé

La mise en œuvre du bassin versant en amont d'une ville exposée aux inondations dans le lit moyen et le lit majeur du cours d'eau couvant ces inondations, est un moyen important de lutte contre les inondations. Cet espace mobilisé temporairement pour le stockage de l'eau à fin d'obtenir un laminage efficace des crues pour diminuer le débit de pointe et retarder les écoulements sur le cours d'eau, en mobilisant les capacités naturelles d'amortissement en lit moyen et lit majeur, et en stockant temporairement une partie du volume de la crue dans ce bassin conçu à cet effet. Il a un rôle bénéfique dans la lutte contre les inondations surtout lorsque il est équipé des systèmes automatiques.

L'objectif principal de ce projet est de faire la mise au point sur les outils permettant de gérer automatiquement ce type d'ouvrage.

Mots clés : inondation, bassin versant, système automatique, automate.

SUMMARY

The implementation of the watersheds upstream of a city exposed to flooding in the middle bed and the major bed of the water course sewing these floods, is an important means of fighting against floods. This space temporarily mobilized for the storage of water in order to obtain an effective rolling of the floods to reduce the peak flow and delay the flows on the watercourse, by mobilizing the natural capacities of damping in medium bed and major bed, and by temporarily storing part of the flood volume in this basin designed for this purpose. They have a beneficial role in the fight against floods especially when they are equipped with automatic systems.

The main goal of this project is to develop the tools to automatically manage this type of structure

Key words: floods, watershed, automatic system, automaton.

INTRODUCTON GENERALE

L'Algérie est l'un des pays confrontés aux phénomènes de crues et d'inondations qui se manifestent de façon catastrophique constituant ainsi une contrainte majeure pour le développement économique et social.

Les régions des hauts plateaux et du sud algérien, en générale, en connaissent ces derniers années, en relation avec les perturbations climatiques actuels, des changements notables dans le régime hydrologique des oueds (rivières) de la région, plusieurs inondations générées par des crues éphémères de ces oueds ont causés des dégâts humains et matériels considérables. Aussi la prise en considération des catastrophes hydro climatiques naturelles a conduit l'état à la programmation d'un grand nombre de projets d'aménagement de protection des centres urbains et économiques contre les inondations.

Le Massif des Aurès constitue un grand réservoir d'eau souterraine dont les écoulements sont essentiellement dirigés vers le Sud. Pour le bassin versant d'AIN TOUTA qui nous intéresse plus particulièrement, il appartenant au grand bassin de Chott Melghigh.

Notre projet se base sur deux vols d'étude, l'étude hydrologique et géomorphologique et l'étude automatique.

Pour réaliser ce travail nous nous sommes basée sur la méthodologie suivante :

La première partie de ce mémoire présente l'étude géologique et géophysique de la région d'étude.

La deuxième partie est consacré à l'étude géomorphologie et hydrologique du site.

En effet l'étude géologique s'appuie sur les travaux de nombreux auteurs qui ont étudié la région de l'Aurès notamment Laffitte (1939), Guiraud (1973) : Description de l'évolution géologique et tectonique du secteur avec l'identification d'évènements particuliers. D'autre par l'étude géophysique est basée sur les résultats de l'étude réalisée dans la période Novembre 1999 par l'entreprise nationale de la géophysique (ENAGEO). En fin la géomorphologie est basée sur l'étude des paramètres morphométriques ayant une influence sur les écoulements dans le bassin.

Le second volé de cette étude doit être maîtrisée par connaissances des notions de bases des systèmes automatisés d'une part, et par le savoir-faire des technologies câblés et programmés. Ainsi le troisième chapitre entamera le choix des éléments qui aident à la conception et la réalisation de la partie commande, en décrivant en détail l'architecture des automates programmables industriels (API) et le principe du langage de programmation GRAFCET.

En effet le dernier chapitre qui est le noyau de notre projet, évoquera la conception et l'implantation des systèmes automatiques dans le site du bassin versant d'AIN TOUTA.

A decorative border with a repeating pattern of stylized leaves, vines, and small flowers, framing the central text.

Chapitre I :

*Présentation
de la région
d'étude*

I.1. Introduction

Plusieurs manifestations climatiques récentes de grande ampleur ont poussé la communauté mondiale à s'intéresser aux changements climatiques et à leurs impacts sur les ressources en eau. Parmi elles, on peut citer la sécheresse qui a affecté les pays du Maghreb, et l'Algérie en particulier, depuis les années 1970.

Les précipitations, qui sont le facteur principal de l'alimentation des cours d'eau, ont une influence sur la variabilité des écoulements à toutes les échelles de temps. L'étude des séries hydrométriques menée sur une durée assez longue permet donc d'évaluer la réponse des rivières aux variations du climat. Dans cette optique, nous allons examiner l'évolution des précipitations et des écoulements au cours des dernières décennies dans le bassin versant d'AIN TOUTA appartenant au grand bassin de Chott Melghigh.

L'étude hydrologique dans ce chapitre a pour but de définir les indications géographiques, géomorphologiques, géologique et hydrogéologiques, bases, indispensables à la compréhension future des mécanismes hydrologiques. L'ensemble des principales caractéristiques physiographiques jouent un rôle important dans le comportement hydrologique des cours d'eau et influence sur la répartition spatio-temporelle des précipitations des écoulements au sein du bassin lui-même.

I.2. Présentation de la zone d'étude

I.2.1 Situation Géographique du Bassin versant d'AIN-TOUTA:



Figure I.1. Situation Géographique et Localisation de la commune d'AIN TOUTA wilaya de BATNA

I.2.2. Bassin versant d'AIN TOUTA

Le sous bassins versants, objet de cette étude, sont situés dans les communes de AINTOUTA et BENI FEDHALA EL HAKANIA wilaya de BATNA, appartient au grand bassin de Chott Melghigh numéroté 06 selon la nomenclature de l'ANRH.[1]

Les sous bassins versants délimitant la ville de l'Est et du Sud sont délimités (**figureI.3**) :

- Au Nord Est par DJEBEL TAFRENT ;
- A l'Est par les plateaux TAOURICHT et TAHENENT;
- Au Nord et au Nord Ouest par la ville d'AIN TOUTA ;
- Au Sud Dj GUEROUAOU.

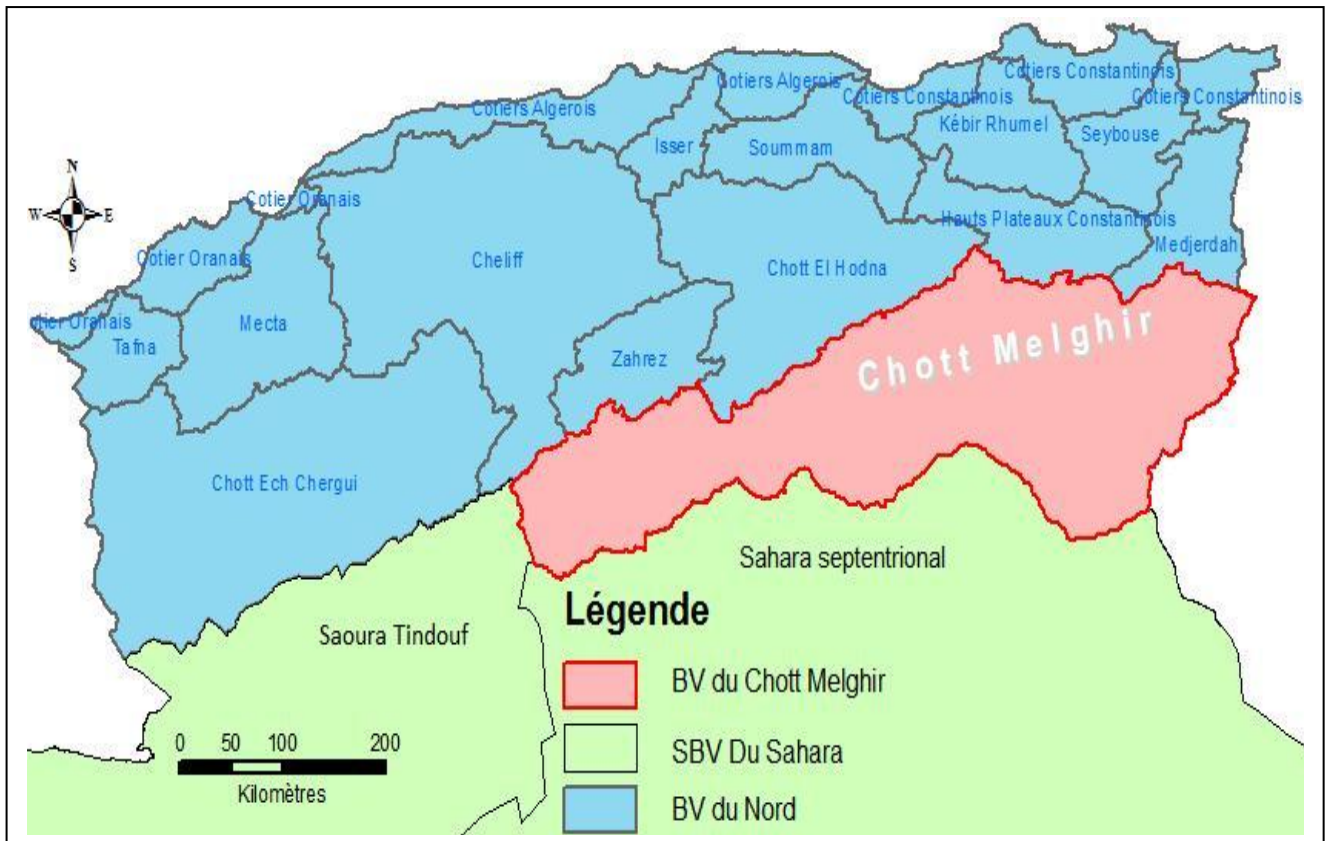


Figure I.2. Localisation de ChottMelghighles sous bassins versants (Ville d'AIN TOUTA wilaya de BATNA)

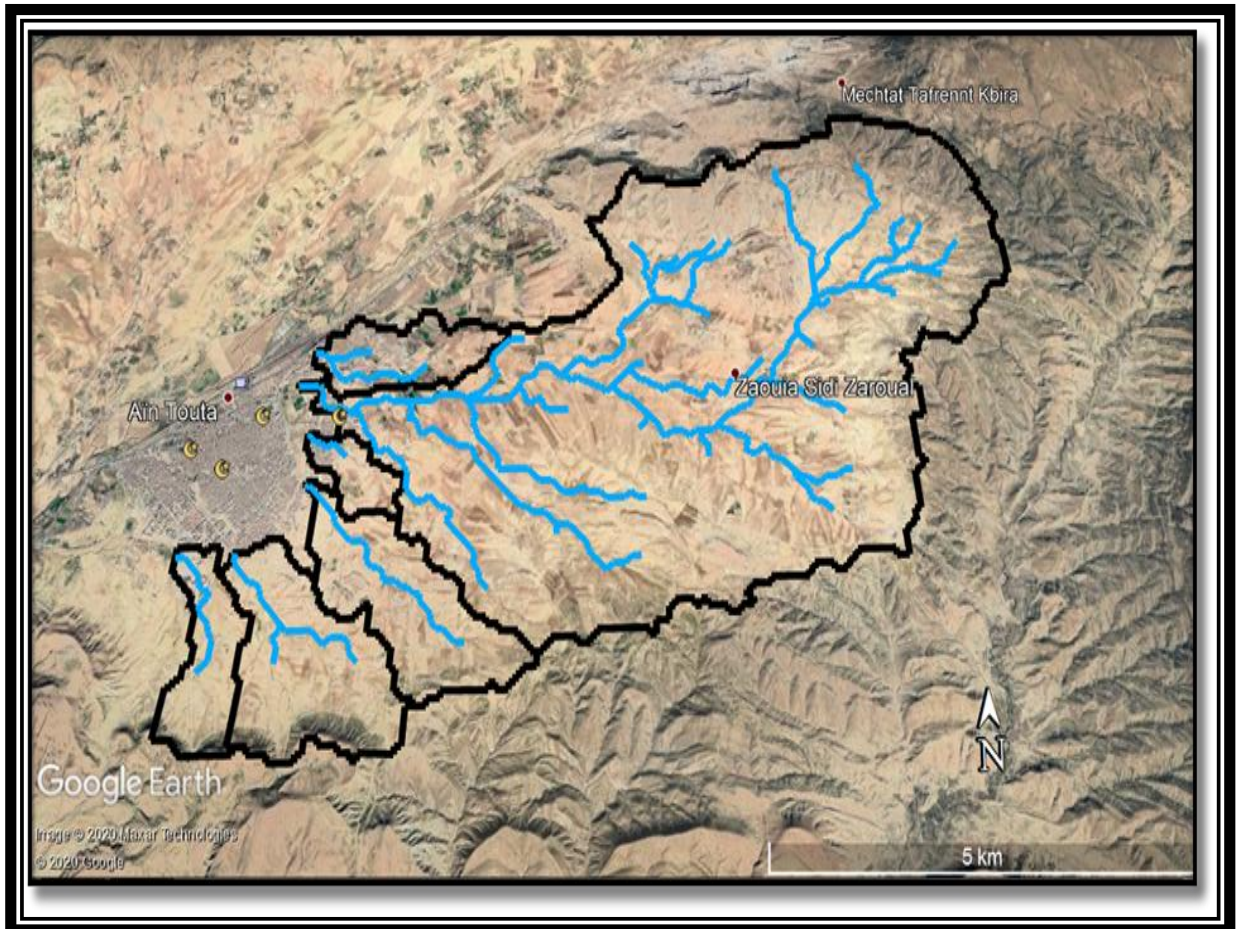


Figure I.3. Les sous bassins versants drainant dans la ville d'AIN TOUTA wilaya de BATNA

I.2.3. Situation climatique des sous bassins versant drimant dans la ville d'AIN TOUTA

I.2.3.1. Données de base

Les différents paramètres morpho métriques du bassin versant (forme, altitude, pente relief etc...) interviennent souvent de façon combinée dans les modalités de l'écoulement **II** sont l'avantage de se prêter à une analyse quantifiée. Cette analyse intéresse deux domaines :

- La surface topographique,
- Le réseau hydrographique. Pour quantifier ces paramètres, les documents cartographiques et moyens de mesures suivants ont été utilisés :
- Cartes topographiques
- Images satellite LandSat8.

- Logiciel Arc-Gis et Auto-Cad.

I.2.3.2. Climatologie

Le climat d'Aïn-Touta est aride, chaud en été et froid en hiver. La pluviométrie est très faible et les chutes de neige sont très rares.

Pour fournir les caractéristiques climatiques au bassin étudié, nous avons utilisé les données météorologiques enregistrées à la station de Batna.

- La température de l'air
- La pluie
- Les vents
- L'humidité

Notre site est situé du côté nord et au piedmont des monts des Aurès. La station climatique de référence la plus proche prise en considération est la station de Batna (ferme). En effet, cette station jouit des mêmes caractéristiques du relief qui est à la continuité de celui du site de notre étude. La classification nationale de la région de Batna se situe dans la zone climatique des Aurès-Némémécha parmi les 09 zones que comporte la classification. Le palier pluviométrique de notre station est compris entre 300 et 400 mm ce qui nous permet de la classer dans le climat méditerranéen semi-aride, avec un hiver froid et un été moyennement chaud.

I.2.3.3. Température

Les températures de la région d'étude sont traitées à partir de la station climatologique d'ANRH à savoir la station de BATNA pour une période d'observation allant de 1973 à 2003 (Tableau I.1).

SAISONS	AUTOMNE			HIVER			PRINTEMPS			ETE			MOY
MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
$T_{Min}C^0$	14,6	9,78	5,02	2,13	0,81	1,62	3,53	5,77	9,76	14,97	18,21	17,87	8,67
$T_{Max}C^0$	26,53	21,47	15,62	11,25	10,51	12,74	15,28	19,53	24,69	29,96	34,49	34,13	21,35
$T_{Moy/M}$	20,57	15,62	10,32	6,69	5,66	7,18	9,40	12,65	17,22	22,46	26,35	26,00	15,01
$T_{Moy/S}$	15,50			6,51			13,09			24,94			

Tableau I.1 : Les températures moyennes mensuelles et annuelles (1973 à 2003) [2]

Comme le montre le (Tableau I.1), la température moyenne annuelle pour notre région d'étude est de 15.6 °C. Le climat de cette région se caractérise par un été sec et chaud et un hiver humide mais assez tempéré. Le mois le plus chaud est Aout, par contre le mois le plus froid est Janvier.

I.2.3.4 Les Vents

Les vents les plus dominants sont ceux provenant du Nord- Ouest et du Sud- Est, la zone connaît le SIROCCO pendant les mois de Juillet et Aout avec une moyenne annuelle de 15jours.

Le tableau suivant indique les variations concernant les vitesses moyennes mensuelles et annuelles.

<i>Sens</i>		<i>N</i>	<i>N-E</i>	<i>E</i>	<i>S-E</i>	<i>S</i>	<i>S-W</i>	<i>W</i>
<i>Année</i>		8,3	23,3	3,0	2,6	4,0	31,0	18,0
<i>SAISONS</i>	<i>AUTOM</i>	6,8	20,3	6,4	2,5	3,1	36,7	18,0
	<i>HIVER</i>	9,3	22,0	2,1	1,4	1,4	33,0	20,6
	<i>PRINT</i>	8,7	23,5	3,2	4,4	4,5	28,7	18,3
	<i>ETE</i>	8,6	28,6	3,7	3,4	6,1	25,6	15,3

Tableau I.2 les variations concernant les vitesses moyennes mensuelles et annuelles.

I.2.2.5 La Pluviométrie

Avant d'évaluer les précipitations sur les sous bassins versants, on a analysé les données disponibles aux stations pluviométriques de Batna ferme et d'AIN TOUTA.

Station	Code	Coordonnées (Km)			Période de fonctionnement
		X	Y	Z	
Ain Touta	05-12-03	472.15	289.85	1150	13 ans

Tableau I.3 Caractéristiques de la station d'AIN TOUTA.[1]

Station	Code	Coordonnées (Km)			Période de fonctionnement
		X	Y	Z	
Batna	07-03-16	710	261.4	982	75 ans

Tableau I.4 Caractéristiques de la station de Batna.[1]

Pour ce qui concerne les caractéristiques des précipitations annuelles sur une période de 13 ans à la station d'Ain Touta on a : $P_{\text{moy}} = 277 \text{ mm}$. [9] Pour ce qui concerne les caractéristiques des précipitations annuelles sur une période de 75 ans à la station de Batna on a : $P_{\text{moy}} = 387 \text{ mm}$. [1]

I.4. Caractéristique géomorphologique de bassin versant

I.4.1 Définition du bassin versant

Le bassin versant, unité géographique sur laquelle se fonde l'analyse hydrologique, peut être considéré comme étant un " système hydrologique clos" à l'intérieur duquel aucun écoulement extérieur n'intervient et où tous les apports pluvieux s'évaporent ou s'écoulent par une seule section à l'exutoire. Le bassin versant ainsi défini correspond à la totalité de la surface topographique drainée par un cours d'eau principal et ses affluents à l'amont de cette section. Il est matérialisé par son exutoire à partir duquel est tracé le point de départ et d'arrivée de la ligne de partage des eaux qui le délimite. Celle-ci correspond généralement à la ligne de crête et caractérise alors le bassin versant topographique.[4] Dans notre cas, le bassin versant ainsi délimité et stylisé correspond au bassin versant réel en raison d'une perméabilité moyenne qui recouvre le substratum. Par ailleurs, aucun apport latéral artificiel ne modifie la surface drainée circonscrite à l'intérieur du bassin versant.

I.4.2 Caractéristiques physiques et leurs influences sur l'écoulement des eaux

Les caractéristiques physiographiques du bassin versant influencent largement sa réponse hydrologique. Le temps de concentration T_c est influencé par diverses caractéristiques morphologiques : la taille du bassin (sa surface), sa forme, son altitude, sa pente et son orientation. A ces facteurs s'ajoutent le type de sol, le couvert végétal et les caractéristiques du réseau hydrographique. Ces facteurs, d'ordre purement géométrique ou physique, s'estiment aisément à partir de cartes adéquates.

I.4.3 Caractéristiques géométriques

I.4.3.1 Surface et périmètre

Le bassin versant étant l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau, les débits vont être en partie reliés à sa surface et à sa forme dépend du périmètre. La surface (**S**) et le périmètre (**P**) du bassin versant ont été déterminés par le module Arc-Map.

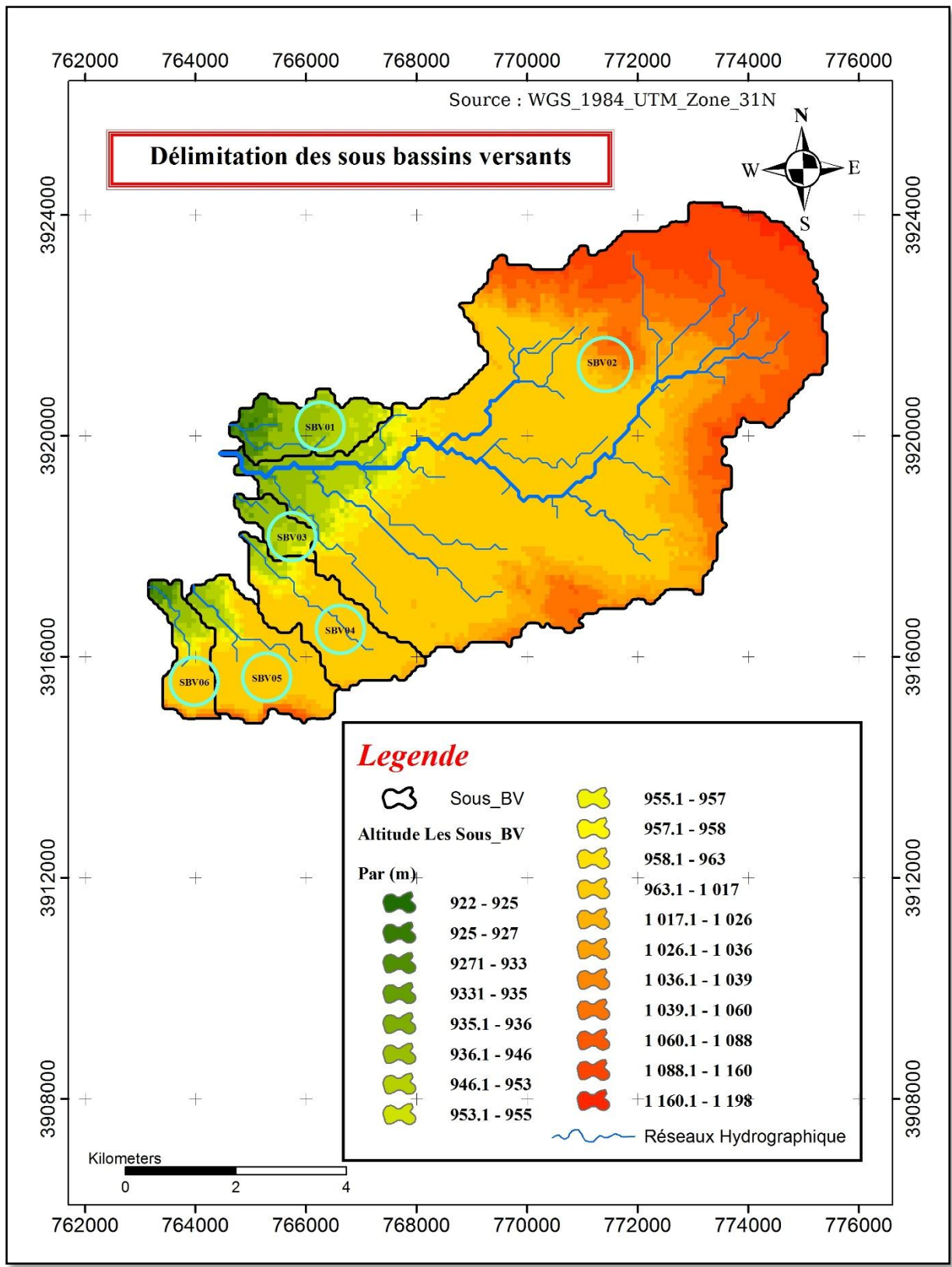


Figure I.4. Délimitation des sous bassins versants

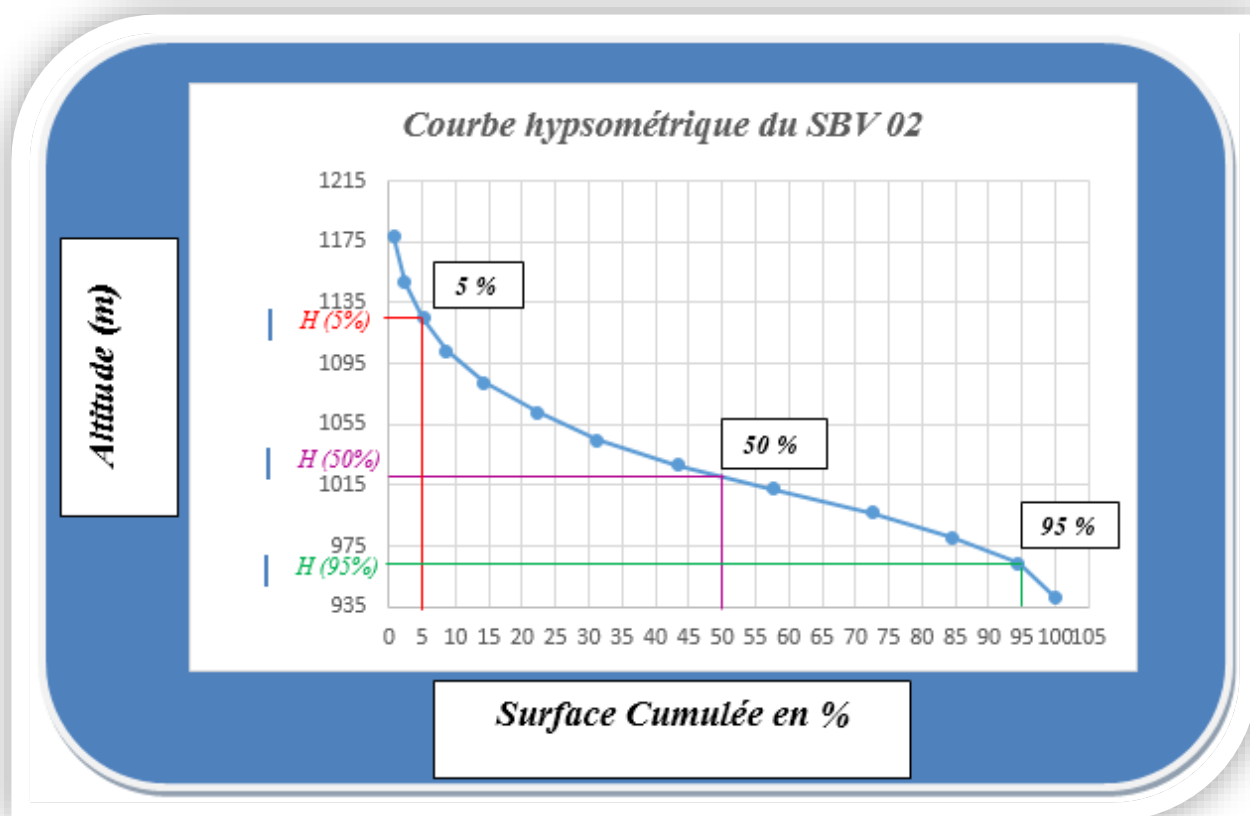


Figure I.5. Courbe hypsométrique *du sous bassin versant 02*

Tranche d'altitude (m)		Surface partielle (km ²)	Surface cumulée (km ²)	Surface cumulée (%)	Altitude moyenne Hi (m)
1160	1198	0.32	0.32	0.67	1179
1136	1160	0.84	1.16	2.43	1148
1114	1136	1.35	2.51	5.25	1125
1092	1114	1.58	4.09	8.55	1103
1072	1092	2.77	6.86	14.35	1082
1053	1072	3.79	10.65	22.28	1062.5
1036	1053	4.32	14.97	31.31	1044.5
1020	1036	5.77	20.74	43.38	1028
1005	1020	6.79	27.53	57.58	1012.5
989	1005	7.15	34.68	72.54	997
972	989	5.65	40.33	84.35	980.5
955	972	4.78	45.11	94.35	963.5
927	955	2.70	47.81	100	941

Tableau I.5. Répartition altimétrique *du sous bassin versant 02*

<i>SBV</i>	<i>Superficie A (km²)</i>	<i>Indice de pente globale I_g (m/km)</i>	<i>Indice de pente de ROCHE</i>	<i>Indice de pente moyenne (m/km)</i>	<i>Dénivelée Spécifique Ds (m)</i>	<i>Classe de relief</i>
02	47.83	8.26	7.10	39.18	57.13	Relief modéré

Tableau I.6.Indice de pente globale et classe de relief

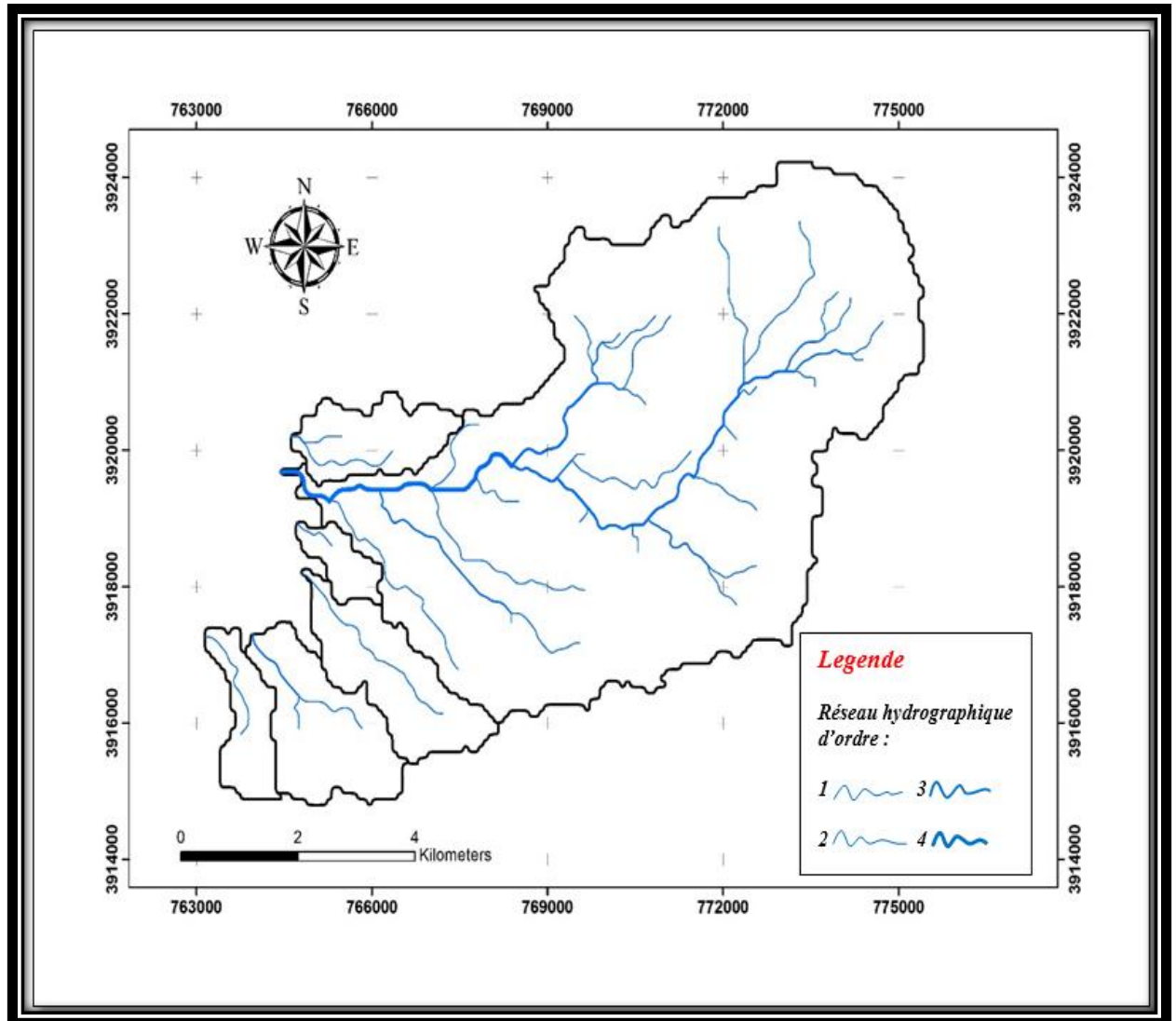



Figure I.6. Réseau hydrographique et ses ordres des sous bassins versants d'AIN TOUTA

Paramètres	Symbole	Unité	SBV1	SBV2	SBV3	SBV4	SBV5	SBV6
Superficie	A	Km^2	2.51	47.83	0.97	3.84	4.09	1.83
Périmètre	P	Km	9.86	44.96	5.88	13.32	11.93	8.47
Indice de compacité	K_c	/	1.74	1.82	1.67	1.90	1.65	1.75
Longueur du rectangle équivalent	L_R	m	4.35	20.10	2.56	6.01	5.17	3.74
Largeur du rectangle équivalent	l_R	m	0.58	2.38	0.38	0.64	0.79	0.49
Indice de pente de Roche	I_P	%	6.72	7.10	6.34	9.75	7.35	11
Indice de pente global	I_g	m/km	5.75	8.26	8.79	10.82	21.10	27.41
Dénivelée spécifique	D_s	m	9.12	57.13	8.66	21.19	42.66	37.10
Type de relief	/	/	Relief très faible	Relief modéré	Relief très faible	Relief faible	Relief assez faible	Relief assez faible
Altitude moyenne	H_{moy}	m	941	1020	945.5	980.5	986	968
Altitude maximale	H_{max}	m	957	1198	963	1026	1088	1060
Altitude minimale	H_{min}	m	925	927	933	939	935	922
Altitude à 5%	$H_{5\%}$	m	953	1127	959	1017	1063	1036.5
Altitude à 95%	$H_{95\%}$	m	928	961	936.5	952	954	934
Longueur de cours d'eau principal	L_p	Km	1.29	5.2	1.004	5	4.3	2.026
Densité de drainage totale	D_d	Km/Km^2	1.56	1.17	1.03	1.29	1.53	1.11
Pente moyenne de l'oued	I_{cmoy}	m/Km	20.19	39.18	30.43	44.42	75.66	101.97
Coefficient de torrentialité	C_t	/	0.62	0.02	1.06	0.34	0.37	0.6
Temps de concentration	T_c	Heures	1.901	6.975	1.245	2.585	2.218	1.325
Vitesse de propagation de crue	V_e	Km/h	0.68	0.75	0.81	1.93	1.94	1.66
Classification de Horton	Ordre	/	02	04	01	01	02	01

Tableau I.7. Caractéristiques principales des sous bassins versants d'AIN TOUTA

I.5.Conclusion

Dans ce chapitre nous avons essayé de représenter les sous bassins versants délimitant la ville d'AIN TOUTA, connaître la topographie, les conditions climatiques et l'état actuel du réseau hydrographique de la région ainsi que les caractéristique hydro morphologiques d'AIN TOUTA. La collecte des données consiste à rechercher toutes les informations disponibles dans la région à étudier. Cette étape constitue la phase la plus importante. Elle est basée sur la collecte des informations brutes, et aussi de vérifier sa fiabilité pour une prise de décision correcte. Nous allons donc, procéder dans le chapitre qui suit au calcul hydrologique.

A decorative border with a repeating floral and vine pattern, featuring leaves, small flowers, and scrolls, framing the central text.

Chapitre II
Etude géomorphologique
et hydrologique du
site d'étude

II.1. Introduction

L'objectif de cette étude hydrologique est de déterminer pour tous les bassins versants délimitant la ville leurs différentes caractéristiques hydrologiques et hydrogrammes de crues à différentes périodes de retour et de définir les débits maxima probables correspondants pour le sous bassin versant 2 qui seront utilisée comme conditions aux limites dans l'étude hydraulique. A cet effet, et du fait de l'absence de stations hydrométriques dans la zone d'étude, l'utilisation d'un modèle de calcul des débits et d'estimation des eaux à l'échelle d'un bassin versant en se basant sur les précipitations extrêmes devient nécessaire.

II.2. Analyse des données pluviométriques

II.2.1. Précipitation maximales journalières

L'analyse des pluies maximales journalières est nécessaire pour l'estimation des débits de pointe des crues. On a utilisé, pour ce faire, les données ANRH des stations de BATNA aux données existantes II.1.

Année	P _{jmax} (mm)	Année	P _{jmax} (mm)	Année	P _{jmax} (mm)	Année	P _{jmax} (mm)
1929/1930	38.4	1953/1954	21	1975/1976	46.4	1996/1997	27.3
1930/1931	37	1954/1955	32	1977/1978	32.9	1997/1998	51.9
1931/1932	23.6	1955/1956	46	1978/1979	30.5	1998/1999	17.2
1932/1933	39.9	1956/1957	20.5	1979/1980	12.3	1999/2000	26.8
1933/1934	35.1	1957/1958	46.5	1980/1981	25.4	2000/2001	39.8
1934/1935	29.9	1958/1959	39	1981/1982	14.3	2001/2002	20.3
1935/1936	37.6	1959/1960	29.2	1982/1983	59.6	2002/2003	52.4
1936/1937	48.1	1960/1961	28.4	1983/1984	48.3	2003/2004	45.2
1937/1938	46.6	1961/1962	47.7	1984/1985	36.8	2004/2005	42.8
1938/1939	24.4	1962/1963	57	1985/1986	20.1	2005/2006	49.9
1939/1940	41.5	1963/1964	26	1986/1987	13.1	2006/2007	21.1
1940/1941	17.2	1964/1965	23.8	1987/1988	35.2	2007/2008	36.2
1941/1942	46.2	1965/1966	33.5	1988/1989	60	2008/2009	39.3
1942/1943	33.2	1966/1967	18.4	1989/1990	39.7	2009/2010	32.6
1944/1945	20.7	1967/1968	78.5	1990/1991	20.7	2010/2011	64.6
1945/1946	21	1968/1969	51.7	1991/1992	22.1		
1947/1948	22.5	1971/1972	25.3	1992/1993	40.8		
1949/1950	23.6	1972/1973	49.6	1993/1994	24		
1951/1952	48.8	1973/1974	32.7	1994/1995	34.3		
1952/1953	38.8	1974/1975	23.7	1995/1996	34.3		

Tableau II.1. Les précipitations maximales journalières (1929-2011). [1]

II.2.2. Ajustement des pluies maximales journalières :

L'ajustement des pluies maximales journalières sera effectué à l'aide du logiciel HYFRAN. On a effectué l'ajustement de la série des pluies maximales journalières à des lois différentes, en utilisant le logiciel HYFRAN, avec une comparaison entre les lois.

Dans notre étude on suit les étapes suivantes :

- Classer la série des précipitations par ordre croissant.
- Calculer la fréquence expérimentale.
- Calculer les caractéristiques empiriques de la série de données.
- Ajuster graphiquement la loi choisie.
- Calculer le quantile et son intervalle de confiance.

Les caractéristiques empiriques de la série de données ont été obtenues par le logiciel HYFRAN.

Caractéristiques	Valeurs
<i>Statistiques de base</i>	75
<i>Minimum</i>	12.3
<i>Maximum</i>	78.5
<i>Moyenne</i>	35.0
<i>Ecart-type</i>	13.3
<i>Médiane</i>	34.3
<i>Coefficient de variation (Cv)</i>	0.381
<i>Coefficient d'asymétrie (Cs)</i>	0.611
<i>Coefficient d'aplatissement (Ck)</i>	3.14

Tableau II.2.Caractéristique de la série de donnée avec N = 75ans

La représentation des observations sur des papiers normaux et leurs histogrammes sont présentés dans les figures II.1et II.2 respectivement :

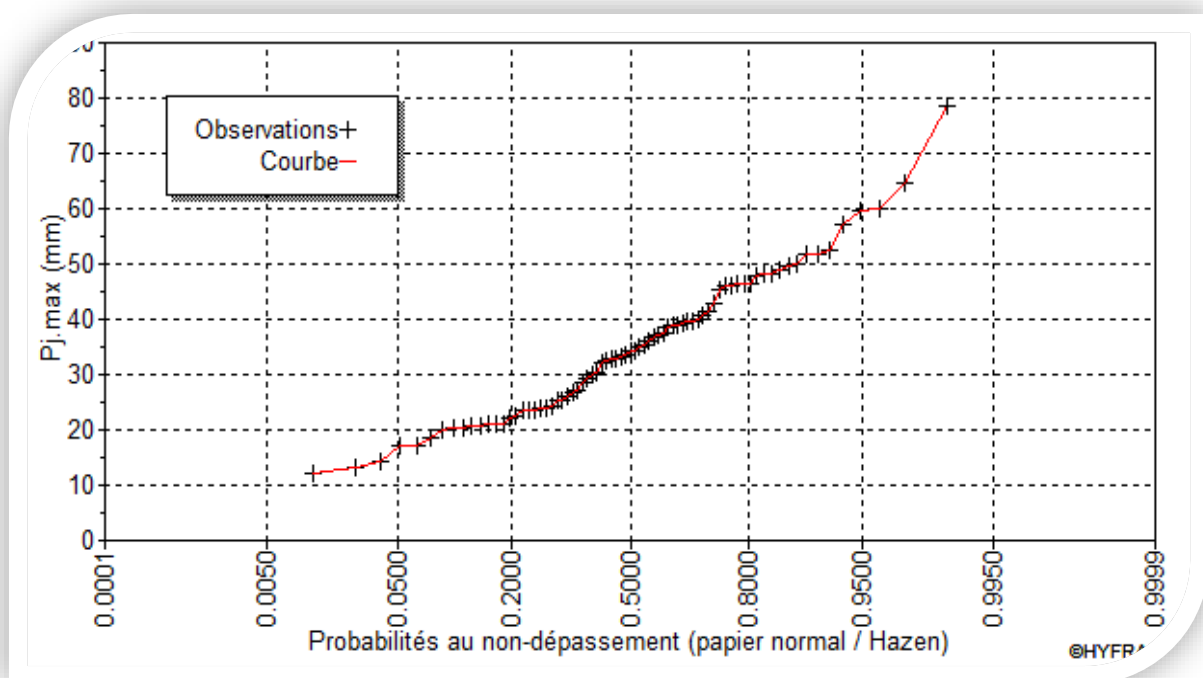


Figure II.1. Représentation des observations sur papier normale

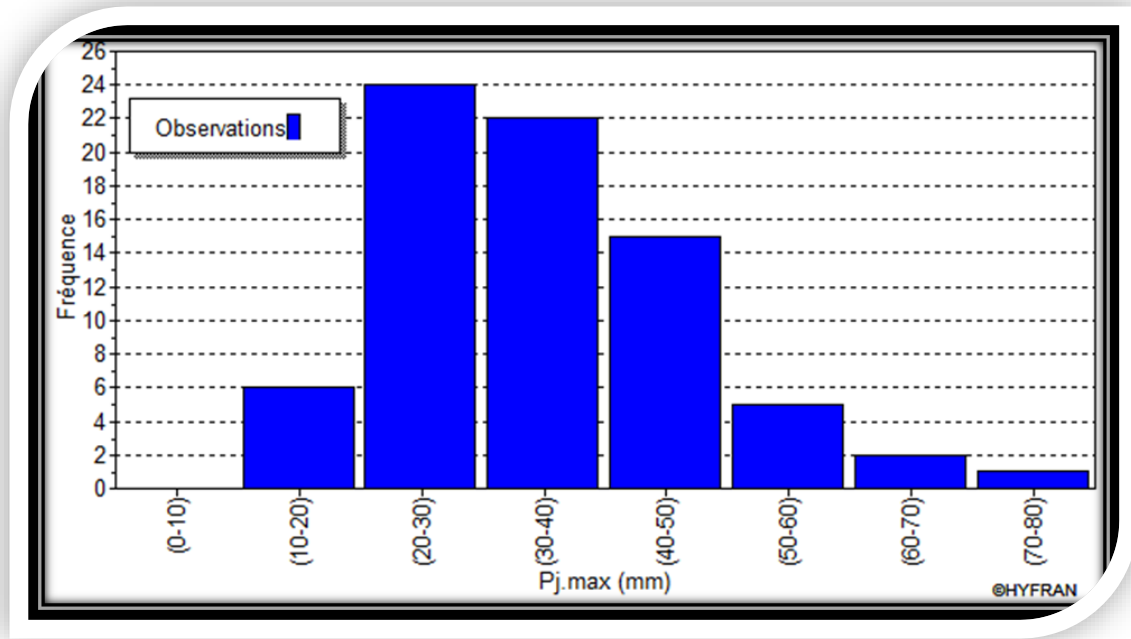


Figure II.2.Histogramme des observations

II.2.3. Choix de la loi d’ajustement :[3]Les lois d’ajustement sont nombreuses et ne peuvent être appliquées à un échantillon que si les conditions d’homogénéités et stationnarités sont réunies.

Les critères de choix d’une loi sont liés à un ajustement graphique d’abord et ensuite à un test de dispersion. L’allure des points sur du papier à probabilité permet d’accepter ou de rejeter la loi.

Dans présente étude on applique la loi de GALTON (Loi Log normale) et la loi de GUMBEL (Double exponentiel) et ce avec le logiciel HYFRAN.

Les caractéristiques des échantillons, les tests d’adéquation des deux lois ainsi que l’homogénéité sont calculés directement à partir du logiciel.

II.2.3.1. Ajustement suivant la loi de GALTON (Log Normale) :

Description théorique :Le procède d’ajustement est établi avec une représentation sur du papier log normale.

La loi de GALTON a une fonction de répartition qui s’exprime selon la fonction suivante :

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{[\ln x - \mu]^2}{2\sigma^2} \right\} \dots\dots\dots (II.1)$$

$$U = \frac{\ln X_i - \ln \bar{X}}{\delta \ln X} \text{ (Variable réduite de gausse)}$$

\bar{X} : La moyenne de l'échantillon

δ_i : L'écart-type de l'échantillon

L'équation de la droite de GALTON est la suivante :

$$\text{Ln } X (p\%) = \text{Ln } (\bar{X}) + \delta \cdot \text{Ln } u (p\%) \dots \dots \dots (II.2)$$

$$\text{Ln } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{N=75} \text{Ln } (X_i)}{N}$$

Avant de procéder à l'ajustement il faut suivre les étapes suivantes

- classer les valeurs des précipitations par ordre croissant avec attribution d'un rang 1.2.3.4.5...n.
- calculer pour chaque valeur de précipitation la fréquence expérimentale par la formule de HAZEN :

$$F(x) = \frac{m-0.5}{n} \dots \dots \dots (II.3)$$

Avec :

m : Rang de précipitation ;

n : Nombre d'observations 75.

- Calculer la variable réduite de GALTON donnée par la formule suivante :

$$U = \frac{\text{Ln } X_i - \text{Ln } \bar{X}}{\delta \text{ Ln } X} \dots \dots \dots (II.4)$$

- **GALTON (log-Normale) (Maximum des vrais semblances) :**

Nombre d'observation n 75

❖ **Paramètre :**

Mu = 3.48052, Sigma = 0.395542

❖ **Quantile :**

q= F(X) (probabilité au non dépassement)

T= 1/ (1-q)

Les résultats d'ajustement obtenus par la loi de GALTON sont représentés dans le Tableau

II.3 suivant :

Période de retour (T)	Probabilité(q)	Pluies max (mm)	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
500	0.9980	101.40	10.60	80.70	122.00
200	0.995	90.00	8.58	73.10	107.00
100	0.99	81.52	7.20	67.40	95.60
50	0.98	73.19	5.92	61.60	84.80
10	0.90	53.92	3.33	47.40	60.50
5	0.80	45.30	2.41	40.60	50.00

Tableau II.3. Résultats de l'ajustement à la loi de GALTON

On constate que la droite d'ajustement est bien ajustée par rapport au nuage de points expérimentaux.

Test de Ki deux Carré (X^2) :

Hypothèses :

H_0 : L'échantillon provient d'une loi Log normale

H_1 : L'échantillon ne provient pas d'une loi Log normale

Résultats :

Résultat de la statistique :	$X^2 = 7.87$
p-value	$p = 0.4466$
Degrés de liberté :	8
Nombre de classes :	11

Résultats :

Nous pouvons accepter H_0 au niveau de signification de 5 %

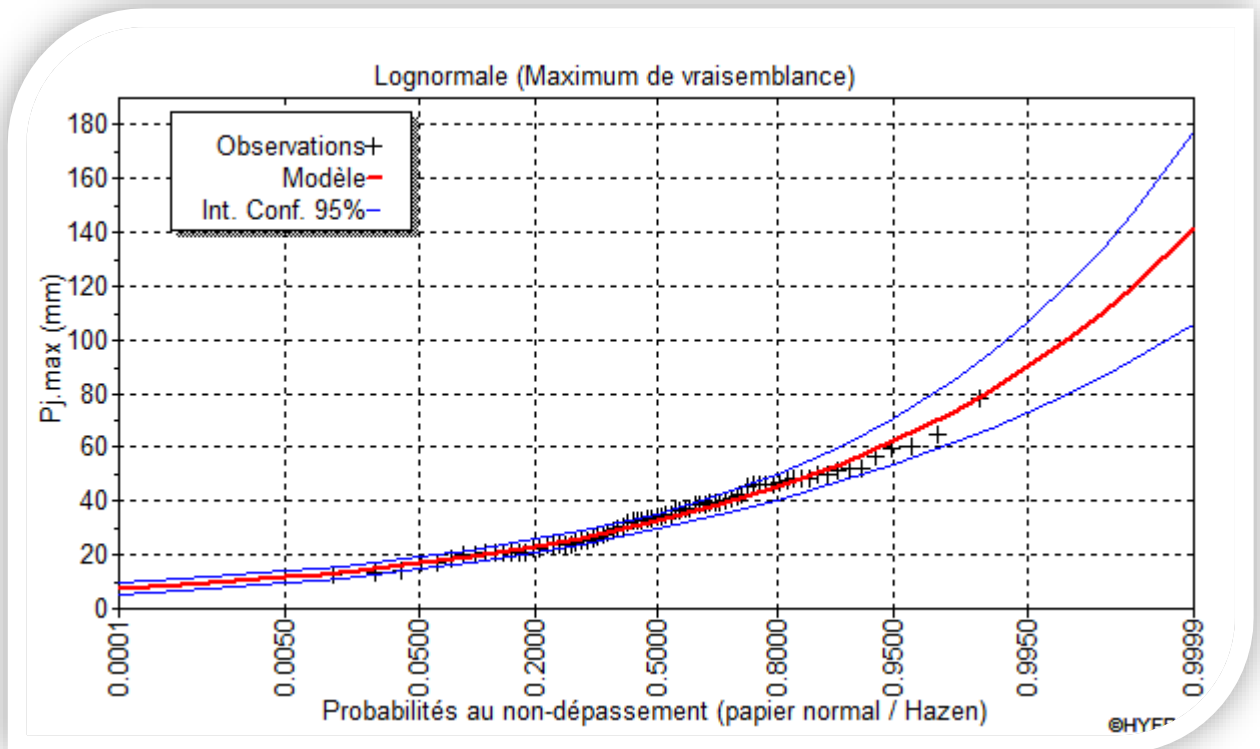


Figure II.3.Représentation graphique de l’ajustement par la loi de log normale

II.2.3.2.Ajustement suivant la loi de GUMBEL :

Description théorique :

Le procédé d’ajustement est identique à celui établi pour la loi de GALTON. Seule la représentation graphique change ou elle est faite sur du papier (Gumbel/Hazen). La loi de GUMBEL a une fonction de répartition qui s’exprime selon la formule suivante :

$$F(X) = e^{-e^{-y}} \dots\dots\dots(II.5)$$

Tel que : $y = a (x - x_0)$

- **1/a** : La pente de la droite de Gumbel,
- **y** : Variable réduite de GUMBEL,
- **x** : Précipitation maximale journalière (mm),
- **x₀**: Ordonnée à l’origine en (mm).

On peut écrire :

$$y = - \ln (- \ln (F (x))) \dots\dots\dots(II.6)$$

✓ **Gumbel (Méthode des moments) :**

Nombre d’observations : 75

❖ **Paramètre :**

$$u = 28.9811, \alpha = 10.3766$$

❖ **Quantiles :**

$$q = F(X) \text{ (probabilité au non-dépassement)}$$

$$T = 1 / (1-q)$$

Résultats pratiques :

Les paramètres qu'on peut les tirer à partir de cette série lorsqu'on applique la loi de GUMBEL

<i>Période de retour (T)</i>	<i>Probabilité(q)</i>	<i>Pluies max (mm)</i>	<i>Ecart- type</i>	<i>Intervalle de confiance (95%)</i>	
500	0.9980	93.50	8.02	77.70	109.00
200	0.995	83.90	6.89	70.40	97.40
100	0.99	76.70	6.03	64.90	88.50
50	0.98	69.50	5.18	59.30	79.60
10	0.90	52.30	3.21	46.00	58.60
5	0.80	44.50	2.38	39.90	41.90

Tableau II.4.Résultats de l'ajustement à la loi de GUMBEL

On constate que la droite d'ajustement est bien ajustée par rapport au nuage de points expérimentaux.

Test de K_i deux Carré (X^2) :**Hypothèses :**

H_0 : L'échantillon provient d'une loi Gumbel

H_1 : L'échantillon ne provient pas d'une loi Gumbel

Résultats :

Résultat de la statistique :	$X^2 = 17.55$
p-value	$p = 0.0249$
Degrés de liberté :	8
Nombre de classes :	11

Résultats :

Nous devons REJETER H_0 au niveau de signification de 5 %, mais on l'accepte au niveau de signification de 1%. La figure II.4 illustre l'ajustement de la série pluviométrique à la loi de GUMBEL (Méthode des moments).

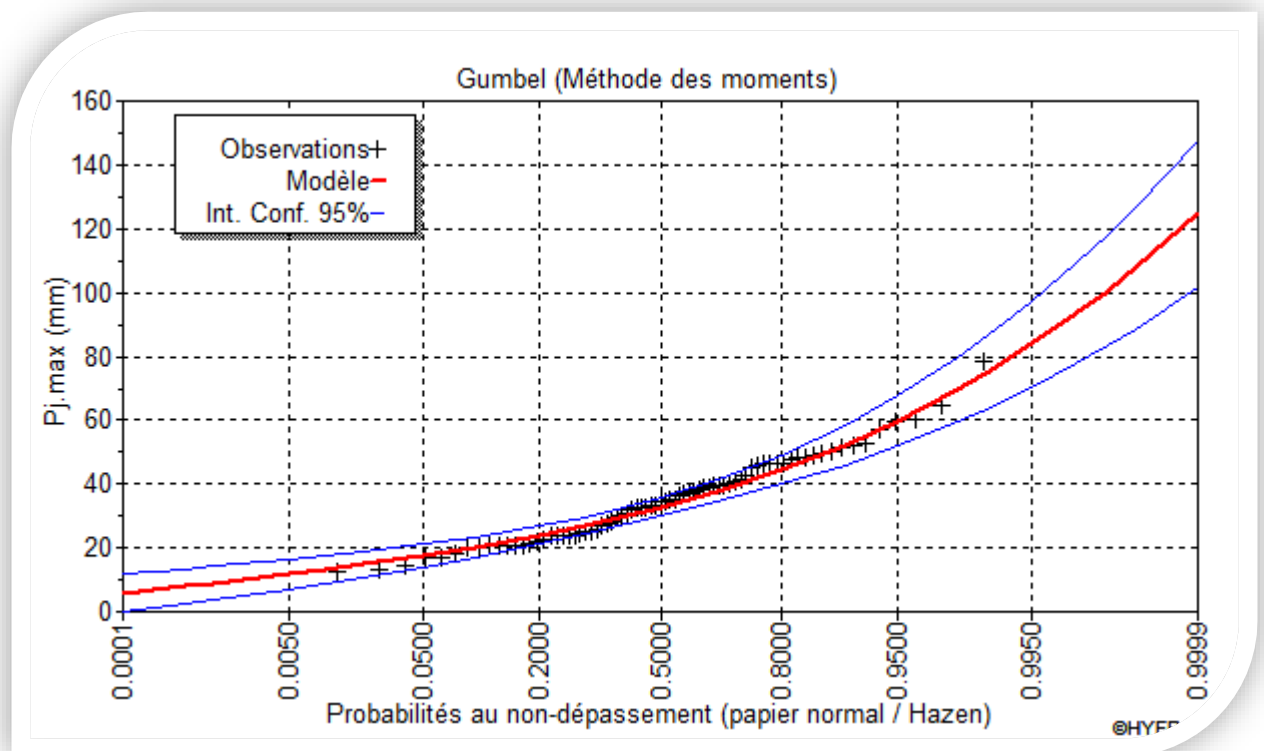


Figure II.4. Ajustement à la loi de GUMBEL

II.2.3.3. Comparaison entre les deux lois d'ajustement

La figure montre la comparaison entre les deux lois d'ajustement (Loi de Gumbel et loi de Galton)

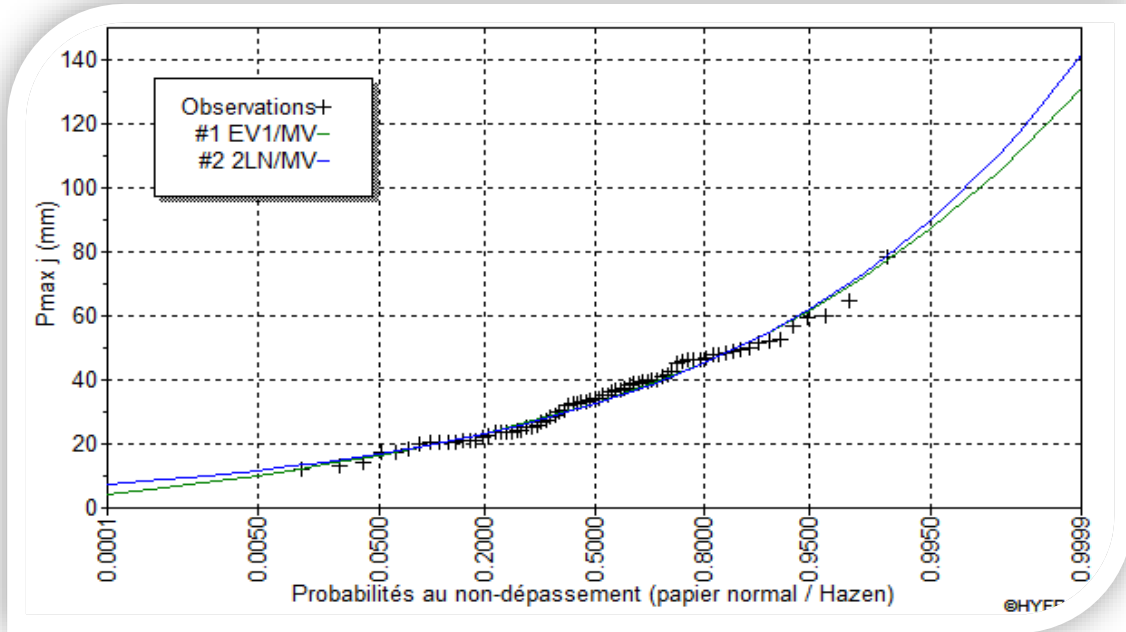


Figure II.5. Comparaison entre les deux lois d'ajustement

En se référant aux graphes obtenues, par ces deux lois, celui de GUMBEL et GALTON, nous avons remarqué que l'ajustement issu de la loi de GALTON est le meilleur du moment que la position des données expérimentales sont plus proches de la droite théorique. Alors on opte pour la loi de GALTON (Log normale).

II.3. Pluies de courte durée

Pour une période donnée, la quantité de pluie tombée en un temps (t) est déterminée par la formule suivante :

$$P_{max,t}, P\% = P_{max,j}, P\% \left(\frac{t}{24} \right)^b \dots\dots\dots (II.7)$$

Avec :

P_{max,t}, P% : Pluie de courte durée pour une fréquence donnée (mm).

P_{max,j}, P% : Pluie maximale journalière pour la même fréquence (mm).

t : Durée de pluie (h).

b : Exposant climatique ; $b = 0,25$

L'intensité des pluies $I_t = \frac{P_{tc}}{t} \dots \dots \dots (II.8)$

Les résultats du calcul sont regroupés dans les tableaux **II.4** et **II.5**

T	500		200		100		50		10		5	
	$\bar{P}_{\max j}$ (mm)	P_{tc} (mm)	$\bar{P}_{\max j}$ (mm)	P_{tc} (mm)	$\bar{P}_{\max j}$ (mm)	P_{tc} (mm)	$\bar{P}_{\max j}$ (mm)	P_{tc} (mm)	$\bar{P}_{\max j}$ (mm)	P_{tc} (mm)	$\bar{P}_{\max j}$ (mm)	P_{tc} (mm)
SBV 1	101.4	53.80	90	47.75	81.52	43.25	73.19	38.83	53.92	28.61	45.30	24.03
SBV 2	101.4	74.45	90	66.08	81.52	59.85	73.19	53.74	53.92	39.59	45.30	33.26
SBV 3	101.4	48.39	90	42.95	81.52	38.90	73.19	34.93	53.92	25.73	45.30	21.62
SBV 4	101.4	58.09	90	51.56	81.52	46.70	73.19	41.93	53.92	30.89	45.30	25.95
SBV 5	101.4	55.91	90	49.62	81.52	44.95	73.19	40.35	53.92	29.73	45.30	24.98
SBV 6	101.4	49.15	90	43.63	81.52	39.52	73.19	35.48	53.92	26.14	45.30	21.96

Tableau II.5.Pluies de courtes durées correspondant au temps de concentration de sous bassin 1.2.3.4.5.6

II.4. Etude des crues

II.4.1. Débits maxima fréquentiels

L'absence de données observées nous a contraints à utiliser les formules empiriques les plus adéquates.

✓ **Formule de TURAZZA**

L'une des formules les plus utilisées est celle de TURAZZA qui s'exprime de la manière suivante :

$Q_{p\%} = (C \times I_{p\%} \times S) / 3.6 \dots \dots \dots (II.9)$

Où :

Q_{p%} = Débit maximum de fréquence (P%)

C= Coefficient de ruissellement lié à la probabilité d'occurrence

I (P%)= Intensité de la pluie de fréquence (P%) pour une durée égale au temps de concentration T_c.

S = Superficie du bassin versant.

D'après son auteur, il est recommandé d'affecter les valeurs suivantes au coefficient (C)

Période de retour	500	200	100	50	10	5
--------------------------	------------	------------	------------	-----------	-----------	----------

(ans)						
C	0,75	0,725	0,7	0,65	0,625	0,55

Tableau II.6.Les valeurs de coefficient (C)

Rappelons que :

$$I_{p\%} = \frac{P_{tc(p\%)}}{T_c} \dots\dots\dots (II.10)$$

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

T	500		200		100		50		10		5	
	I _p (%)	Q _{p%} (m ³ /s)	I _p (%)	Q _{p%} (m ³ /s)	I _p (%)	Q _{p%} (m ³ /s)	I _p (%)	Q _{p%} (m ³ /s)	I _p (%)	Q _{p%} (m ³ /s)	I _p (%)	Q _{p%} (m ³ /s)
SBV 02	10.67	106.36	9.47	91.26	8.58	79.81	7.70	66.54	5.68	47.13	4.77	34.85

Tableau II.7.Débits fréquentiels obtenus par la méthode Turraza

✓ Formule de SOKOLOVSKY

$$Q_{max} = \frac{0.28 P_{tcP\%} \cdot C_e \cdot S}{t_m} * f \dots\dots\dots (II.11)$$

f : coefficient de forme de la crue, $f = \frac{12}{4+3\gamma}$ On prend $\gamma=2,50$ d'où $f=1.04$ hydrogramme triangulaire

γ	2,0	2,5	3,0	4,0
f	1,20	1,04	0,92	0,75

Tableau II.8.Coefficient de forme

tm : temps de montée, en heures où $t_m = f(t_a)$

ta : étant la durée de l'averse $t_a = t_c = t_m$ cas des petits bassins versants

Ce : Coefficient de ruissellement en fonction de la fréquence

Période de retour (ans)		500	200	100	50	10	5
SBV2	Qmaxp % (m3/s)	111.50	95.67	83.67	69.75	49.41	36.53

Tableau II.9. Débits fréquents obtenus par la méthode Sokolovsky

✓ **Formule de MALLET-GAUTHIER**

$$Q_{maxp\%} = 2k \log(1 + 20\bar{P}) \frac{S}{\sqrt{L_t}} \sqrt{1 + 4 * \log T - \log S} \dots \dots \dots (II.12)$$

Avec :

K : Constante comprise entre 1-3, on prend K=1. \bar{P} : Pluie moyenne annuelle mm.**S** : Surface du bassin versant (Km²).**L_t** : Longueur du talweg principal (Km).**T** : Période de retour

Période de retour (ans)		500	200	100	50	10	5
SBV2	Qmaxp % (m3/s)	499.71	458.71	425.08	388.55	286.28	228.55

Tableau II.10. Débits fréquents obtenus par la méthode MALLET-GAUTHIER

Périodes de retour (ans)		500	200	100	50	10	5	
Qmax %	SBV2	Turazza	106.36	91.26	79.81	66.54	47.13	34.85
		Sokolovsky	111.50	95.67	83.67	69.75	49.41	36.53
		Mallet-Gauthier	499.71	458.71	425.08	388.55	286.28	228.55

Tableau II.11. Résultats des crues par les lois empiriques

Choix du débit de crues (débit de dimensionnement) : D'après les résultats obtenus par les différentes méthodes de calcul de débit de crues, on remarque que les valeurs obtenues par la méthode de SOKOLOVSKY et celle de Turazza sont très proches l'une de l'autre et cela pour les différentes fréquences de calcul.

On remarque que les résultats obtenus par la méthode Mallet-Gauthier sont grandes par rapport aux autres valeurs.

La méthode de SOKOLOVSKY qui elle, par contre, tiens compte de la surface, du temps de concentration, du coefficient de forme, du coefficient de ruissellement ainsi que de la précipitation correspondante au temps de concentration.

Etant donné que pour le tracé de l'hydrogramme de crue nous utilisons la **méthode de SOKOLOVSKY**, nous optons pour les débits de crues obtenus par la loi du même auteur.

Période de retour (ans)	500	200	100	50	10	5	
Qmax%(m3/s)	SBV2	111.50	95.67	83.67	69.75	49.41	36.53

Tableau II.12.Débits fréquentiels arrêtés pour les calculs

II.4.2.Hydro gramme de crues

La schématisation géométrique proposée par SOKOLOVSKI pour le tracé des hydrogrammesdecrués permet de pallier l'absence de stations de mesures hydrométriques. Cet auteur donne à l'hydrogramme de crue la forme d'une courbe fermée par deux paraboles jointes au sommet dont les équations sont les suivantes :

$$Q_t = Q_{max} \left(\frac{t}{t_m} \right)^m \dots\dots\dots (II.13)$$

Avec :

Qt= Débit à l'instant **t** en heures après le début de la crue (m³/s)

Qmax = Débit maximal de la crue (m3/s)

Tm =Temps de montée de la crue en heures. L'auteur préconise pour les petits bassins **tm = tc**

m = Exposant de la parabole, pour les crues pluviales **m = 2**.

Equation de la courbe de décrue :

$$Q_{(t')} = Q_{max} \left(\frac{t_d - t'/t_d} \right)^n \dots\dots\dots (II.13)$$

Avec :

Qmax (%) : débit maximum de fréquence donnée.

Qt: débit instantané au moment (t).

tm, td : temps de montée et de décrue.

m, n : puissances des paraboles (m = 3, n = 2).

Temps de base : tb = tm + td .On considère généralement que : td = 4 tm, et tm = tc .

Le détail des calculs est reporté dans le tableau II.13 et les hydrogrammes de crues pour différents temps de retour sont représentés sur la figureII.6

Temps (min)	500	200	100	50	10	5
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.02
20	0.25	0.22	0.19	0.16	0.11	0.08
30	0.57	0.49	0.43	0.36	0.25	0.19
40	1.02	0.87	0.76	0.64	0.45	0.33
50	1.59	1.37	1.19	1.00	0.71	0.52
60	2.29	1.97	1.72	1.43	1.02	0.75
70	3.12	2.68	2.34	1.95	1.38	1.02
80	4.07	3.50	3.06	2.55	1.81	1.33
90	5.16	4.42	3.87	3.23	2.29	1.69
100	6.37	5.46	4.78	3.98	2.82	2.09
110	7.70	6.61	5.78	4.82	3.41	2.52
120	9.17	7.87	6.88	5.73	4.06	3.00
130	10.76	9.23	8.07	6.73	4.77	3.52
140	12.48	10.71	9.36	7.81	5.53	4.09
150	14.32	12.29	10.75	8.96	6.35	4.69
160	16.30	13.98	12.23	10.20	7.22	5.34
170	18.40	15.79	13.81	11.51	8.15	6.03
180	20.63	17.70	15.48	12.90	9.14	6.76
190	22.98	19.72	17.25	14.38	10.18	7.53
200	25.47	21.85	19.11	15.93	11.28	8.34
210	28.08	24.09	21.07	17.56	12.44	9.20
220	30.81	26.44	23.12	19.28	13.65	10.09
230	33.68	28.90	25.27	21.07	14.92	11.03
240	36.67	31.46	27.52	22.94	16.25	12.01
250	39.79	34.14	29.86	24.89	17.63	13.04
260	43.04	36.93	32.29	26.92	19.07	14.10
270	46.41	39.82	34.83	29.03	20.57	15.20
280	49.91	42.83	37.45	31.22	22.12	16.35
290	53.54	45.94	40.18	33.49	23.73	17.54
300	57.30	49.16	43.00	35.84	25.39	18.77
310	61.18	52.49	45.91	38.27	27.11	20.04
320	65.19	55.94	48.92	40.78	28.89	21.36
330	69.33	59.49	52.02	43.37	30.72	22.71
340	73.59	63.15	55.23	46.04	32.61	24.11
350	77.99	66.91	58.52	48.79	34.56	25.55
360	82.51	70.79	61.91	51.61	36.56	27.03
370	87.15	74.78	65.40	54.52	38.62	28.55
380	91.93	78.88	68.98	57.51	40.74	30.12
390	96.83	83.08	72.66	60.57	42.91	31.72
400	101.86	87.40	76.44	63.72	45.14	33.37
410	107.02	91.82	80.31	66.95	47.42	35.06

418.5	111.50	95.67	83.67	69.75	49.41	36.53
428.5	100.20	85.97	75.19	62.68	44.40	32.83
438.5	90.15	77.35	67.65	56.39	39.95	29.53
448.5	81.19	69.67	60.93	50.79	35.98	26.60
458.5	73.21	62.81	54.93	45.79	32.44	23.98
468.5	66.07	56.69	49.58	41.33	29.28	21.64
478.5	59.68	51.20	44.78	37.33	26.44	19.55
488.5	53.95	46.29	40.48	33.75	23.91	17.67
498.5	48.81	41.88	36.62	30.53	21.63	15.99
508.5	44.18	37.91	33.16	27.64	19.58	14.48
518.5	40.03	34.34	30.04	25.04	17.74	13.11
528.5	36.28	31.13	27.22	22.69	16.08	11.89
538.5	32.90	28.23	24.69	20.58	14.58	10.78
548.5	29.85	25.61	22.40	18.67	13.23	9.78
558.5	27.09	23.24	20.33	16.95	12.00	8.88
568.5	24.60	21.10	18.46	15.39	10.90	8.06
578.5	22.34	19.17	16.76	13.97	9.90	7.32
588.5	20.29	17.41	15.23	12.69	8.99	6.65
598.5	18.44	15.82	13.84	11.53	8.17	6.04
608.5	16.75	14.38	12.57	10.48	7.42	5.49
618.5	15.23	13.06	11.43	9.52	6.75	4.99
628.5	13.84	11.87	10.38	8.66	6.13	4.53
638.5	12.58	10.79	9.44	7.87	5.57	4.12
648.5	11.43	9.81	8.58	7.15	5.06	3.74
658.5	10.39	8.91	7.79	6.50	4.60	3.40
668.5	9.44	8.10	7.08	5.90	4.18	3.09
678.5	8.57	7.35	6.43	5.36	3.80	2.81
688.5	7.78	6.68	5.84	4.87	3.45	2.55
698.5	7.07	6.06	5.30	4.42	3.13	2.32
708.5	6.41	5.50	4.81	4.01	2.84	2.10
718.5	5.82	4.99	4.37	3.64	2.58	1.91
728.5	5.28	4.53	3.96	3.30	2.34	1.73
738.5	4.78	4.10	3.59	2.99	2.12	1.57
748.5	4.33	3.72	3.25	2.71	1.92	1.42
758.5	3.92	3.36	2.94	2.45	1.74	1.28
768.5	3.55	3.04	2.66	2.22	1.57	1.16
778.5	3.21	2.75	2.41	2.01	1.42	1.05
788.5	2.90	2.48	2.17	1.81	1.28	0.95
798.5	2.61	2.24	1.96	1.63	1.16	0.86
808.5	2.36	2.02	1.77	1.47	1.04	0.77
818.5	2.12	1.82	1.59	1.33	0.94	0.69
828.5	1.91	1.64	1.43	1.19	0.85	0.63
838.5	1.71	1.47	1.29	1.07	0.76	0.56
848.5	1.54	1.32	1.15	0.96	0.68	0.50

858.5	1.38	1.18	1.03	0.86	0.61	0.45
868.5	1.23	1.06	0.93	0.77	0.55	0.40
878.5	1.10	0.95	0.83	0.69	0.49	0.36
888.5	0.98	0.84	0.74	0.61	0.44	0.32
898.5	0.87	0.75	0.66	0.55	0.39	0.29
908.5	0.78	0.67	0.58	0.49	0.34	0.25
918.5	0.69	0.59	0.52	0.43	0.31	0.23
928.5	0.61	0.52	0.46	0.38	0.27	0.20
938.5	0.54	0.46	0.40	0.34	0.24	0.18
948.5	0.47	0.41	0.35	0.30	0.21	0.15
958.5	0.41	0.36	0.31	0.26	0.18	0.14
968.5	0.36	0.31	0.27	0.23	0.16	0.12
978.5	0.32	0.27	0.24	0.20	0.14	0.10
988.5	0.27	0.24	0.21	0.17	0.12	0.09
998.5	0.24	0.20	0.18	0.15	0.11	0.08
1008.5	0.20	0.18	0.15	0.13	0.09	0.07
1018.5	0.18	0.15	0.13	0.11	0.08	0.06
1028.5	0.15	0.13	0.11	0.09	0.07	0.05
1038.5	0.13	0.11	0.10	0.08	0.06	0.04
1048.5	0.11	0.09	0.08	0.07	0.05	0.04
1058.5	0.09	0.08	0.07	0.06	0.04	0.03
1068.5	0.07	0.06	0.06	0.05	0.03	0.02
1078.5	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.02
1088.5	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02
1098.5	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01
1108.5	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
1118.5	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
1128.5	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
1138.5	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
1148.5	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
1158.5	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
1168.5	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1178.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1188.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1198.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1208.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1218.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1228.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1238.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1248.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tableau II.13. Hydro grammes de crues pour différentes périodes de retour. *SBV 02*

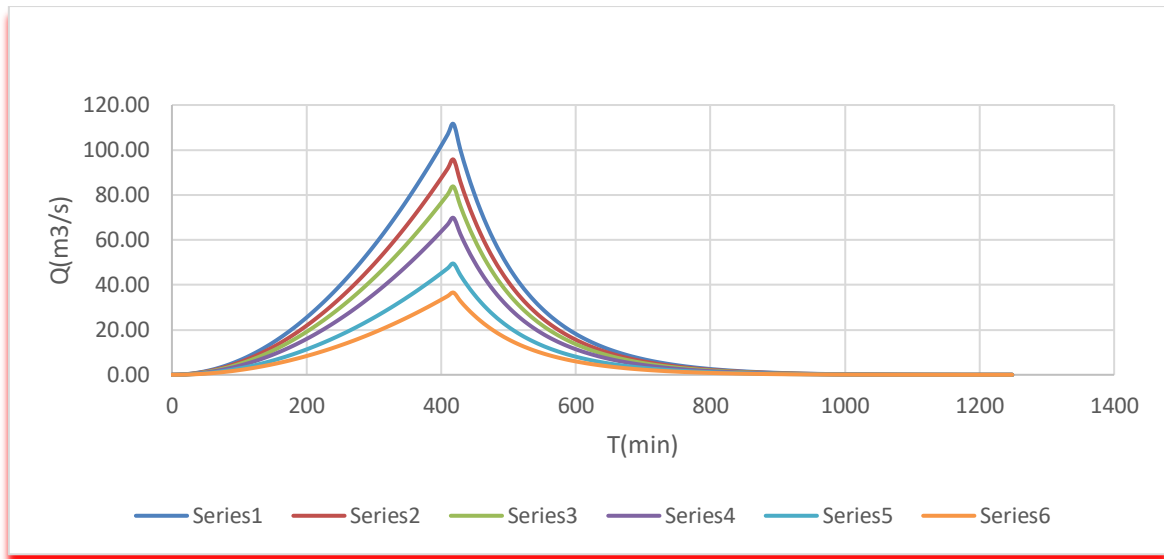


Figure II.6.Hydrogrammes de crues *SBV 02*

II-5 : Caractéristiques topographiques du cours d'eau :

II-5-1: Courbe de tarage:

Une courbe de tarage représente la relation hauteur-débit d'une rivière ou d'un canal.

Elle permet, par simple lecture d'un niveau d'eau sur une échelle limnimétrique, d'estimer le débit d'un cours d'eau à un instant donné.[6]

II-5-2 Comment se construit une courbe de tarage ?

La courbe de tarage est propre à chaque échelle limnimétrique.

Sur une station ou une section d'un cours d'eau dont on souhaite tarer l'échelle, on réalise une série de campagnes de mesures à différentes périodes de l'année de façon à intervenir pour des régimes hydrologiques variables (ou des calculs numériques), autrement dit à des hauteurs d'eau différentes.

Lors de chacune des campagnes de mesures (ou de calcul numérique), on note le niveau de l'échelle puis on réalise, dans le lit du cours d'eau et à l'aide du matériel adapté, les mesures nécessaires au calcul du débit instantané. Selon les stations, le nombre de campagnes de mesures nécessaires au tarage de l'échelle est variable.

On reporte ensuite les résultats obtenus sur un graphique comportant deux axes (X = hauteur d'eau (cm) et Y = débit (m³/s)). Chacune des campagnes de mesures (ou de calcul numérique) permet de positionner un point sur le graphique.

Enfin, on trace une courbe de tendance correspondant à la courbe lissée la plus représentative possible de l'allure générale dessinée par l'ensemble des points.[6]

II-5-3 Courbe de tarage du cours d'eau au site de l'étude :

Après l'introduction des données topographiques et de la rugosité du sol dans le logiciel Flow Master (Figure II _7 et tableau II _14), nous avons déterminé les différentes valeurs du débit traversant la section d'oued en fonction des hauteurs d'eau dans le cours d'eau (figures 8-9-10-11-12-13-14-15-16 et tableau 2).

Les coordonnées de la section topographique d'oued

X	Y
0.00	938.11
20.00	937.39
40.00	935.66
41.80	935.59
49.13	935.78
60.00	931.81
62.68	931.67
69.55	933.25
80.00	935.57
88.43	937.44
91.41	937.97

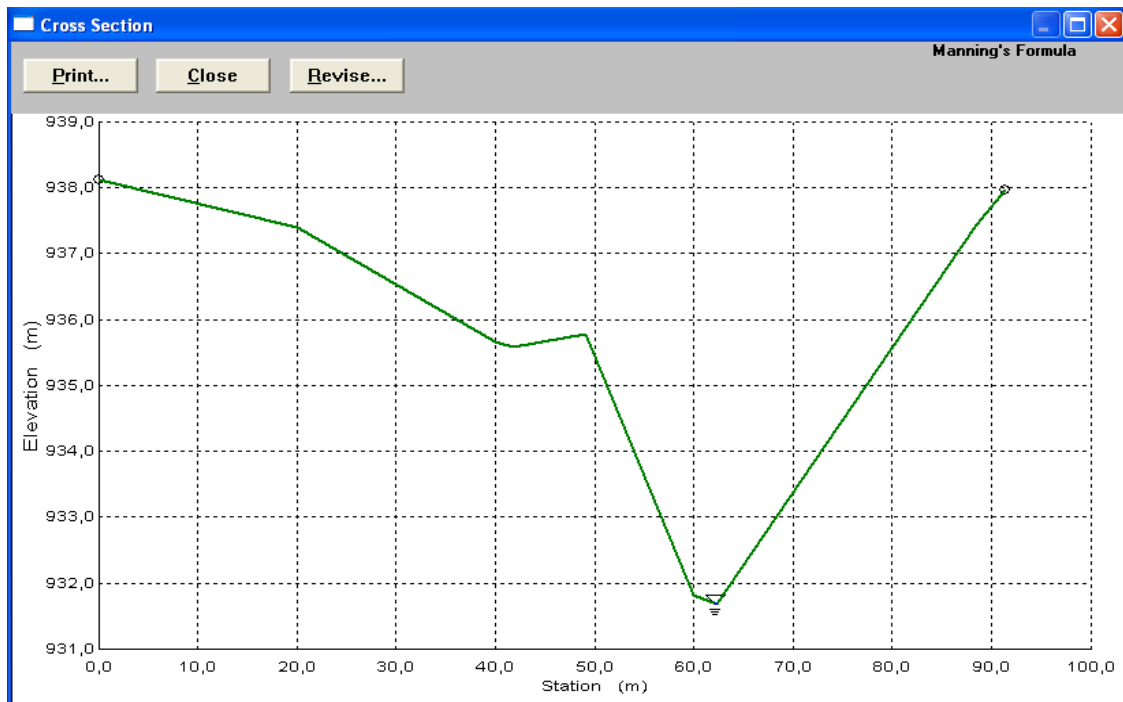


Figure II _7 Coupe Topographique de la section du cours d'eau[13]

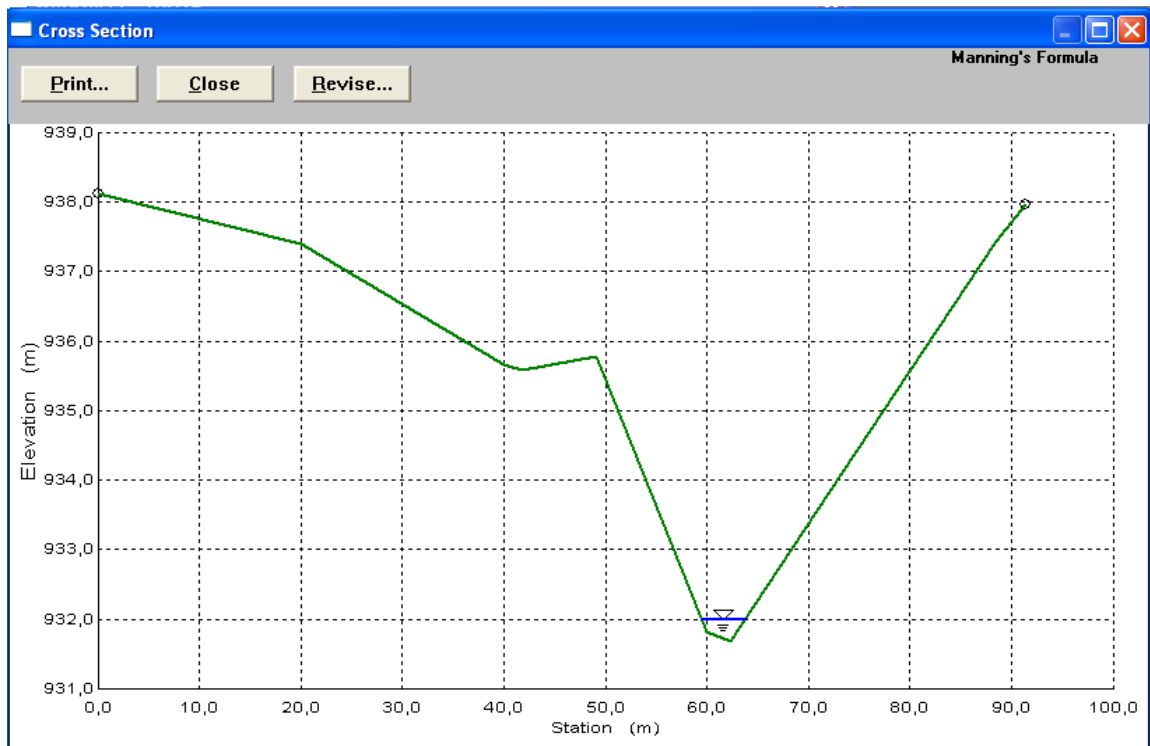


Figure II _8 cote du plan d'eau 932,00m Heau = 0,33 m[13]

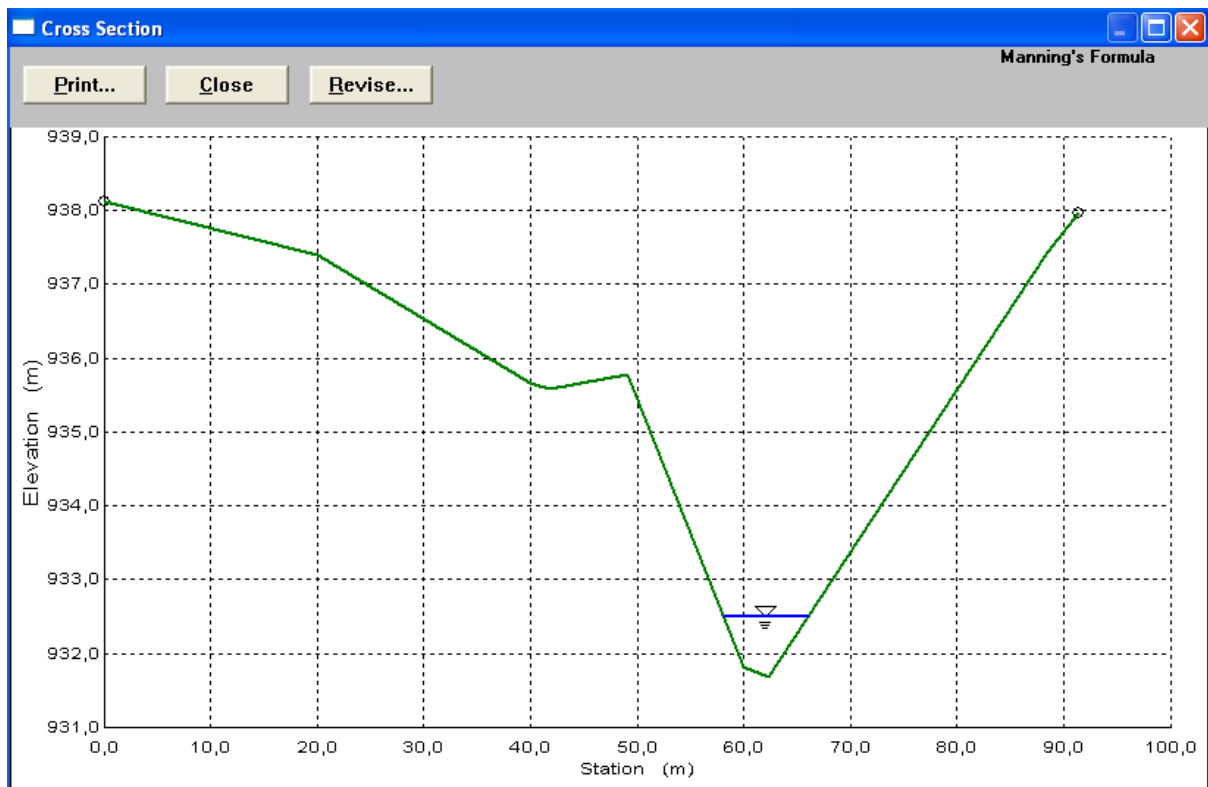
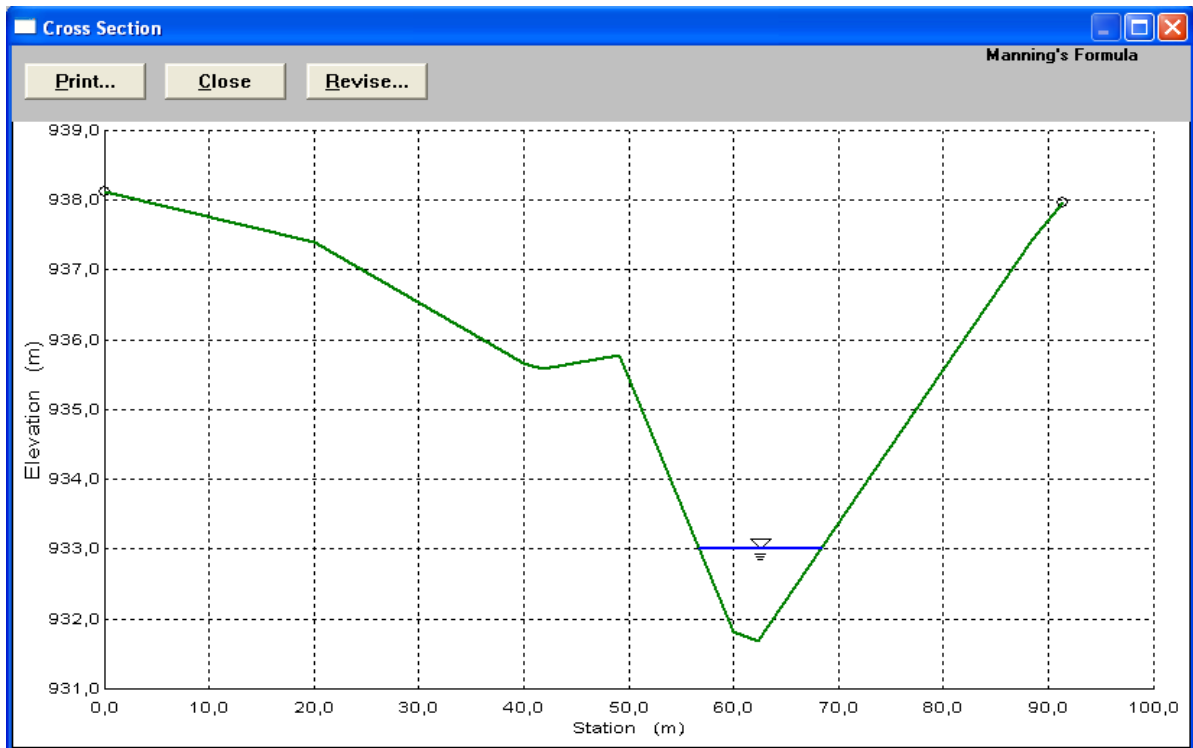


Figure II _9 cote du plan d'eau 932,50m Heau = 0,83 m[13]



FigureII_ 10 cote du plan d'eau 933,00m Heau = 1,33 m[13]

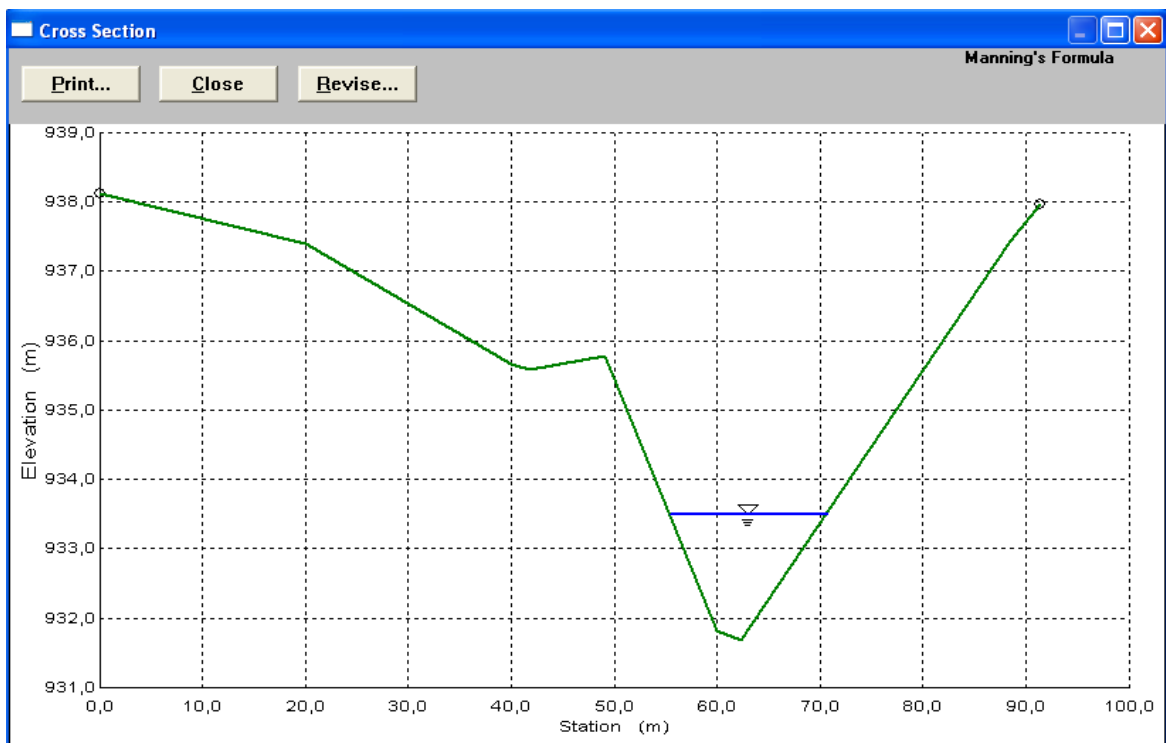


Figure II_ 11 cote du plan d'eau 933,50m Heau = 1,83 m[13]

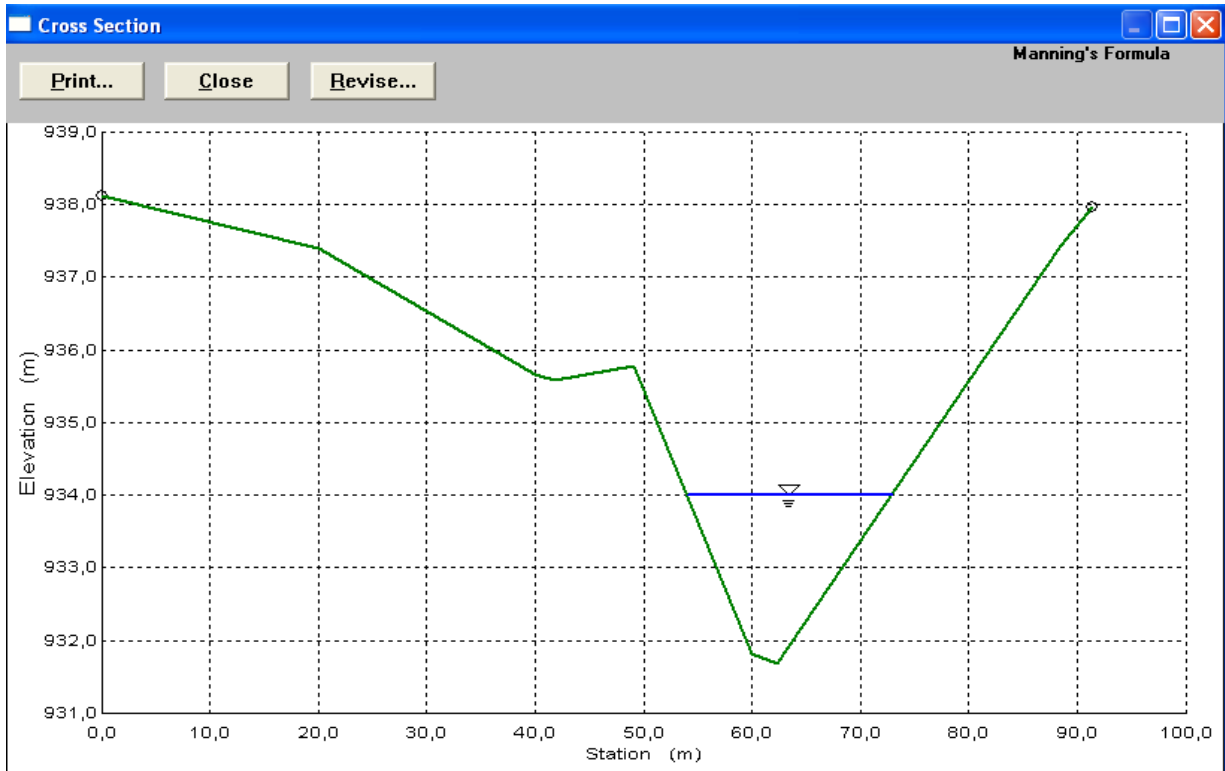


Figure II_12 cote du plan d'eau 934,00m Heau = 2,33 m[13]

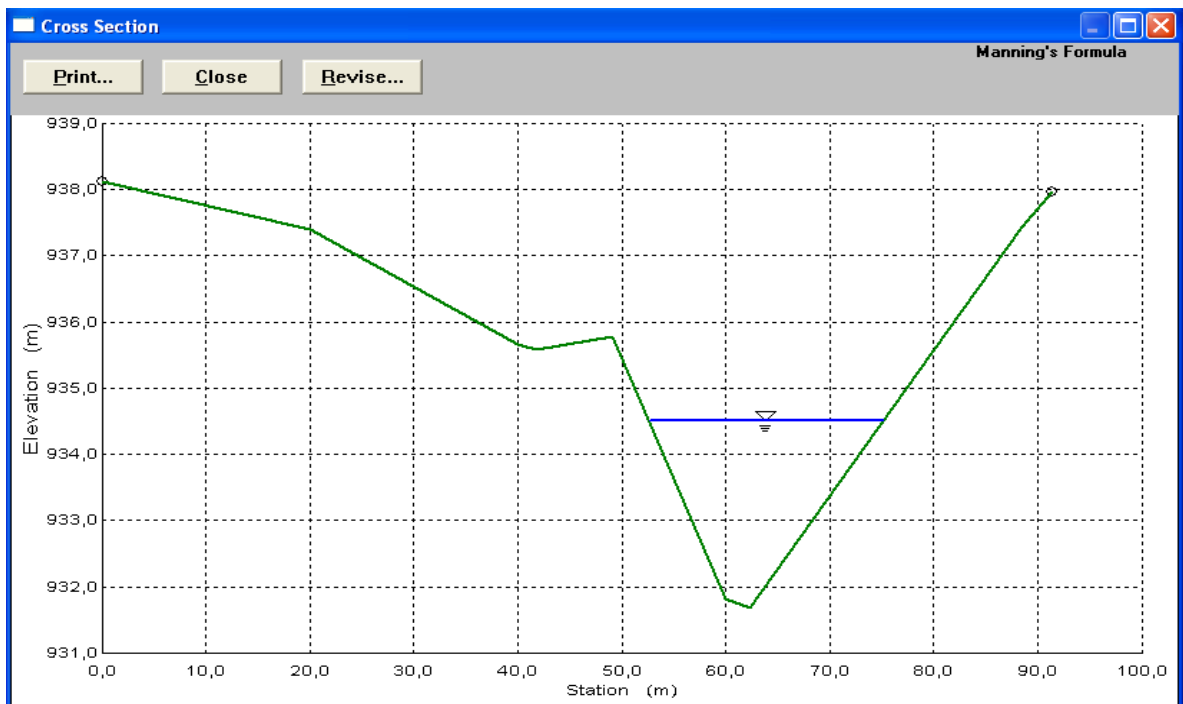


Figure II_13 cote du plan d'eau 934,50m Heau = 2,83 m[13]

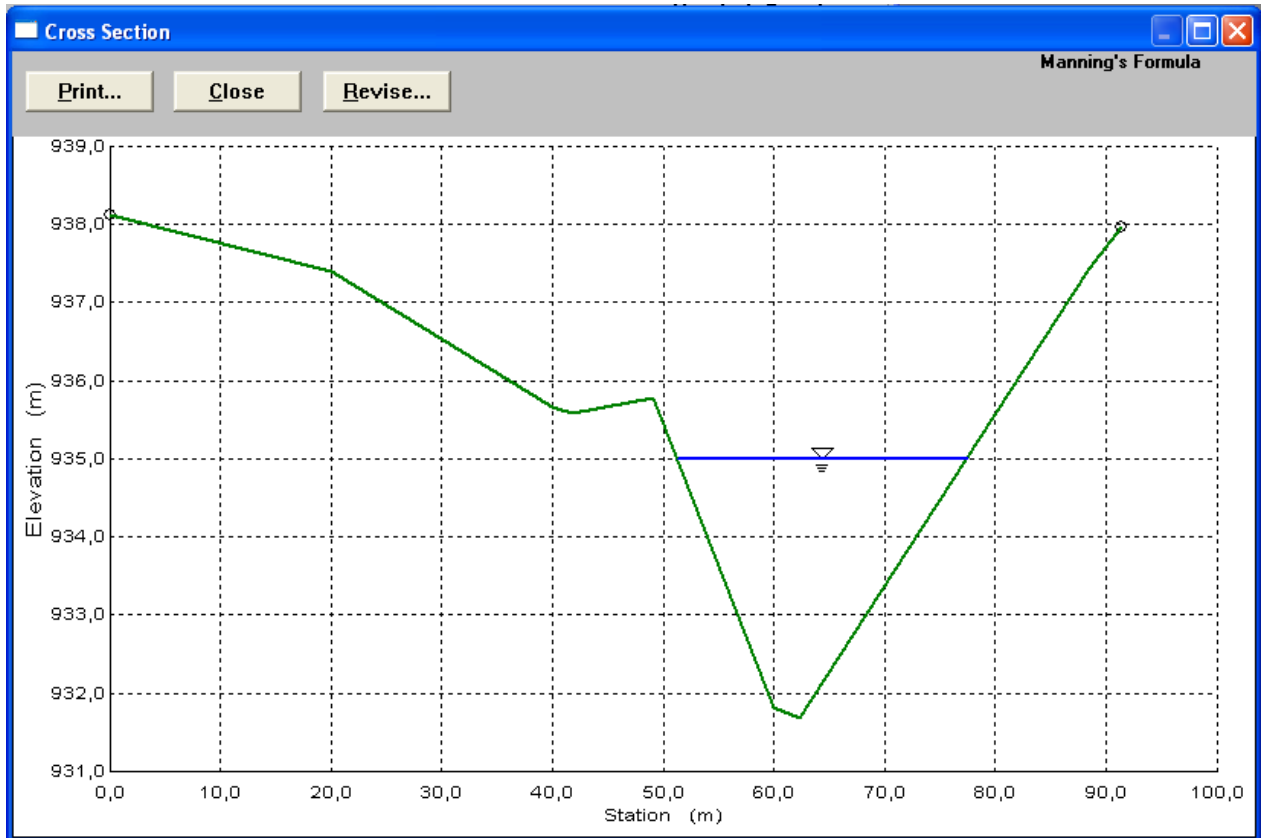


Figure II_14 cote du plan d'eau 935,00m Heau = 3,33 m[13]

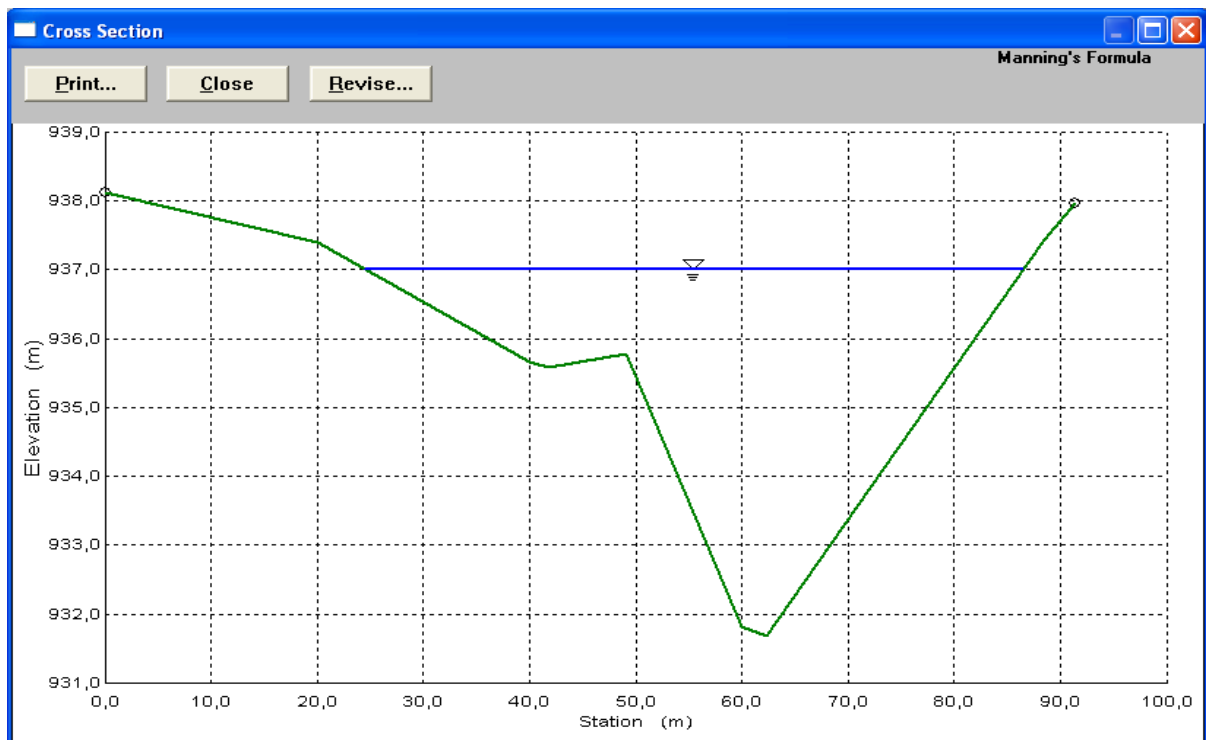


Figure II_15 cote du plan d'eau 937,00m Heau = 5,33 m[13]

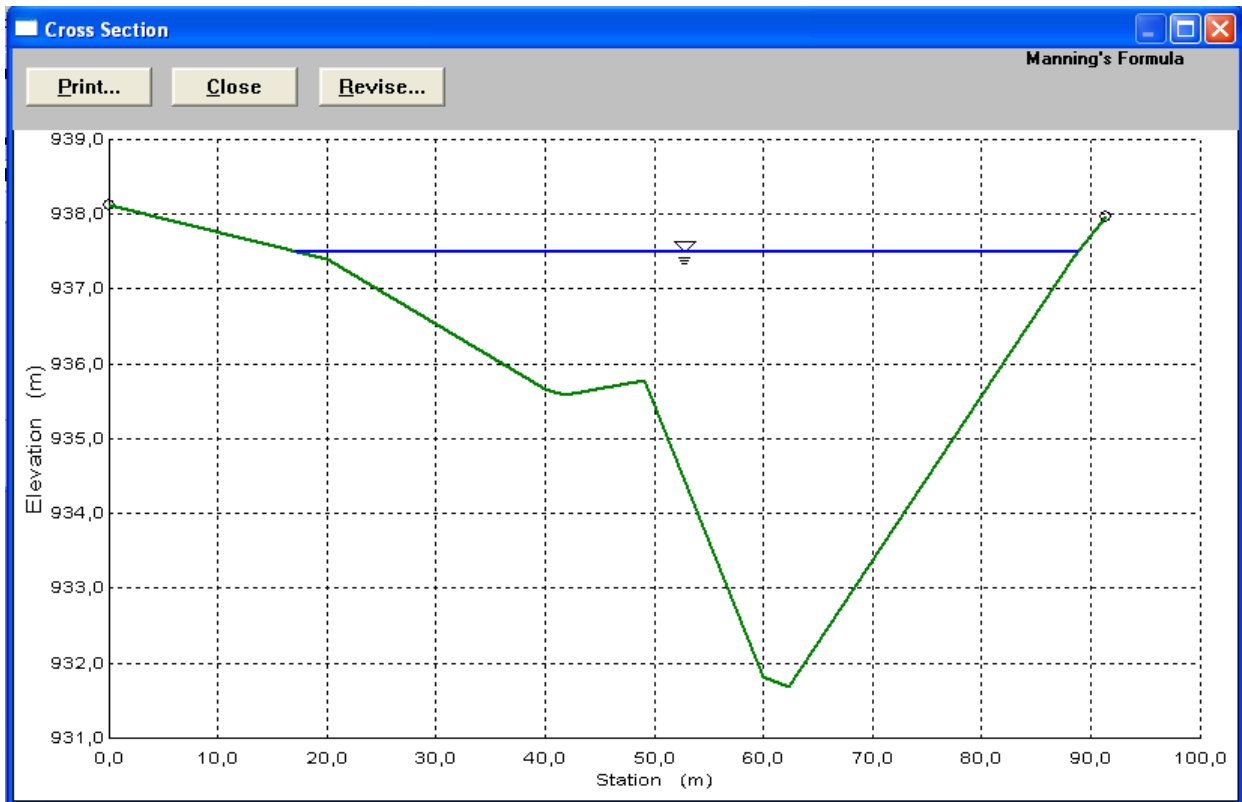


Figure II _16 cote du plan d'eau 937,50m Heau = 5,83 m[13]

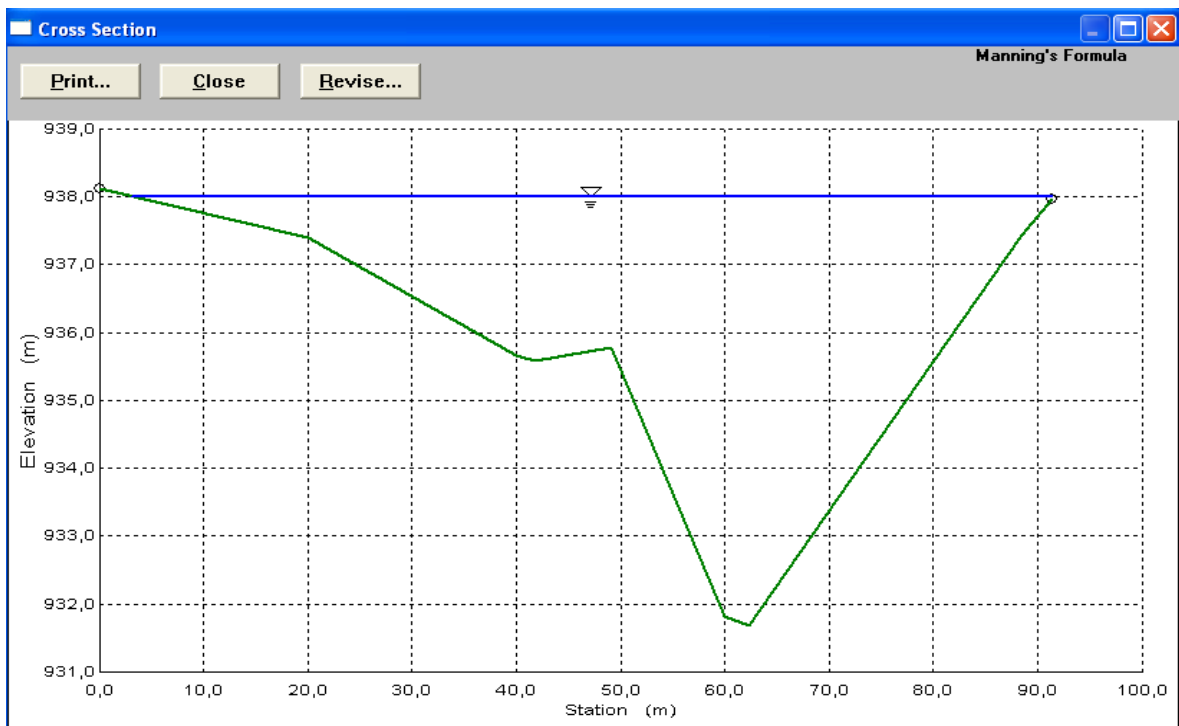


Figure II _17 cote du plan d'eau 938,00m Heau = 6,33 m[13]

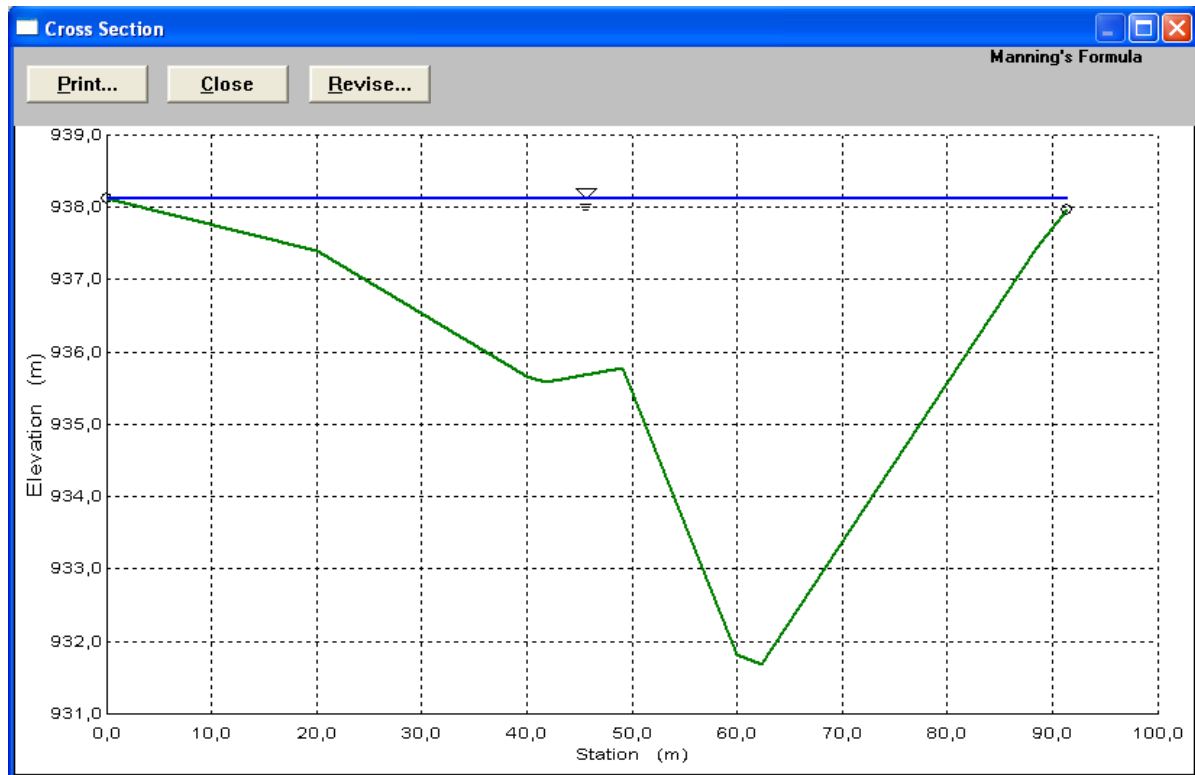


Figure II_18 cote du plan d'eau 938,11 m Heau = 6,44 m (section maximale)[13]

Le tableau II_14 et la figureII-19 résument les valeurs de débit traversant la section d'oued en fonction des hauteurs d'eau dans le cours d'eau.

Cote (m)	H eau (m)	Débit (m ³ /s)
932.00	0.33	0.51
932.50	0.83	4.05
933.00	1.33	12.01
933.50	1.83	25.64
934.00	2.33	46.05
934.50	2.83	74.22
935.00	3.33	111.12
935.50	3.83	151.65
936.00	4.33	188.83
936.50	4.83	266.84
937.00	5.33	365.42
937.50	5.83	478.82
938.00	6.33	597.91
938.11	6.44	631.46

Tableau II_14 : résument les valeurs de débit traversant la section d'oued en fonction des hauteurs d'eau dans le cours d'eau

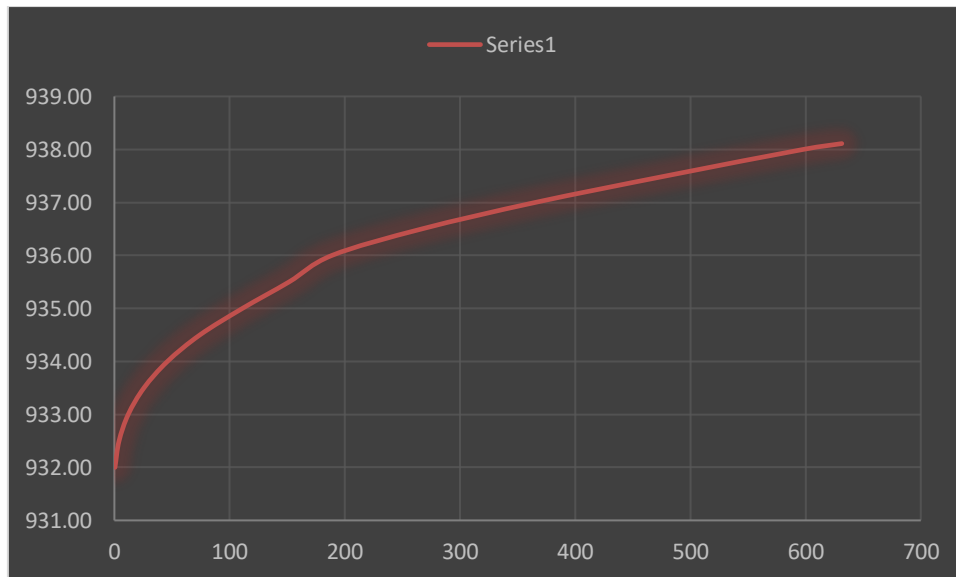


Figure II_19 : Courbe de tarage au niveau de la section du cours d'eau

II-6 : Courbes caractéristiques de la cuvette du bassin d'orage :

II-6-1 Courbes caractéristiques d'un Bassin d'orage

Un bassin d'orage établi en travers ou voisinage d'un cours d'eau, crée un remous c'est-à-dire une surélévation du plan d'eau au-dessus du niveau naturel. Ce remous s'étend sur une certaine longueur en amont de l'ouvrage, au-delà de laquelle le plan d'eau rejoint le niveau naturel. La capacité de l'ouvrage dépend essentiellement de la topographie et est déterminée par des méthodes simples. Deux courbes caractéristiques nécessaires au dimensionnement, à savoir: [5]

- Courbe des surfaces submergées $S=f(H)$
- Courbe des volumes d'eau dans le lac $V=f(H)$

II-6-1-1 Courbe des surfaces submergées

Pour le tracé de cette courbe, il faut disposer d'un levé topographique du site et de la cuvette à échelle 1/2000, 1/1000 ou 1/500.

Pour chaque côte, la surface correspondante est planimétrique ou mesurée (Figure II_7) et reportée sur un graphe (Figure II-12).

II-6-1-2 Courbe des volumes d'eau dans le lac

Pour une différence d'altitude connue, les différents volumes d'eau dans le lac sont calculés:

$$H_1 \rightarrow \Delta v_1 = v_1 \quad H_1 \rightarrow v_1$$

$$H_2 \rightarrow v_2 \quad H_2 \rightarrow v_1 + \Delta v_2 = v_2$$

$$H_3 \rightarrow v_3 \quad H_3 \rightarrow v_2 + \Delta v_3 = v_3$$

$$H_n \rightarrow v_n \quad H_n \rightarrow v_{n-1} + \Delta v_n = v_n \quad [5]$$

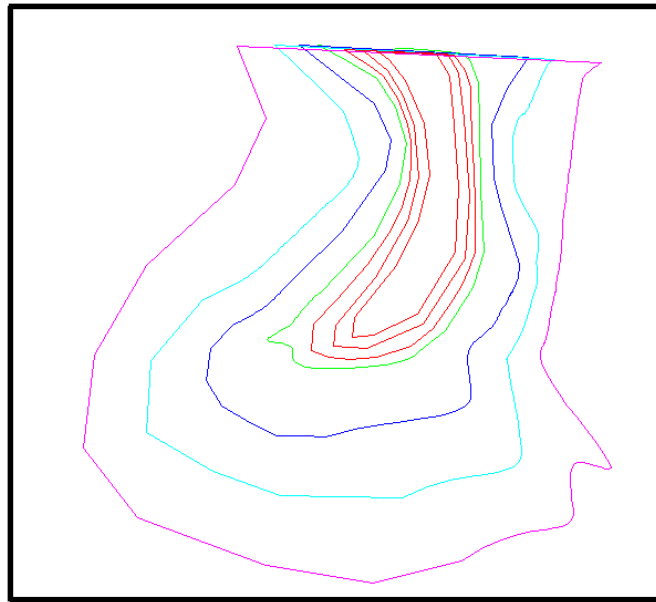


Figure II-20: vue en plan de la cuvette du bassin d'orage après terrassement

Il existe deux méthodes pour la détermination du volume élémentaire.

*** 1ère Méthode**

Le volume élémentaire compris entre 2 courbes de niveau consécutives est $\Delta v_i = \frac{S_{i-1} + S_i}{2} \cdot \Delta H$

ΔH : Différence d'altitude entre 2 courbes de niveau consécutives,
 H_{i-1} et H_i .

S_i : Surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau H_i .

S_{i-1} : Surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau H_{i-1} .

Le volume initial est pris égal à:

$$V_1 = \frac{2}{3} S_1 \cdot \Delta H_1$$

Ce volume se trouve près du lite de l'oued.

Le volume statique (V), à partir de la courbe de niveau initiale jusqu'à la côte H est la somme des volumes élémentaire V_i .

$$\text{1er volume } V_1 = \Delta V_1 = \frac{2}{3} S_1 \cdot \Delta H_1$$

$$\text{2ème volume } V_2 = \Delta V_1 + \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right) \cdot \Delta H_2$$

$$\text{3ème volume } V_3 = V_2 + \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right) \cdot \Delta H_3$$

$$\text{même volume } V_m = V_{a-1} + \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right) \cdot \Delta H_a$$

Ce même volume est le volume total de la retenue et correspond à la hauteur du barrage. [5]

2ème Méthode

Cette méthode est utilisée surtout pour les reliefs accidentés à la condition que le rapport $S1/S2$ soit supérieur à 1,5

Le volume initial est pris égal au volume d'une pyramide régulière:

$$V1 = S1 \cdot \frac{H1}{3}$$

Au fur et à mesure que la hauteur augmente, la pyramide devient irrégulière et la formule adoptée est:

$$V2 = V1 + \Delta V2,1$$

$$\Delta V2,1 = \frac{\Delta H2,1}{3} \cdot (S1 + S2 + \sqrt{S1 \cdot S2}) \text{ et } \Delta H2,1 = H2 - H1$$

$$V3 = V2 + \Delta V3,2$$

$$\Delta V3,2 = \frac{\Delta H3,2}{3} \cdot (S1 + S2 + \sqrt{S2 \cdot S3})$$

$$Vn = Vn-1 + \Delta Vn,n-1$$

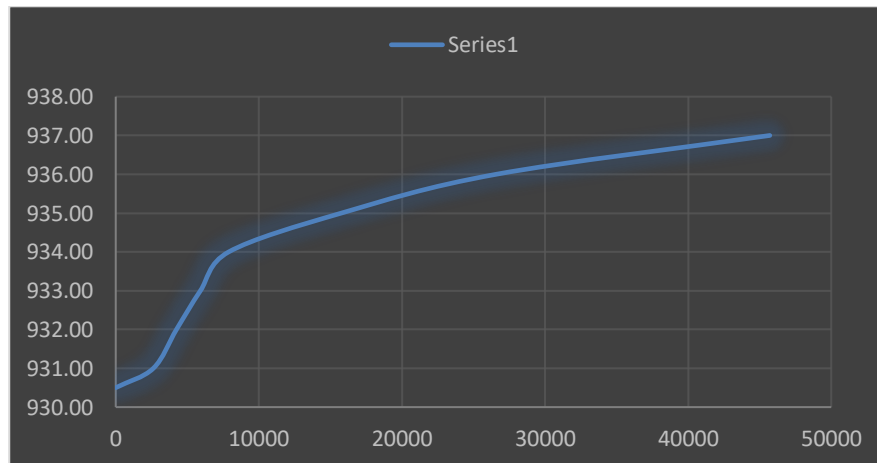
$$\Delta Vn,n-1 = \frac{\Delta Hn,n-1}{3} \cdot (S1 + S2 + \sqrt{Sn-1 \cdot Sn})$$

Une fois $V1, V2, \dots, Vi$ calculés, le graphe $V=f(H)$ est tracé (FigureII-8).

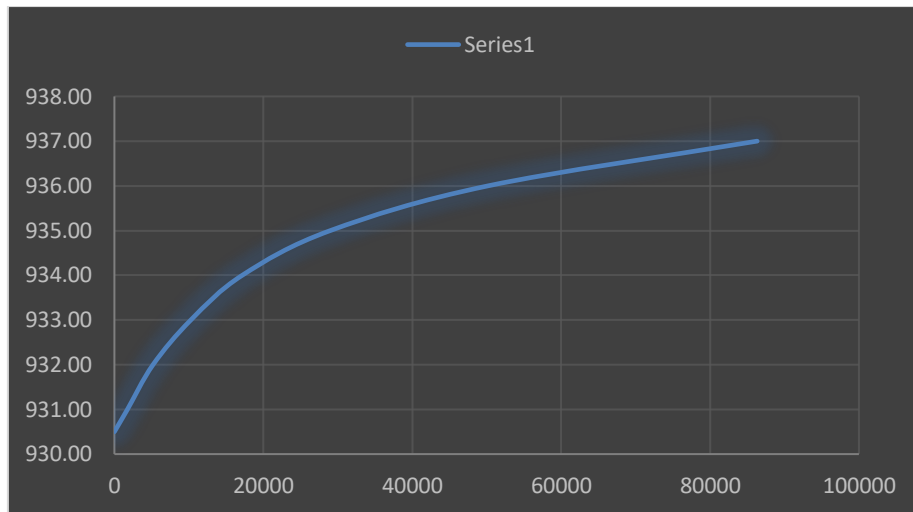
Et puisque la pente est faible dans notre cas, nous avons opté pour la première méthode. [5]

Cote (m)	Section (m ²)	Section moyenne (m ²)	Volume (m ³)
930.50	0		0
931.00	2629	1753	1753
932.00	4242	3436	5188
933.00	5917	5080	10268
934.00	7896	6907	17174
935.00	15772	11834	29008
936.00	26586	21179	50187
937.00	45708	36147	86334

Tableau II_15 : Caractéristiques topographiques de la cuvette du bassin d'orage



FigureII-21: courbe caractéristiques de la cuvette du bassin d'orage $H(S)$




FigureII-22: courbes caractéristiques de la cuvette du bassin d'orageH(V)

II-7. Conclusion

Les paramètres morphométriques montrent que les sous bassins versants de AIN TOUTA présentent une forme assez allongée dans l'ensemble ($1,48 < Kc < 1,61$), malgré la différence de taille.

Le bassin est moyennement drainée dans les sous bassins ($1,48 < Dd < 1,59$). L'indice de pente moyenne est très fort, donc on assistera à un écoulement rapide.

A decorative border with a repeating floral and scrollwork pattern, featuring leaves, small flowers, and elegant curves, framing the central text.

Chapitre III :
*Éléments de base
de l'étude
automatique
du système*

III.1 Introduction

L'étude et l'imbrication des systèmes automatiques dans le domaine hydraulique à pour but d'éliminer les tâches répétitives, de simplifier le travail de l'humain et d'augmenter la sécurité. L'automatisation doit être maîtrisée par connaissances des notions de bases des systèmes automatisés d'une part, et par le savoir-faire des technologies câblés et programmés.

Ce chapitre traitant le choix des éléments aide à la conception et la réalisation de la partie commande, en décrivant en détail l'architecture des automates programmables industriels (API) et le principe du langage de programmation GRAFCET.

III. 2. Automatismes et ses objectifs :

Un automatisme est un sous-ensemble d'une machine, destinée à remplacer l'action de l'être humain dans des tâches en générales simples et répétitives, réclamant précision et rigueur. On est passé d'un système dit manuel, à un système mécanisé, puis au système automatisé.

Dans l'industrie, les automatismes sont devenus indispensables : ils permettent d'effectuer quotidiennement les tâches les plus ingrates, répétitives et, dangereuses. Parfois, ces automatismes sont d'une telle rapidité et d'une telle précision, qu'ils réalisent des actions impossibles pour un être humain. L'automatisme est donc synonyme de productivité et de sécurité. Les buts (ou objectifs) de l'automatisation est l'amélioration des conditions de travail, et surtout la sécurité.

On admet généralement qu'un automatisme est composé de deux sous-ensembles :

- Un organe de décision, nommé « partie commande »,
- Un organe effectuant les actions ordonné par l'organe de commande, nommé « partie opérative » ou organe de puissance qui peut être mécanique, électrique, pneumatique, ou hydraulique, et bien souvent un assemblage de ces technologies

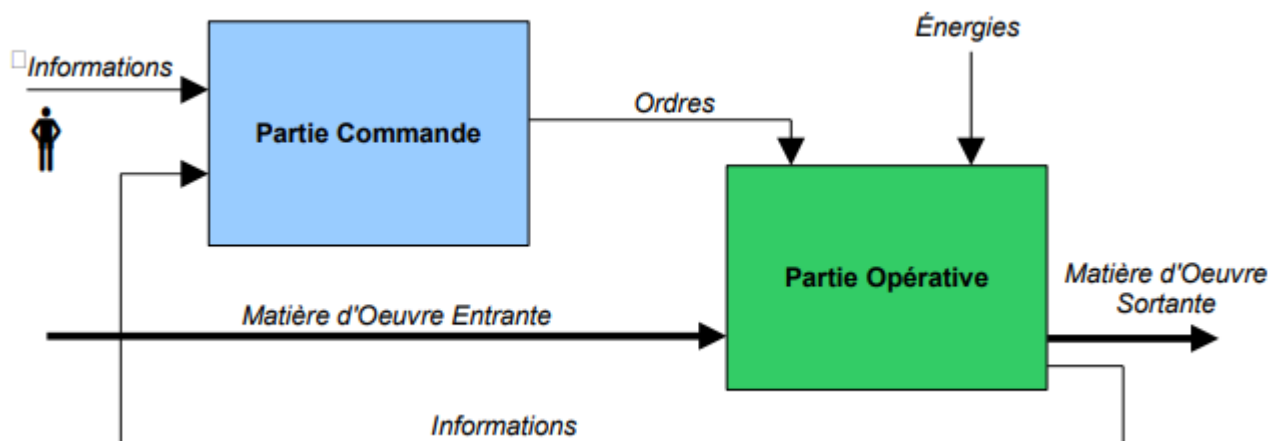


Figure III.1 : Schéma descriptif de l'automatisme

On distingue deux types d'interactions au sein des systèmes automatisés :

- Les ordres (PC → PO), - et les informations (PO → PC, ou opérateur → PC).

Ces interactions peuvent être : des interactions prévues et retenues (matérialisées), des interactions prévisibles et des interactions imprévisibles (incertitude).

III.3. Les fonctions et les niveaux d'automatisme

Les fonctions d'un système automatisé est données par la figure suivante:

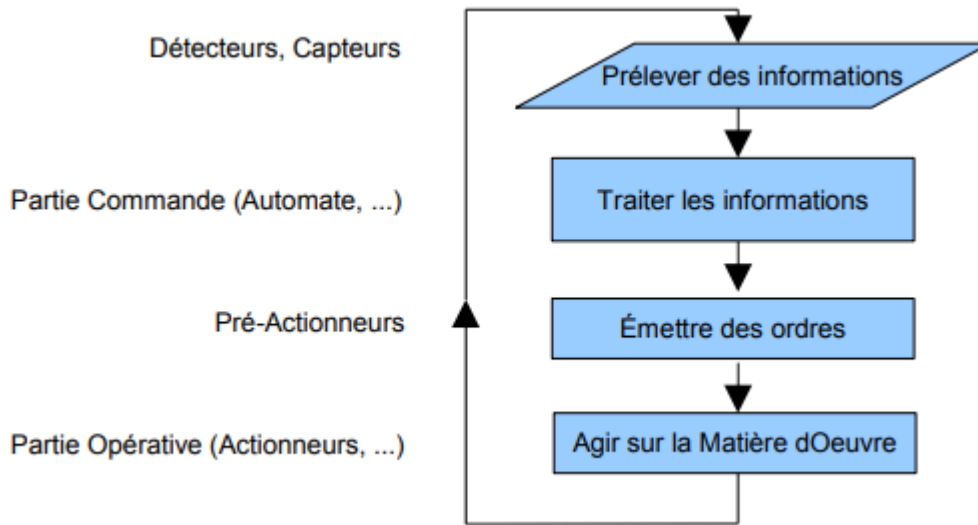


Figure III.2 : fonction de l'automatisme

Les autres fonctions du système automatisé : Gérer, coordonner, dialoguer, communiquer, surveiller.

Il y a différents niveaux d'automatisation qui vont du niveau totalement manuel correspondant à 0% d'automatisation à un niveau total d'automatisation (100%) dans lequel l'homme ne joue aucun rôle dans l'accomplissement de la tâche. Cependant, dans la plupart des applications, l'opérateur humain et la machine automatisée coopèrent pour mener à bien la tâche ou la mission à accomplir. Dans les systèmes de haut degré d'automatisation, l'opérateur humain joue seulement le rôle de superviseur.

Les systèmes sont de plus en plus complexes et ouverts. Ils nécessitent des compétences élevées pour maintenir ces moyens au niveau de performance exigé

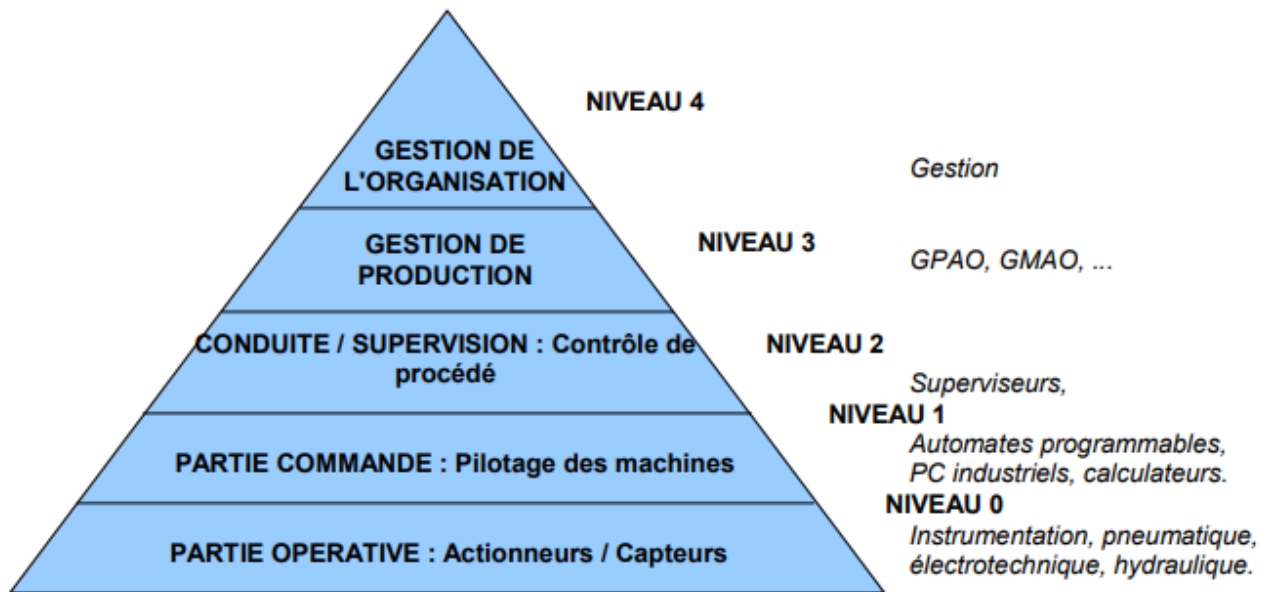


Figure III.3 : Niveau d'automatisme : (Architecture C.M.I.)

Dans notre étude nous nous intéressons au niveau 0 et 1.

III.4. Composant de base de l'automatisme :

Dans le schéma de la figure 3, on donne la structure fonctionnelle d'un système automatisé, on distingue une partie opérative, où les actionneurs agissent physiquement sur le processus, et une partie commande où les automates récupèrent les informations sur l'état de ce processus à l'aide des capteurs et coordonnent en conséquence les actions pour atteindre les objectifs prescrits (matérialisés par des consignes). [9]

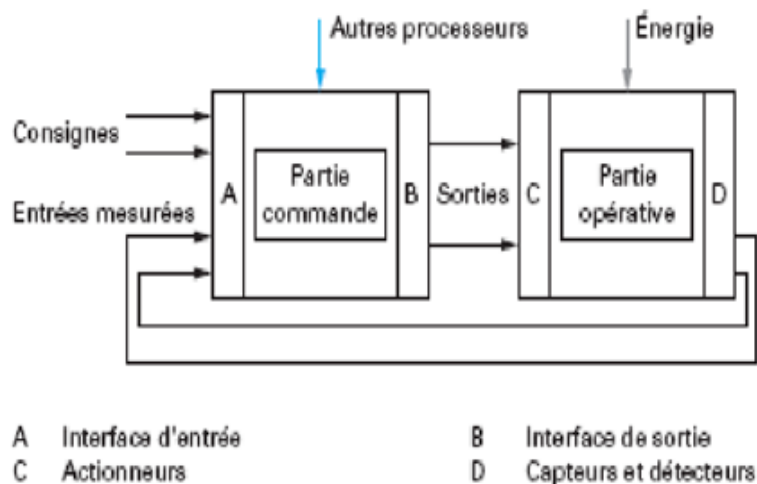


Figure III.4 : schéma fonctionnel d'un système.

III.5. Structure détaillée des automatismes :

La partie commande reçoit également des informations transmises par un opérateur en fonctionnement normal, ou un dépanneur en cas de régalage ou de mauvais fonctionnement de la partie commande ou de la partie opérative. Entre la partie commande et l'homme se trouve la partie dialogue qui permet à ce dernier transmettre des informations au moyen de dispositifs adaptés boutons, poussoirs, commutateurs, ... [7]

La partie dialogue se compose de deux ensemble :

Les visualisations et avertisseurs que transforment les informations fournies par l'automate en informations par l'homme (informations optiques ou sonores) ;

Les capteurs que transforment les informations fournies par l'homme (actions manuelle sur un bouton-poussoir, par exemple) et informations exploitable par l'automate.

De même, la partie commande retourne vers l'homme des informations sous des formes compréhensibles par lui (voyants, afficheurs, cadrans, etc.).

III.5.1. Les actionneurs (Partie opérative):

Chaque machine ou partie opérative comprend un ensemble de moteurs, vérins, vannes et autres dispositifs qui lui permet de fonctionner

Ces moteurs, vérins, vannes et autres dispositifs s'appellent actionneurs, ils sont pilotés par un automate ou partie commande.

Dans un circuit hydraulique, l'actionneur constitue l'outil indispensable pour convertir une forme d'énergie à d'autre forme quelconque (Ex : énergie hydraulique en énergie mécanique ou l'inverse). Ce sont les éléments impliquées dans la partie opérative et qui exécute les ordres, en agissant sur le processus physique. Citons ici les actionneurs nécessaires à la conception de notre système : moteur, pompe, relais.

III.5.1.1. Pré actionneur (Relais mécanique) :

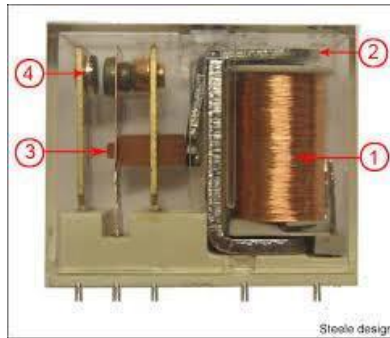
Un relais est un interrupteur à commande électrique.

Un relais est un pré actionneur constitué au moins :

- D'un électroaimant (bobine+ circuit ferromagnétique).
- D'une palette mobile supportant 1 contact mobile.
- D'un ressort de rappel du contact mobile.
- D'un contact fixe.

Lorsqu'on lui envoie un courant électrique d'une faible intensité, électro-aimant actionne une sorte de petit interrupteur. Le premier circuit se nomme "circuit de commande", le second "circuit de puissance".

En alimentant la bobine, le contact mobile est déplacé fermant ainsi le contact électrique (figure En l'absence de courant dans la bobine le ressort de rappel maintient le contact ouvert

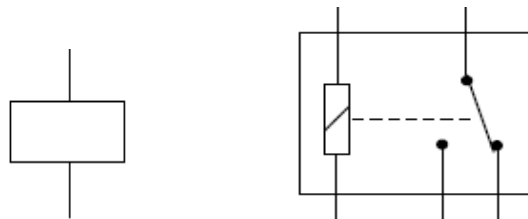


FigureIII.5 : Relais électrique.

Le but est de commande le passage d'un courant fort, à partir d'une faible tension.

Ce type de relais a une entrée de commande en 5 V de tension continue, et permet de piloter un appareil électrique en 220 V jusqu'à 300 W de puissance.

Symbole du relais :



Bobine de relais ou contacteur

Bobine contact

FigureIII.6 : Schéma du relais.

III.5.2. Capteurs (Partie transmission des informations) :

La partie commande élabore les ordres transmis aux actionneurs à partir des informations fournies par la machine au moyen des contacts de position, thermostats, manostats et autres dispositifs appelés capteurs

Un capteur est un transducteur capable de transformer une grandeur physique en une autre grandeur physique généralement électrique (tension) utilisable par l'homme ou par le biais d'un instrument approprié.

III.5.2.1. Capteur de pression :

Il existe deux types de capteur de pression : les capteurs de pression absolue, et les capteurs de pression différentiels.

Ce type de composant est généralement construit autour d'une "puce" composée d'un élément piezzo résistif à la silicone, qui permet de délivrer une tension continue proportionnelle à la pression mesurée, avec une très bonne linéarité.

III.5.2.2. Capteur de niveau :

La mesure de niveau est une mesure continue ou discontinue, ce fait en utilisant des capteurs de différents Type :

III.5.2.2.1. Capteur à mesure par pression :

Un capteur de pression mesure la pression relative au fond du réservoir. Cette pression est l'image du niveau L du liquide .C'est-à-dire que le capteur délivre un signal proportionnel au niveau de liquide dans le réservoir.

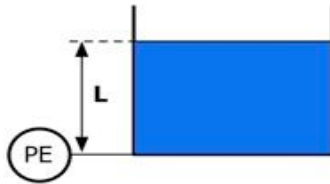


Figure III.7 : Principe mesure de niveau par capteur de pression.

III.5.2.2.2. Capteur de type acoustique ou de type Radar :

Le capteur émet un signal acoustique ou électromagnétique selon le type à utilisé, et reçoit le même signal pour mesurer la distance parcourus entre la position du capteur et la surface du liquide et alors continuellement délivre un signal proportionnel au niveau de liquide dans le réservoir.



Figure III.8 : Capteur de niveau acoustique.

III.5.2.2.3. Capteur à mesure par contact de type flotteur TOR :

La mesure de niveau dans ce type de capteur est une mesure discontinue. Le capteur est implanté à certain niveau dans le réservoir et délivre un signal électrique lorsque le liquide touche le capteur sinon pas de signal électrique lorsque le liquide est inférieur au capteur (Tout ou Rien, TOR en abrégé).

capteur-de-niveau-a-flotteur-horizontal-9037



Figure III.9 : Photo du capteur flotteur.

III.5.2.2.4. Le capteur de position :

Est un dispositif qui permet de recueillir des informations sur le positionnement précis et le mouvement d'un objet. Les informations peuvent être obtenues à l'aide des capteurs l'épaisseur d'une pièce, le niveau d'un fluide ou encore l'angle de rotation d'un fluide ou encore l'angle de rotation d'un arbre. Le capteur de position est indispensable pour faire fonctionner correctement les différentes machines.

III.5.3. Automates programmables (Partie Commande) :

Les équipements notés « commande » sont souvent des automates systèmes de traitement de l'information (API).

Nous considérerons comme automate programmable un système :

- Construit autour d'un processeur numérique, spécifique ou non ;
- Pouvant être relié à de nombreux signaux physiques ;
- Fonctionnant grâce à une protection adaptée dans des conditions industrielles ;
- Doté d'un logiciel de programmation permettant un traitement simple des variables booléennes (TOR) ;
- Doté de possibilités d'échanges avec d'autres processeurs ;

L'automate doit remplir les fonctions suivantes :

- Un rôle de **commande** ou il est un composant d'automatisme, élaborant des actions, suivant une algorithmique appropriée, à partir des informations que lui fournissent des détecteurs (Tout ou Rien) ou des capteurs (analogiques ou numériques) ;

- Un rôle de **communication** :

Avec des opérateurs humains (superviseur) : c'est dialogue d'exploitation,

Avec d'autres processeurs, hiérarchiquement supérieurs (calculateur de gestion), égaux (autres automates intervenant dans la même chaîne) ou inférieurs (instrumentation intelligente).



Figure III.10 : photo d'un automate programmable.

III.5.3.1. Matériels internes de l'automate :

La structure matérielle interne d'un API obéit au schéma donné sur la Figure II-11 :

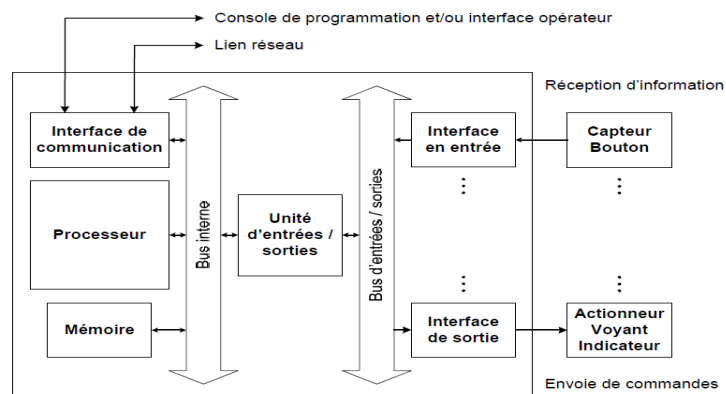


Figure III.11 : structure interne de l'automate.

III.5.3.1.1. Processeur :

Cœur de l'appareil, dans l'unité centrale UC est une carte électronique bâtie autour de la (ou des) « puce(s) » processeur(s), qui assure au moins les fonctions suivantes :

- Opérations logique sur bits (le bit, contraction de « binary digit », étant l'information).
- Élément à deux états ou sur mots (ensemble de bits, le plus souvent 16 bits pour les API).
- Temporisation et comptage.
- Opération arithmétique.

III.5.3.1.2.Interface d'entrée :**•Module d'entrée analogique :**

Mesure une tension ou un courant électrique et la convertit en une valeur numérique (ADC).

Adapté à des capteurs de température, de pression ou autres variables continues.

•Module d'entrée logique :

Mesure un signal binaire (deux états).

Adapté à des interrupteurs de fin de course, des capteurs des proximités de détecteurs photo électriques, capteur de niveau à contact ou d'autres interrupteurs (manuels ou non).

Généralement, pour chaque entrée logique, automate possède une DEL qui indique l'état de l'entrée correspondante.

III.5.3.1.3.Interface de Sortie :**•Module de sortie analogique :**

Génère une tension ou un courant électrique proportionnel à une valeur numérique (DAC).

Adapté aux moteurs (AC et DC), aux électrovannes proportionnelles,

•Module de sortie logique :

Généra un signal de contrôle binaire (deux états).

Adapté aux lampes témoin, un relais électromagnétique, au système de verrouillage de porte,...

III.5.3.1.4. Mémoire (Éléments de stockage) :

Le stockage des données et des programmes s'effectue dans des mémoires. La mémoire vive (RAM) est volatile mais secourue par batterie. La mémoire morte (ROM) dont l'utilisateur ne peut que lire le contenu, contient le système d'exploitation, tandis que les programmes installés (utilisables) peuvent se stocker dans des mémoires reprogrammables (EEPROM) ou mémoire flash.

III.5.3.1.5.Interface de communication et de liaison :

Les liaisons s'effectuent :

Avec l'extérieur par des borniers (à visser, à clasper, etc.) sur lesquels arrivent des câbles transportant le signal électrique ;

Avec l'intérieur par des bus, liaisons parallèles entre les divers éléments, il peut y avoir plusieurs bus, car on doit transmettre des données, des états, des adresses.

III.5.3.2.Matériels externes (Auxiliaires) :

Il s'agit principalement : de l'**alimentation électrique**

- **D'un ventilateur** indispensable dans les châssis comportant de nombreux modules ou dans le cas où la température ambiante est susceptible de devenir assez élevée (plus de 40 °C) ;
- **Du support mécanique.** Il peut s'agir d'un rack (structure métallique accueillant des cartes avec généralement un raccordement arrière), l'automate se présentant alors sous forme d'un ensemble de cartes, d'une armoire, d'une grille et fixations correspondantes.
- D'indicateurs d'état concernant la présence de tension, l'exécution du programme (mode RUN), la charge de la batterie, le bon fonctionnement des coupleurs...

III.5.3.3. Branchement des modules d'entrées /sorties de l'automate (E/S) :

Les modules d'entrées/sorties assurent le rôle d'interface de la partie commande(PC) et la partie opérative (PO) (schéma de la figure 14), ou l'automate récupérant les informations sur l'état de ce processus et coordonnant en conséquence les actions, les actionneurs agissent physique sur le système pour atteindre les objectifs prescrits.

- Les modules d'entrées traduisent les signaux industriels (tension, courant, résistance, pulsation, ...) en information logique ou numérique interprétable par le processeur. Inversement, les modules de sorties traduisent les commandes du processeur en des signaux industriels.
- Ces modules comportent 1, 4, 8, 16 ou 32 voies (ports) d'entrée et /ou de sortie (figure 12).

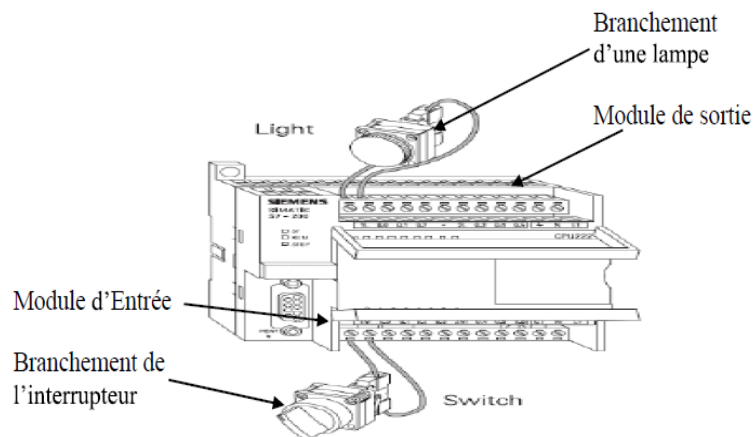


Figure III.12 : Branchement du module E/S de l'automate SIEMENS.

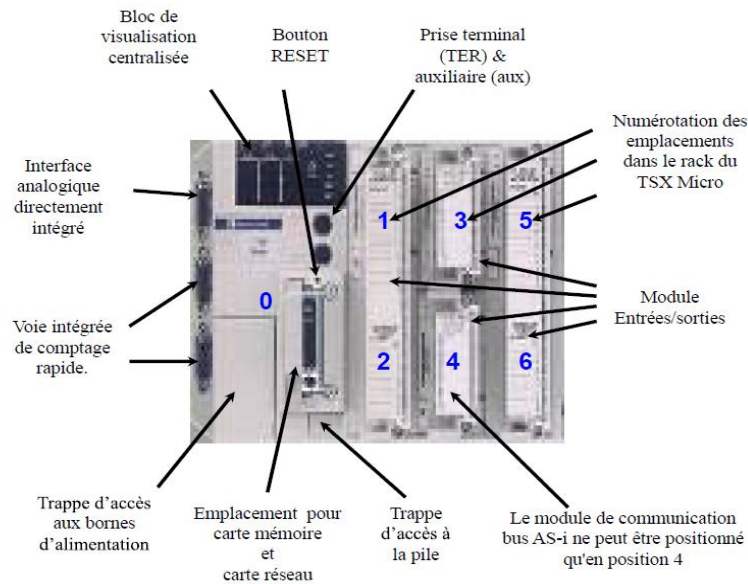


Figure III.13 : Descriptif physique des modules d'entrées/sorties de l'automate TSX37.

III.5.4. Affectation et écriture des entrées/sorties :

L'affectation des entrées et des sorties permet de faire l'adressage entre le matériel (capteurs, actionneurs) et l'automate (API) en fonction de son câblage. D'un point de vue de la programmation on travaillera sur l'adressage des E/S.

Les entrées et les sorties analogiques sont notées par un mot de la façon suivante : %Xy.z

x : les sorties analogiques seront notées par la lettre Q (Output).

Les entrées analogiques seront notées par la lettre I (Input).

y : c'est l'emplacement physique du module analogique.

z : c'est le numéro de la voie utilisée.

III.5.5. Programmation d'un automate :

La programmation est un des atouts majeurs des API puisqu'elle permet une multitude de traitement des informations reçues sans toucher à la configuration matérielle.

La programmation est un des atouts majeurs des API :

III.5.5.1. Logigramme :

Langages textuels :

- IL (Instruction List) Liste d'instructions.
- ST (Structured Text) Text structure.

III.5.5.2. Langages Graphiques :

Citons ici langage graphique de programmation :

Diagramme en échelle LD (Ladder Diagram)

GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Étape/Transition)

Dans ce travail nous avons utilisé le langage GRAFCET.

III.5.5.3. Notion de base du Langage GRAFCET

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition), également appelé Diagramme Fonctionnel en Séquence ou Séquentiel Fonction Charte, permet "...l'établissement des descriptions de la fonction et du comportement des systèmes de commandes en établissant une représentation graphique indépendant de la réalisation technologique.

Le GRAFCET est destiné représenter des automatismes logiques séquentiels, c'est à dire des systèmes événementiels dans lesquels les informations sont de type booléennes (tout ou rien) ou peuvent s'y ramener (numériques). Le GRAFCET est utilisé généralement pour spécifier et concevoir le comportement souhaité de la partie commande d'un système de commande mais il peut également être utilisé pour spécifier le comportement attendu de la partie opérative ou bien de tout le système de commande, Destiné à être un moyen de communication entre l'automaticien et son client, le GRAFCET est un outil utilisé pour la rédaction du cahier des charges d'un automate.

Cependant un des points forts du GRAFCET est la facilité de passer du modèle l'implantation technologique de celui-ci dans un automate programmable industriel.

Le GRAFCET passe alors du langage de spécification au langage d'implémentation utilisé pour la réalisation de l'automatisme. [11].

Le GRAFCET permet de construire des modèles ayant une structure graphique (Représentation statique) à laquelle on associe une interprétation (Elle correspond à l'aspect fonctionnel du Grafcet). De plus, ce modèle possède un comportement dicté par des règles d'évolution (représentation dynamique), complétées pour l'implémentation par des algorithmes d'application de ces règles.[11]

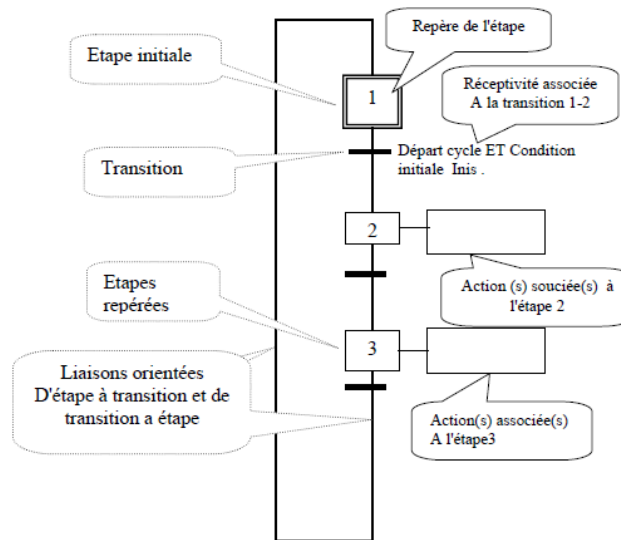


Figure III.14 : structure générale d'un GRAFCET.

III.5.5.4.Éléments de base du GRAFCET :

Le GRAFCET se compose des éléments suivants, [10] :

- Étapes auxquelles sont associées des actions.
- Transition auxquelles sont associées des réceptivités.
- Liaisons orientées reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.

III.5.5.4.1.Etape :

Une étape est symbolisée par un carré repéré numériquement, (Figure III.15). [10].

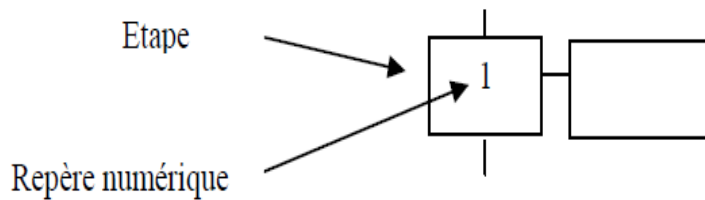


Figure III.15 : Une Etape.

L'étape initiale est représentée par un double carré, (Figure III.16).

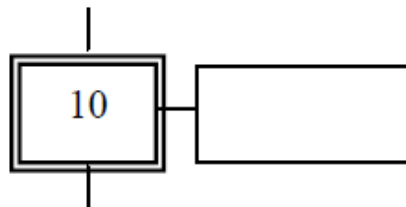


Figure III.16 : Une Etape Initiale.

III.5.5.4.2.Action associée à une étape :

Une action est symbolisée par un rectangle relié au symbole de l'étape associé, (Figure III.17). [11].

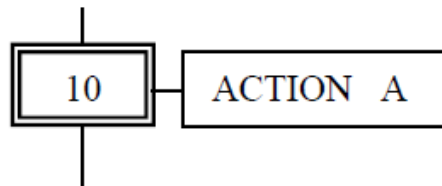


Figure III.17 : Une Action.

III.5.5.4.3.Transition :

Une transition est représentée par une barre perpendiculaire à la liaison orientée. Une transition indique la possibilité d'évolution entre deux étapes successives, (Figure III.18). [10].

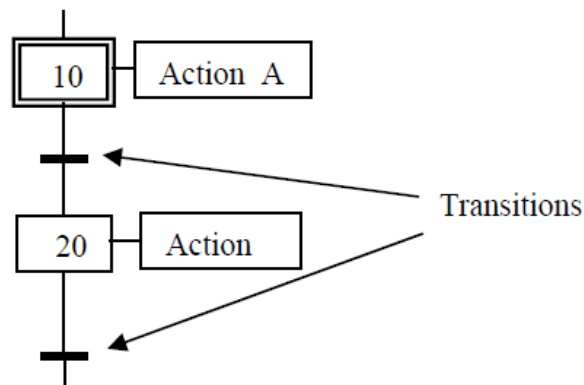


Figure III.18 : Une Transitions.

Une transition est soit validée soit non validée. Elle est dite validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition sont actives.

III.5.5.4.4.Réceptivité associée à la transition :

A chaque transition est associée une proposition logique appelée réceptivité qui peut être soit vraie soit fausse. La réceptivité peut s'écrire sous plusieurs formes : [10].

- Réceptivités sous forme de proposition logique ou sous forme d'une fonction combinatoire (Figure III.19)

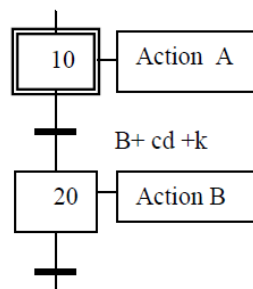


Figure III.19 : Réceptivité sous forme de proposition logique.

- Réceptivité sous forme d'activation ou de désactivation d'une variable d'entrée du système, (Figure III.20).

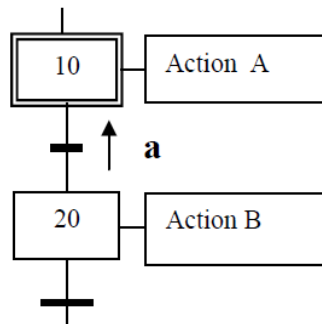


Figure III.20 : Réceptivité sous forme d'activation.

Où \bar{a} est le forme montant de la variable a.

- Réceptivité sous forme de condition ET logique entre une variable logique et un événement, (Figure III.21).

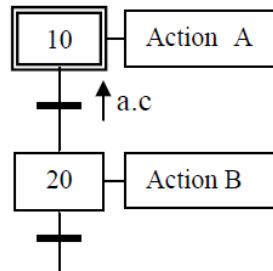


Figure III.21 : Réceptivité sous forme d'un ET logique.

II.5.5.4.5. Liaisons orientées :

Les liaisons orientées relie une étape à une transition ou inversement, (Figure III.22), [10].

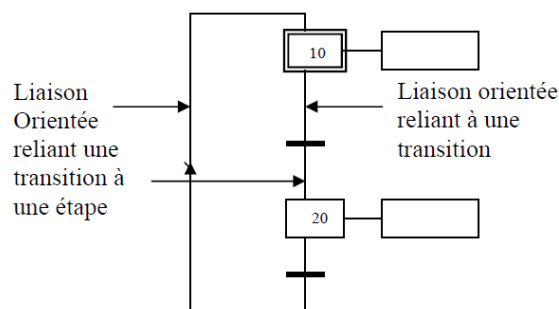


Figure III.22 : Liaison Orientée.

III.5.6. Structure de base :

Les structures de base les plus utilisées sont décrites ci – après.

III.5.6.1. Séquence unique :

Une séquence unique est composée d'une suite d'étapes pouvant être activées les une après les autres. Chaque étape n'est suivie que par une seule transition et chaque transition n'est validée que par une seule étape, (Figure III.23). [11].

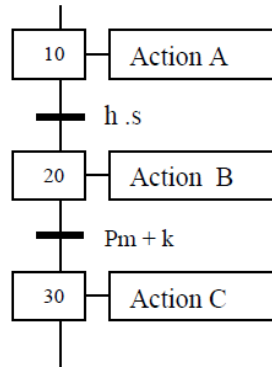


Figure III.23 : Séquence unique.

III.5.6.2. Séquence simultanée :

III.5.6.2.1. parallélisme structural :

Une transition peut supporter plusieurs étapes en amont et plusieurs étapes en aval : la notion de transitions en ET divergent, ET convergent est introduite. Le ET convergent permettent de décrire deux ou plusieurs séquences parallèles. Le franchissement d'une transition conduit à activer plusieurs séquences en même temps, ces séquences sont dites séquences simultanées. Après l'activation simultanée de ces séquences, les évolutions des étapes actives dans chacune des séquences deviennent alors indépendantes. Pour assurer la synchronisation de la désactivation de plusieurs séquences en même temps, des étapes d'attente réciproques sont généralement prévues, (Figure III.24) et (Figure III.25). [11].

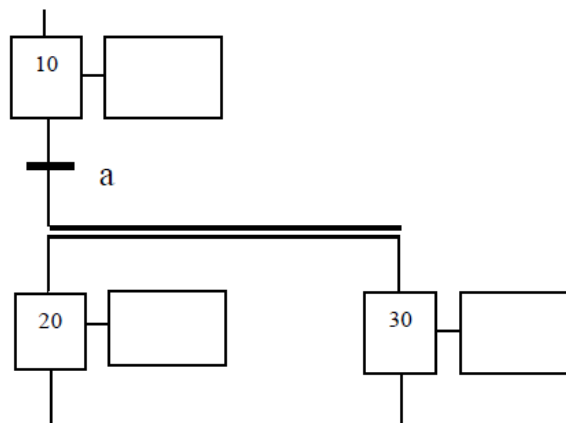


Figure III.24 : Transition en ET convergent.

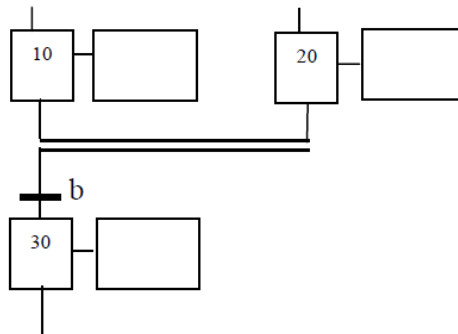


Figure III.25 : Transition en ET divergent.

III.5.6.3.Sélection de séquence :

Une étape peut être reliée à plusieurs transitions en amont ou en aval : La notion de transition en OU convergent OU divergent est introduite. Le OU divergent permet de prendre en compte un choix, un (aiguillage) entre deux fonction. Une sélection ou un choix d'évolution entre plusieurs étapes ou séquences se présente, à partir d'une ou plusieurs étapes. Autant de transitions validées qu'il y a d'évolutions possibles (Figure III.26) (Figure III.27). [11].

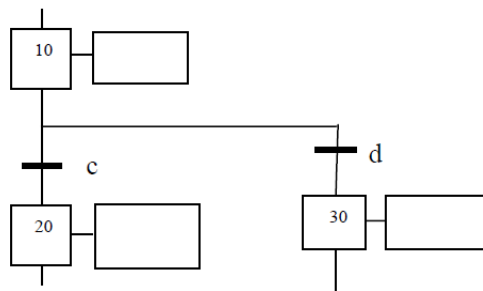


Figure III .26: Transition en OU divergent.

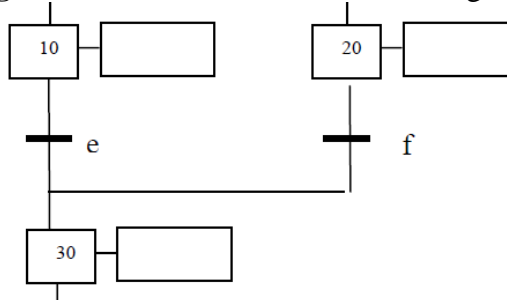


Figure III.27 : Transition en OU convergent.

III.5.6.4.Séquences exclusives :

Pour obtenir une sélection exclusive entre plusieurs évolutions possibles à partir d'une même étape, il est nécessaire de s'assurer que toutes les réceptivités associées aux transitions sont exclusives, c'est-à-dire qu'elles ne peuvent pas être vraies simultanément, (Figure III.28). [11].

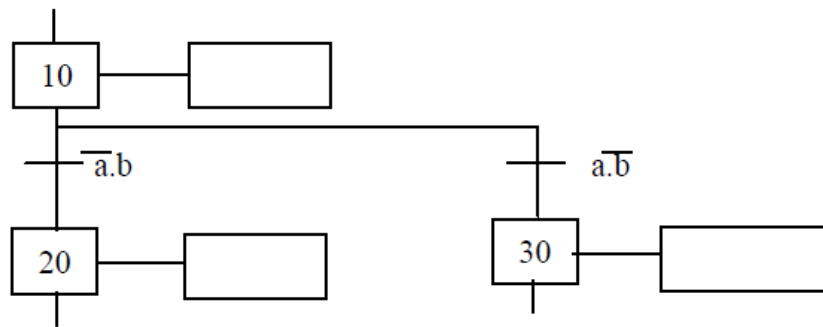


Figure III.28 : Une Séquences exclusives

III.5.7.Saut d'étape :

Saut d'étapes : permet de sauter une ou plusieurs étapes lorsque les actions à effectuer dans ces étapes deviennent inutiles ou sans objet, (Figure III.29).[10].

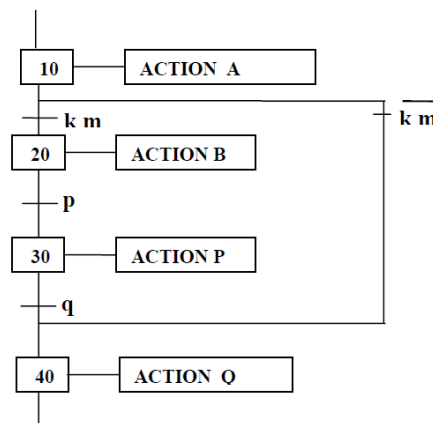
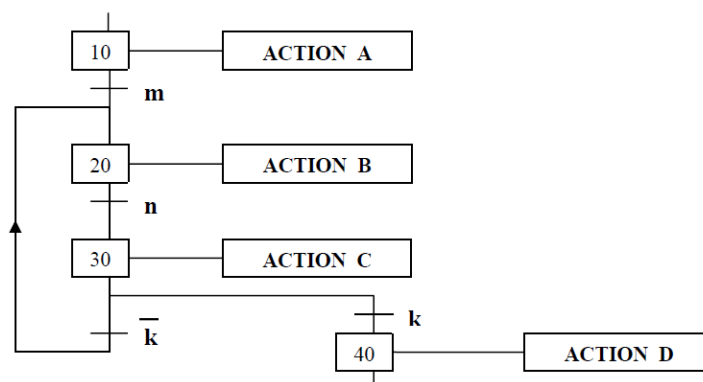


Figure III.29 : Saut d'étape.

III.5.8.Reprise de séquence :

Reprise de séquence : permet de recommencer plusieurs fois la même séquence tant que la condition fixée n'est pas obtenue.

L'activation de l'étape 30 permet la reprise de la séquence 20-30 par la réceptivité Kc' tant que la réceptivité K c n'est pas vraie, (Figure III.30). [11].



FigureIII.30 : Reprise de séquence.

III.5.9.Règles d'évolutions :

Les règles d'évolution qui définissent les conditions dans lesquelles les étapes peuvent être actives ou inactives sont les suivantes : [10].

III.5.9.1.Règle N°1 : initialisation :

La situation initiale du GRAFCET caractérise le comportement initial de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative et correspond aux étapes actives au début du fonctionnement, (Figure III.31).

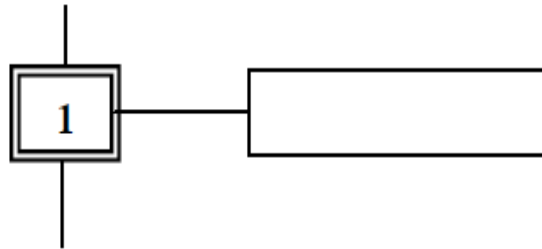


Figure III.31 : initialisation d'une étape.

III.5.9.2.Règle N2: franchissement d'une transition :

Le franchissement d'une transition ne peut se produire que lorsque :

- La transition est validée.
- La réceptivité associée à cette transition est vraie.

Une fois ces deux conditions sont réunies, la transition devient franchissable et est obligatoirement franchie.

III.5.9.3.Règle N 3: évolution des étapes actives :

Le franchissement d'une transition entrain simultanément l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes,(Figure III.32).

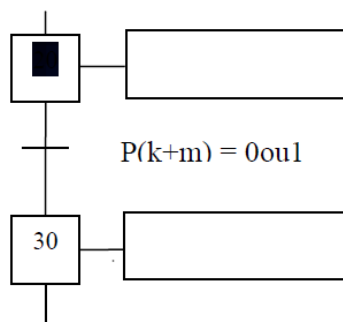


Figure III.32 : Transition non validée.

Transition non validée : la transition 20-30 est non validée, l'étape 20 est inactive, (Figure III.33).

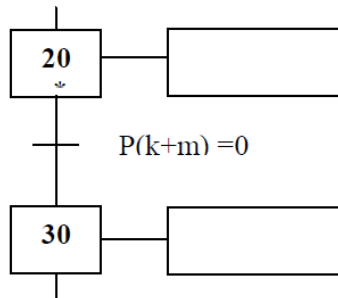


Figure III.33 : Transition validée.

Transition validée : L'étape 20 étant active, la transition 20-30 est validée mais ne peut être franchie car la réceptivité n'est pas vraie : $p(k+m) = 0$

III.5.9.4. Règle N°4: Evolutions simultanées :

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies, (Figure III.34).

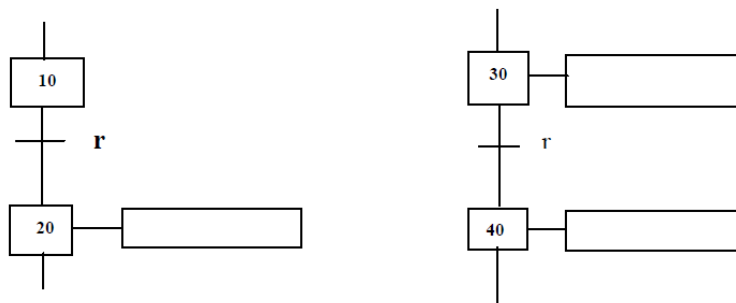


Figure III.34 : Transition non simultanément franchissable.

Deux GRAFCET séparés dont le franchissement de la transition r de l'un n'implique pas le franchissement de la transition r de l'autre.


III.5.9.5. Règle N°5: Activations et désactivations simultanées d'une même étape :

Si, au cours du fonctionnement de l'automatisme, une même étape doit être désactivée et activée simultanément, elle reste active,

III.6.Conclusion :

Dans ce projet, nous nous intéressons à gérer automatiquement d'une façon continue le bassin d'orage, alors il est nécessaire de l'imbrication des équipements électronique, électrique, pneumatiques voire hydraulique. On va s'intéresser à étudier un pilotage automatique de ce système qui sert d'indicateur de l'état de risque d'inondation par le biais des capteurs analysé et traité par l'automate qui ordonne les opérations aux actionneurs. Une intégration dès la conception autour des automates programmables facilite la tâche d'automatisation des systèmes hydrauliques et étant donné que le GRAFCET est l'un des outils de programmation des systèmes automatisé le plus facile.

En conclusion nous pouvons dire que l'automate joue le rôle principal d'une unité de commande et de contrôle.

A decorative border with intricate floral and scrollwork patterns, featuring leaves, flowers, and swirling lines, framing the central text.

Chapitre IV :
Implantation des
systemes automatiques
et hydrauliques dans
le bassin d'orage

IV-1 Introduction

Dans ce chapitre qui est le noyau de notre projet, nous nous intéressons à gérer automatiquement d'une façon continue le bassin d'orage, alors on équipe ce bassin par un automate, des capteurs de niveau, des capteurs de position, d'un vérin hydraulique, d'un distributeur, des relais et un compresseur. Il s'agit d'un système bâti autour de l'automate. Il est constitué de deux parties importantes : les capteurs qui peuvent servir d'indicateur de l'état de risque d'inondation et le circuit de commande qui ordonne les opérations aux actionneurs pour la lutte contre les inondations.

IV-2 - générale vue du bassin d'orage

Les sous bassins versants, cible de cette étude, sont situés dans les communes de AINTOUTA et BENI FEDHALA EL HAKANIA wilaya de BATNA, appartient au grand bassin de Chott Melghigh donnée par la figure 1 et capturé par Google Earth avec une situation probable de l'implantation de notre ouvrage hydraulique à réaliser pour permettre le contrôle automatiquement de ces bassins versants.

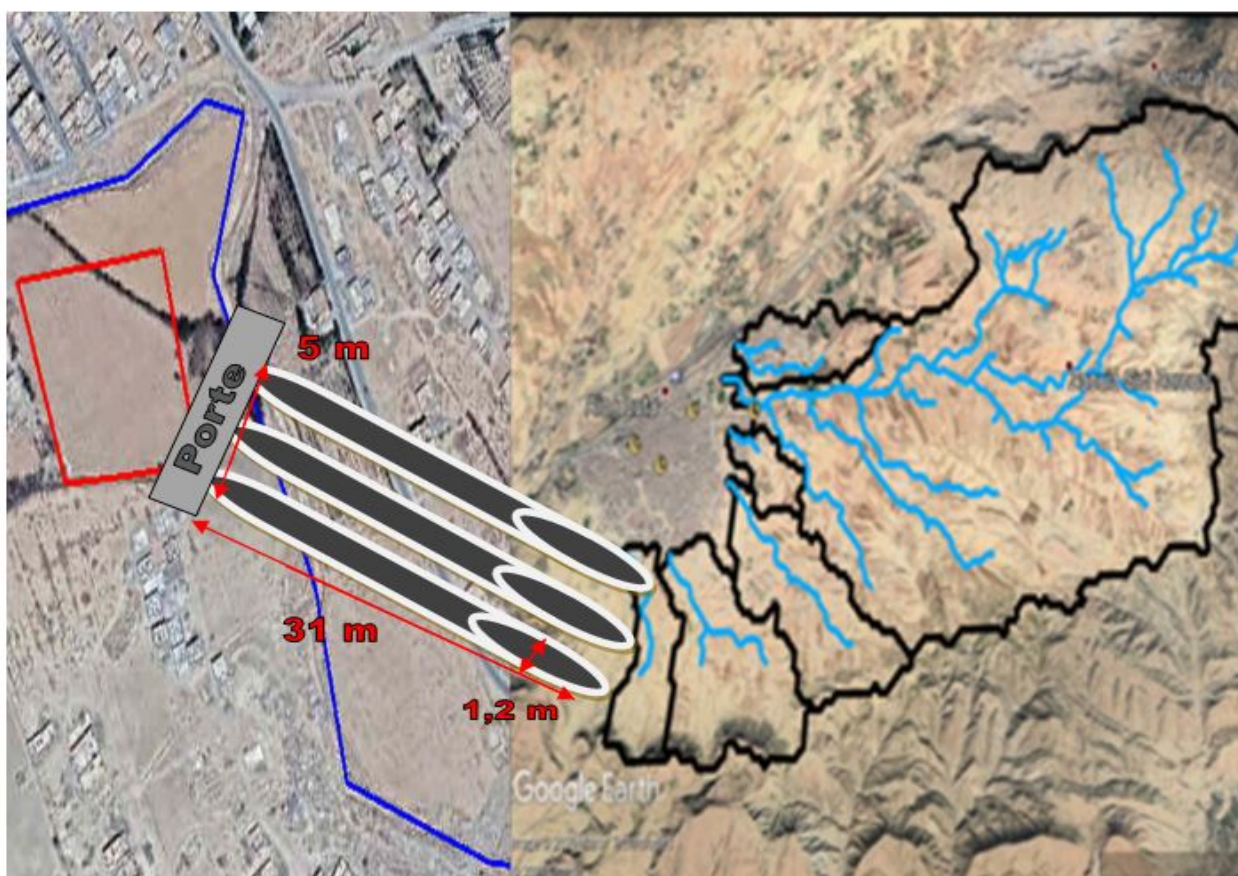


Figure IV-1 : Situation géographique des bassins d'orage, la rivière et l'ouvrage hydraulique à réaliser

IV-3 - Implantation du système automatique

Le choix du système automatique du bassin d'orage doit être fait en compte des contraintes techniques et géographique (type de compresseur, énergie, débit, turbidité de l'eau), à partir de là, le poste de commande automatique doit contenir :

- Compresseur à moteur asynchrone triphasé ses données techniques représentés dans le Tableau.1 (CompAir L50).
- Tuyaux en Béton armé pour la canalisation d'Elouad vers le bassin(DL5000 mm, DN250mm).
- Raccordements hydrauliques.
- Deux capteurs de type flotteur horizontal-9037, chaque capteur poser à un niveau spécifique (Niveau1 (niveau haut) = 5,5 m Niveau2 (niveau bas = 3 m).
- Porte en béton logée dans des rails ses dimensions sont : 5m de hauteur et 2 m de largeur

Ainsi le schéma de câblage électrique et hydraulique de notre système à réaliser est donné par la figure suivante :

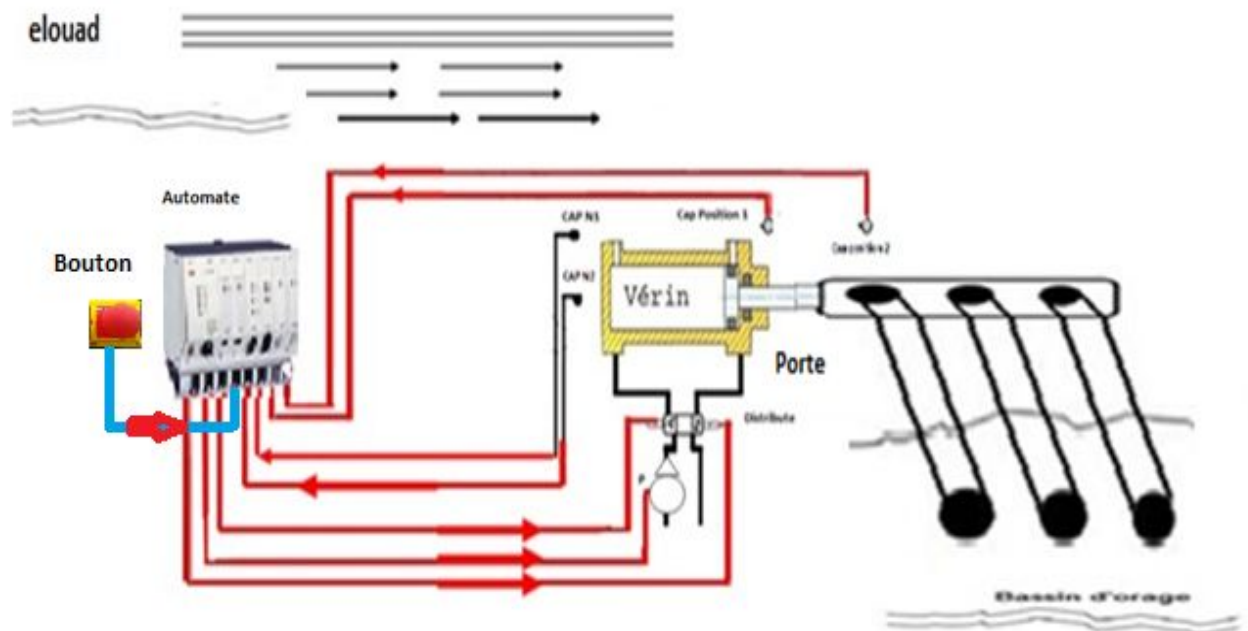


Figure IV-2 : Schéma des connexions de la partie électrique et hydraulique du système

IV-4 - Choix des éléments hydrauliques et électriques :

IV-4.1 Tuyaux de canalisation

Les tuyaux en béton massif HM sont destinés, principalement, aux canalisations souterraines, eaux usées, eaux pluviales, drainage routier et eaux de surface par gravité ou, occasionnellement, sous pression.

- ✓ Dimension des tuyaux en Béton armé : $L= 2 \text{ m} / D = 1.2 \text{ m}$
Et pour balayer la distance entre la rivière et le bassin d'orage on a besoin de 16 tuyaux.
- ✓ Porte en béton armé de dimension $L= 5\text{m}, D=2\text{m}$



Figure IV-3: Image de tuyau

IV-4.2-Compresseur

Un compresseur mécanique est un organe mécanique destiné à augmenter la pression d'un gaz, et donc son énergie.



Figure IV-4 : Compresseur [14]

Compresseurs à pistons lubrifiés de qualité industrielle :

Model compresseur	Pression nominale [Bar g]	Moteur à conduire [kW]	Débit [m ³ /min]	Niveau du bruit [dB]	Poids [kg]	Dimension LxWxH [mm]
L50	10	45	7.40	67	1055	1722x920x1659

Tableau IV-1 : Données techniques du compresseur L50

IV-4.3 Vérin hydrauliques :

Le vérin est l'élément central des techniques pneumatiques ; il transforme l'énergie de l'air comprimé en un mouvement linéaire. Il consiste en un tube cylindrique (le cylindre) dans lequel une pièce mobile, appelé le piston, sépare le volume du cylindre en deux chambres isolées l'une de l'autre. Un ou plusieurs orifices permettent d'introduire ou d'évacuer un fluide dans l'une ou l'autre des chambres et ainsi déplacer le piston. À partir de ce constat, les constructeurs déclinent de nombreux modèles afin de satisfaire aux exigences des utilisateurs :

- *fonction réalisée* : simple effet, double effet, amortissement, fonctions intégrées, guidage, anti rotation, blocage de tige, etc. ;
- *capacités et performances* : course, force exercée, vitesse, longévité, tenue en température, etc. ;
- *facilité d'intégration* : encombrement, position des orifices d'alimentation, accès aux réglages, technique d'assemblage des fixations ;
- *nature des matériaux utilisés et des protections de surface*, selon l'environnement d'application ;
- *conformité aux normes* ;
- *possibilités de fixations et accessoires* ;
- *etc.*

Les deux premiers critères de détermination d'un vérin sont l'*alésage*

(effort exercé = section × pression) et la *course* réalisée.

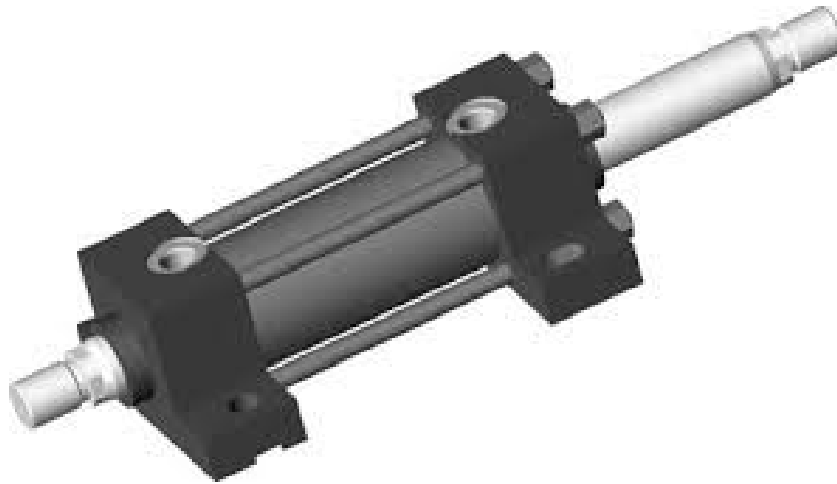


Figure IV-5 : Vérin hydraulique [14]

Les Caractéristique du Vérin hydraulique Bosch Rexroth AG sont:

Longueurs de course admissibles:

Ø de piston en 200mm Ø de tige 140 mm

Course max. admissible 3000 mm

Pression de service 2 10 bars

IV-4.4- Distributeur hydraulique :

Sont principe de fonctionnement est d'orienter le débit vers l'une ou l'autre partie du circuit, **autoriser** ou **bloquer** le passage du débit voir figure 6.

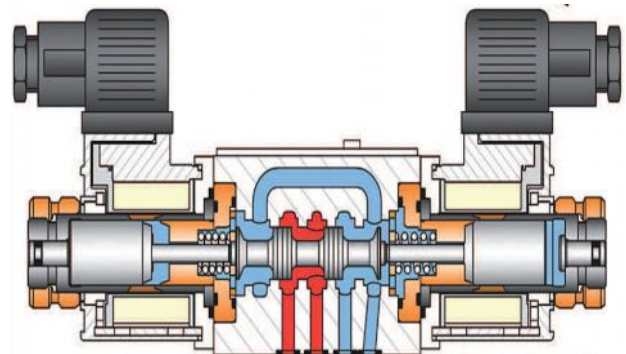


Figure IV-6 : vue à l'intérieur d'un distributeur 4/3 centre ouvert A et B vers T [8]

En fait, ces appareils hydrauliques sont conçus pour diriger le fluide aux endroits désirés.

En même temps, ils servent de conduite de retour du fluide hydraulique au réservoir.

Un distributeur permet aussi de commander le démarrage ou l'arrêt d'un actionneur hydraulique. Sens de déplacement du vérin dans chaque position.



FigureIV-7 : Distributeur hydraulique à commande électrique

IV-5 - Choix des éléments automatiques :

IV-5.1 Automate :

Le choix d'un API est lié à l'environnement. Plus ce dernier est perturbé, plus les exigences en termes de sûreté de fonctionnement sont grandes, plus l'API s'impose face à des solutions concurrentes.

Ensuite, il faut trouver un API adapté aux besoins. Il existe des API à 8 E/S, d'autres à plus de 100 ;cars dans notre projet on a besoin d'un API au minimum a 4 entrées et 3 sorties.

La multiplicité des modèles, des configurations, des fonctions métier, permettent de trouver le matériel qui convient. Transformé partiellement ou totalement en outil spécialisé, l'API retenu, grâce à ses capacités de communication, prendra place dans le réseau global d'information de l'installation.



Figure IV-8 : Automate de type S7-1200 [8]

IV-5.2- Choix des capteurs

Tous les capteurs dont les fonctionnements ont été décrits précédemment présentent deux parties distinctes. Une première partie qui a pour rôle de détecter un événement et une deuxième partie qui a pour rôle de traduire événement en un signal compréhensible d'une manière ou d'une autre par une partie PC. Pour choisir correctement un capteur, il faudra définir tout d'abord :

- Le type événement à détecter.
- La nature d'événement.
- La grandeur de l'événement.
- L'environnement de l'événement.

En fonction de ces paramètres on pourra effectuer un ou plusieurs choix pour un type de détection. D'autres éléments peuvent permettre de cibler précisément le capteur à utiliser :

- Ses performances ;
- Son encombrement ;
- Sa fiabilité (MTBF) ;
- La nature du signal délivré par le capteur (électrique, pneumatique) ;
- Son prix...

IV-5.2.1 Capteur de niveau

Un capteur de niveau est un dispositif électronique qui permet de mesurer la hauteur du liquide, dans un réservoir ou un autre endroit contenant du liquide. [15]

Notre choix du capteur de niveau est fixé sur le capteur de type flotteur donnée par la figure suivante :



Figure IV-9 : Capteur de niveau a flotteur horizontal-9037

IV-5.2.2 Capteur de position

Un capteur de position est un dispositif qui permet de recueillir des informations sur la position d'un objet dans un espace de référence. Ces informations peuvent être obtenues par contact direct avec l'objet, grâce à un contacteur constitué de divers éléments tels que: galet, tige souple, bille, roue codeuse.[8]

Notre choix est fixé sur les contacts de fin de course ou appelé contact de position. Ils coupent ou établissent un circuit lorsqu'ils sont actionnés par un mobile. La détection s'effectue par contact d'un objet extérieur sur le levier ou un galet figure 10

De caractéristique suivante : UI 500V AC 15 240V 3A



Figure IV-10:Image du contact de fin de course XCK-J-H29

IV-6. Connexion de l'automate

Les organes connectés avec l'automate sont donnés par les deux listes suivantes :

✓ **Liste des Capteurs (Variables D'entrées) :**

- 1- Cap N1 : Capture de Niveau haut.
- 2- Cap N2 : Capture de Niveau bas.
- 3- Capp 1 : Capteur de position porte Ouverte.
- 4- Capp 1 : Capture de position porte Fermée.

✓ **Liste des actionneurs (Variables de Sorties) :**

- 1- Vérin hydraulique + Distributeur
- 2- Compresseur (Pompe)

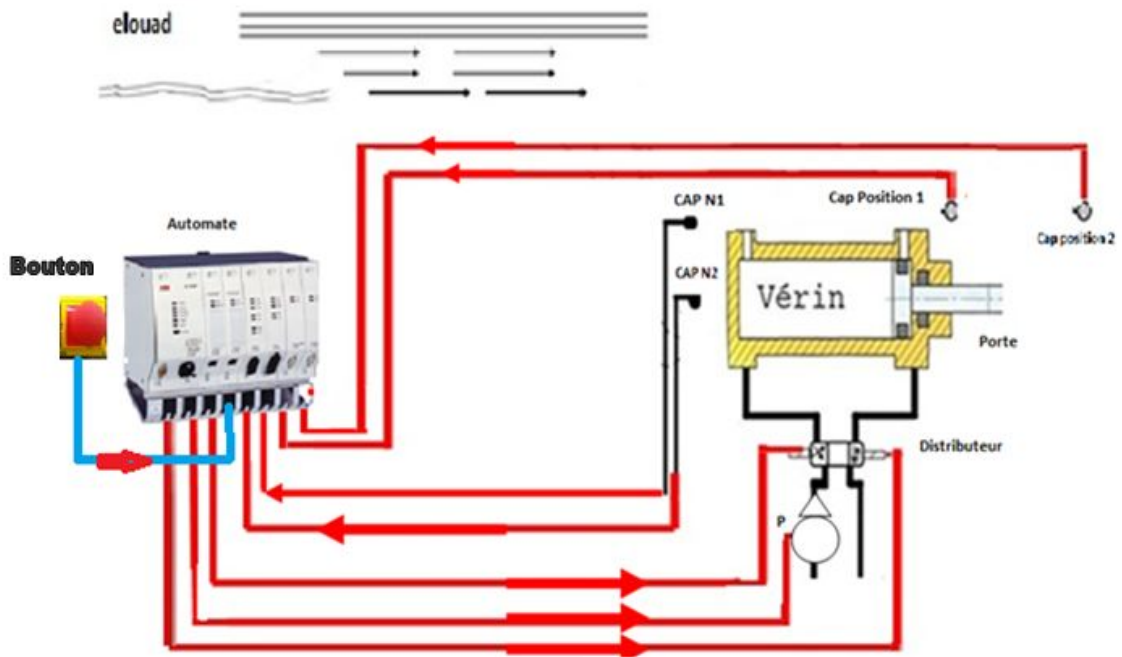


Figure IV-11 : Schéma du câblage électrique de l'équipement automatique du bassin d'orage.

IV-6.1 Câblage des entrées de l'automate

Dans notre système nous avons 5 entrées :

1. Bouton en mode automatique.
2. Capteur de niveau 1 (haut).
3. Capteur de niveau 1 (bas).
4. Capteur de position 1 (contact de fin de course).
5. Capteur de position 2 (contact de fin de course).

Ainsi le câblage des capteurs avec l'automate est donné par la figure suivante :

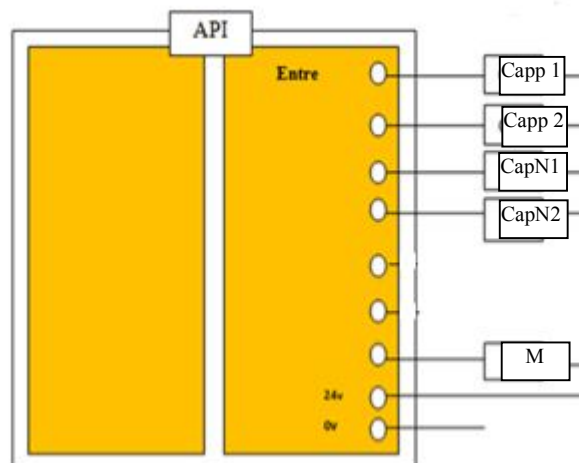


Figure IV-12: Câblage des entrées de l'automate.

IV-6.2. Câblage des sorties de l'automate :

Après le traitement des données pour commander l'ouverture et la fermeture de la porte en béton, l'automate doit générer et envoyer des signaux par ces sorties. Les sorties de l'automate sont connectées aux différents actionneurs du système. Nous avons trois actionneurs : Compresseur, distributeur commandé le tiroir coté droite et distributeur commandé le tiroir coté gauche. Ces actionneurs sont connectés à 3 sorties de l'automate :

1. Sortie 1 vers le compresseur.
2. Sortie 2 vers le coté droite du distributeur.
3. Sortie 3 vers le coté gauche du distributeur.

Ainsi le câblage des actionneurs avec l'automate est donné par la figure suivante :

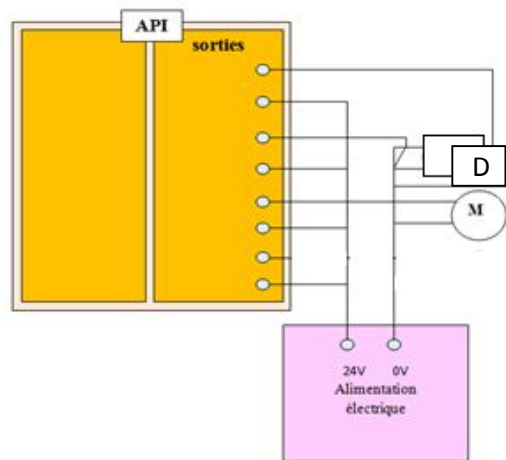


Figure IV-13: Câblage des sorties de l'automate.

IV-6-3-Affectation des entrées/sorties de l'automate :

En effet, l'étape de l'affectation des entrées-sorties et leurs adressages est primordial avant la programmation de l'automate.

Après avoir connecté les capteurs et les actionneurs (entrées-sorties) avec l'automate chaque point de connexion a une adresse bien déterminé. L'affectation est donnée par le tableau suivant :

Liste des Capteurs	Désignation	Entrée/Sortie	Adressage
Capteur de niveau haut	Cap N1	E	% I1,5
Capteur de niveau bas	Cap N2	E	% I1,4
Capteur de position 1	Capp 1	E	% I1,7
Capteur de position 2	Capp 2	E	% I1,6
Bouton en mode automatique	M	E	% I1,1
Compresseur	P	S	% Q1,1
Distributeur coté droite	Dd	S	% Q1,1
Distributeur coté gauche	Dg	S	% Q1,1

Tableau IV-2 : Adressage des entrées et sorties à l'automate

IV-7 Programmation de l'automate en langage GRAFCET :

IV-7.1 Cahier de charge

On va s'intéresser à étudier un pilotage automatique de ce système selon un cahier des charges adapter pour rendre l'équipement plus performant. Ce bassin d'orage fonctionne après mise en marche par appui sur le bouton « M » et selon le cahier des charges suivant :

Si le capteur de niveau haut CapN1 est atteint par de l'eau alors démarrage du compresseur et entrée du vérin hydraulique jusqu'à la position 1, donc capteur de position 1 (Capp1) est touché ainsi entrainerait l'arrêt du compresseur, à ce moment-là la porte est ouverte et l'eau s'écoule de la rivière à travers des tuyaux vers le bassin d'orage. Si le niveau de l'eau dans la rivière est au-dessous du capteur de niveau bas (CapN2) alors démarrage du compresseur et sortie du vérin hydraulique jusqu'à la position 2, donc Capp2 est maintenu en contact et entrainerait l'arrêt du compresseur à ce moment-là la porte est fermée et l'eau ne s'écoule plus vers le bassin d'orage et le cycle commence.

Le **Grafcet** est un langage de représentation qui peut être utilisé pour spécifier un comportement attendu ou pour décrire le comportement de systèmes automatisés.

La programmation de l'automate de ce cahier des charges en langage GRAFCET est effectuée par la connexion avec un PC doté du logiciel **GRAFCET Studio** selon la structure suivante:

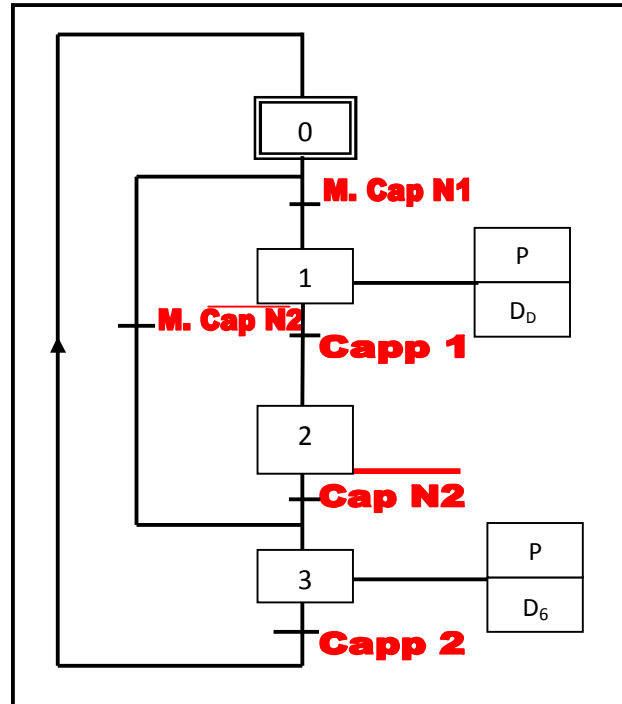


Figure IV-14: GRAFCET d'automatisme du bassin d'orage

Pour réaliser la programmation de l'automate on aura besoin d'un Logiciel nommé GRAFCET Studio qui est présenté dans la section qui suit.

IV-7-2- Description du GRAFCET Studio :

Avec le logiciel GRAFCET Studio, vous pourrez aisément concevoir des Grafquets, les simuler et les transférer vers l'automate. Il est compatible avec Windows 7/8/10 et est constitué des

Composants suivants :

- Un éditeur de grafquet : pour l'édition de grafquet
- Un simulateur de grafquet : pour la simulation du grafquet sur PC
- Un driver de communication : pour la connexion avec des équipements externes (automates, PC embarqués etc..)

Les outils et la page de saisie du GRAFCET dans le logiciel GRAFCET Studio est représenté par la figure suivante:

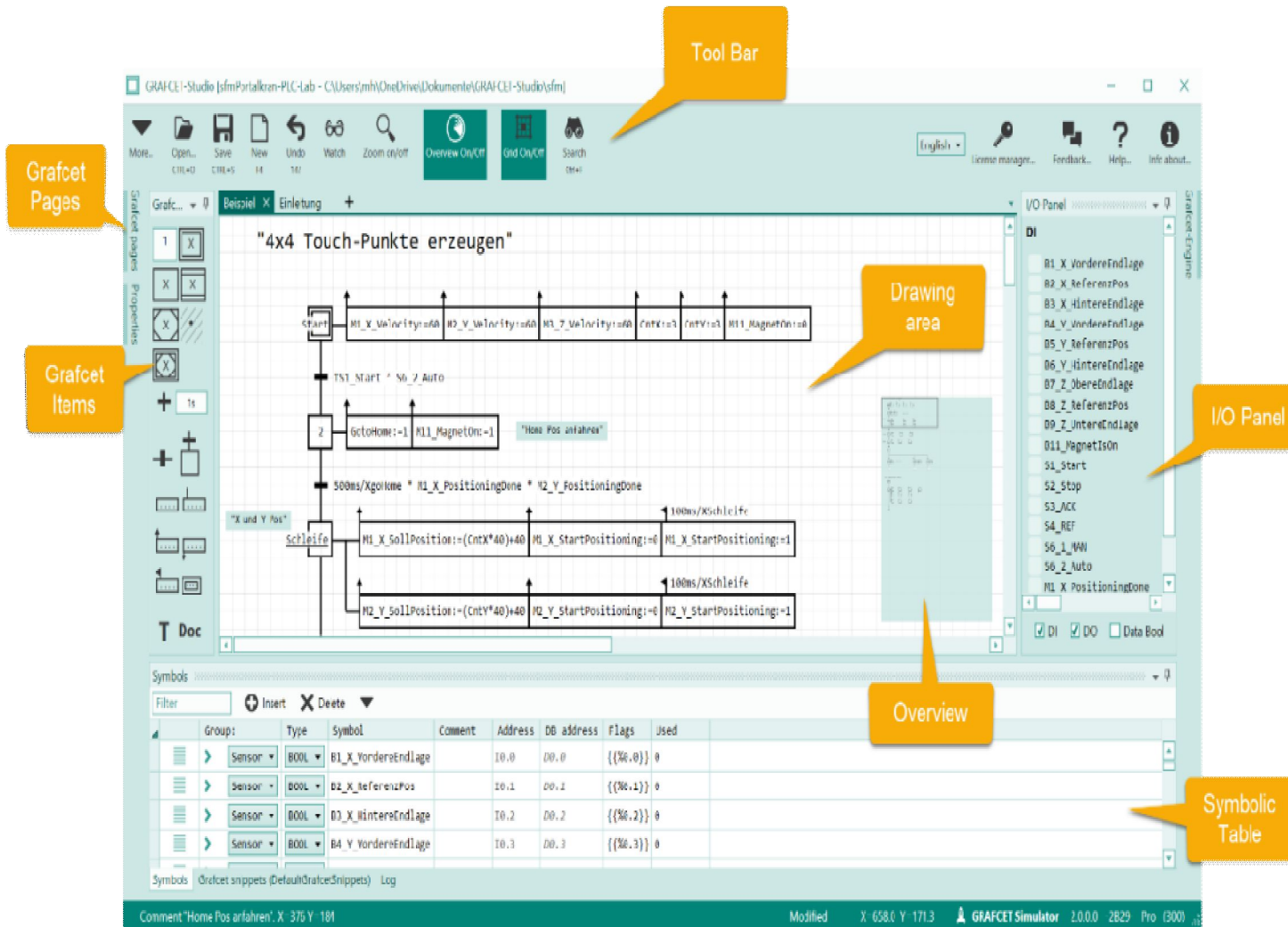


Figure IV-16 : Les outils du GRAFCET Studio

IV-7-3 Programmation et Simulation du fonctionnement du système sous GRAFCET Studio

Le logiciel **GRAFCET Studio** permet de programmer l'automate ainsi de simuler le fonctionnement automatique de l'ouverture et la fermeture de la porte pour soulager Elouad, selon les étapes suivantes:

On appuie sur le bouton M_{AUTO} et sous la condition que le capteur de niveau capN1 est touché par le liquide le système fonctionne comme suit :

✓ **Etape initiale, système au repos**

A l'étape 0 : le système est au repos, la porte en béton est fermée est le système attend la condition de transition **M.CapN1** quelle soit remplie pour que le système démarre.

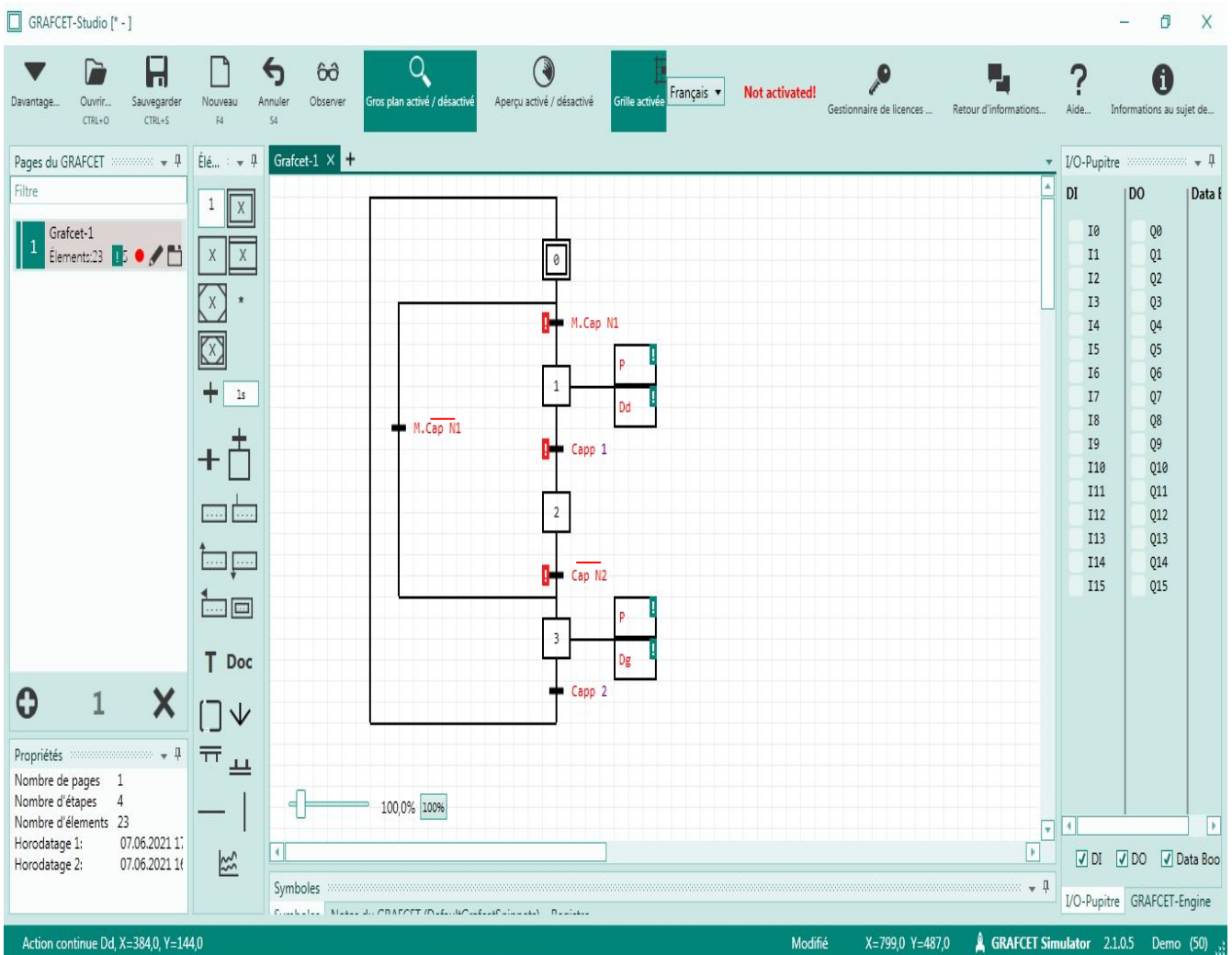


Figure IV-17 : Image GRAFCET Studio de l'activation de l'étape n° 0 du Système

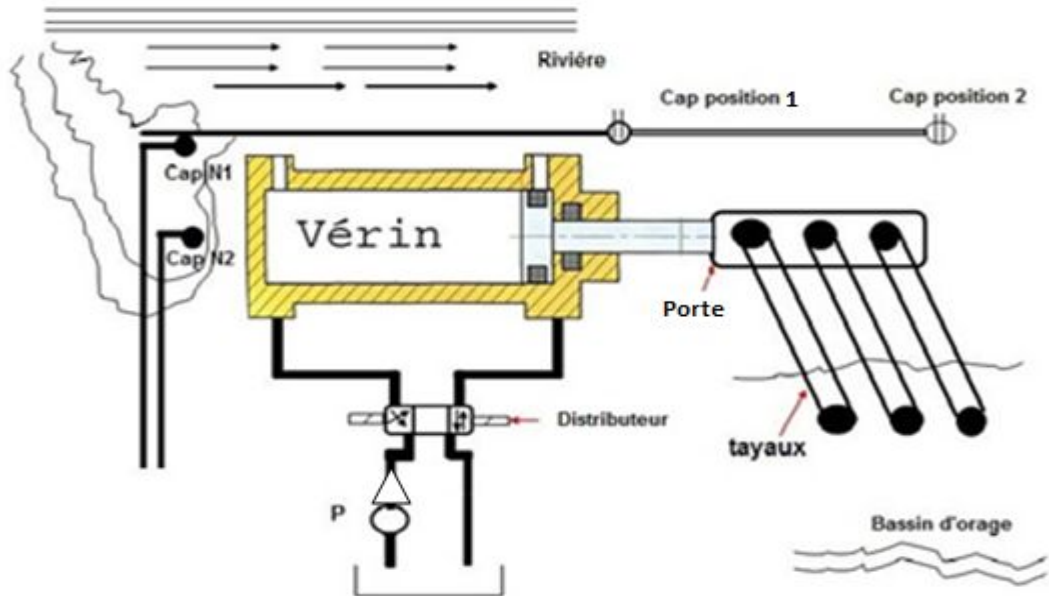


Figure IV-18 : Schéma de fonctionnement du système, l'étape initiale, la porte fermée.

✓ Etape 1 active :

Après avoir la condition de transition **M.CapN1** remplie, le capteur de niveau haut envoie un signal à l'automate et l'étape 1 est activée alors le compresseur démarre et le distributeur coté droite fonctionne. La porte s'ouvre progressivement jusqu'à la position 1(Capp1), et l'eau s'écoule vers le bassin d'orage.

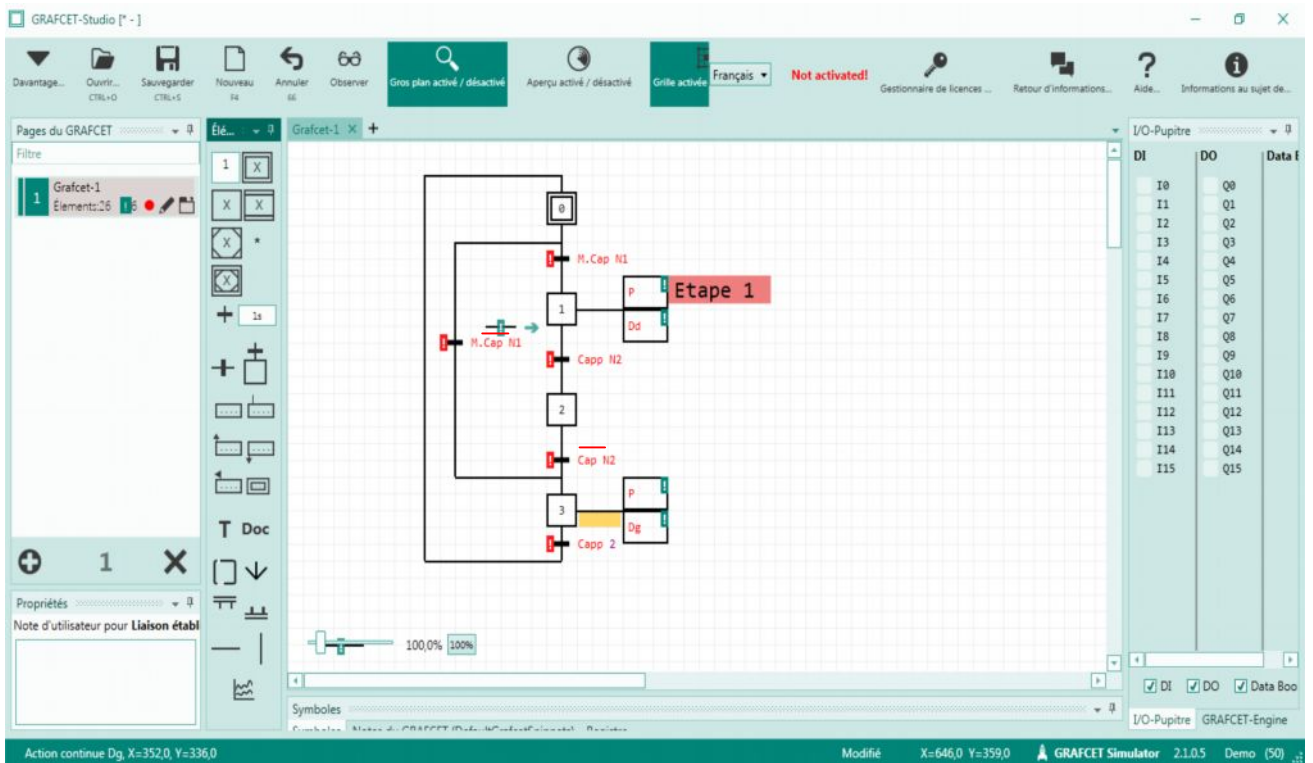
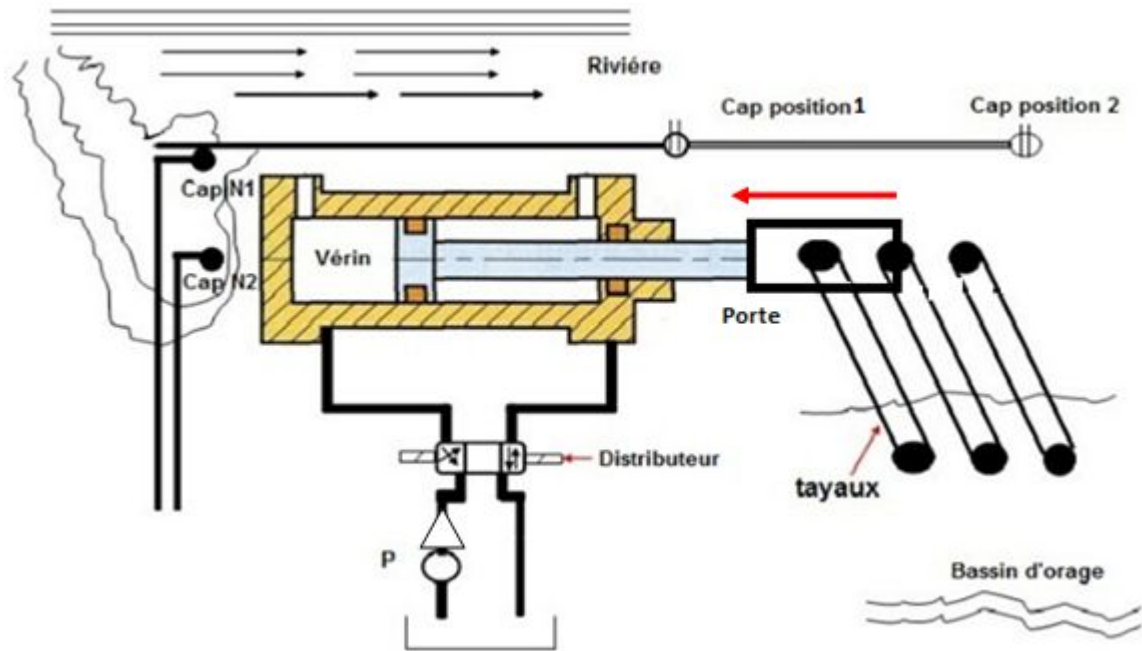


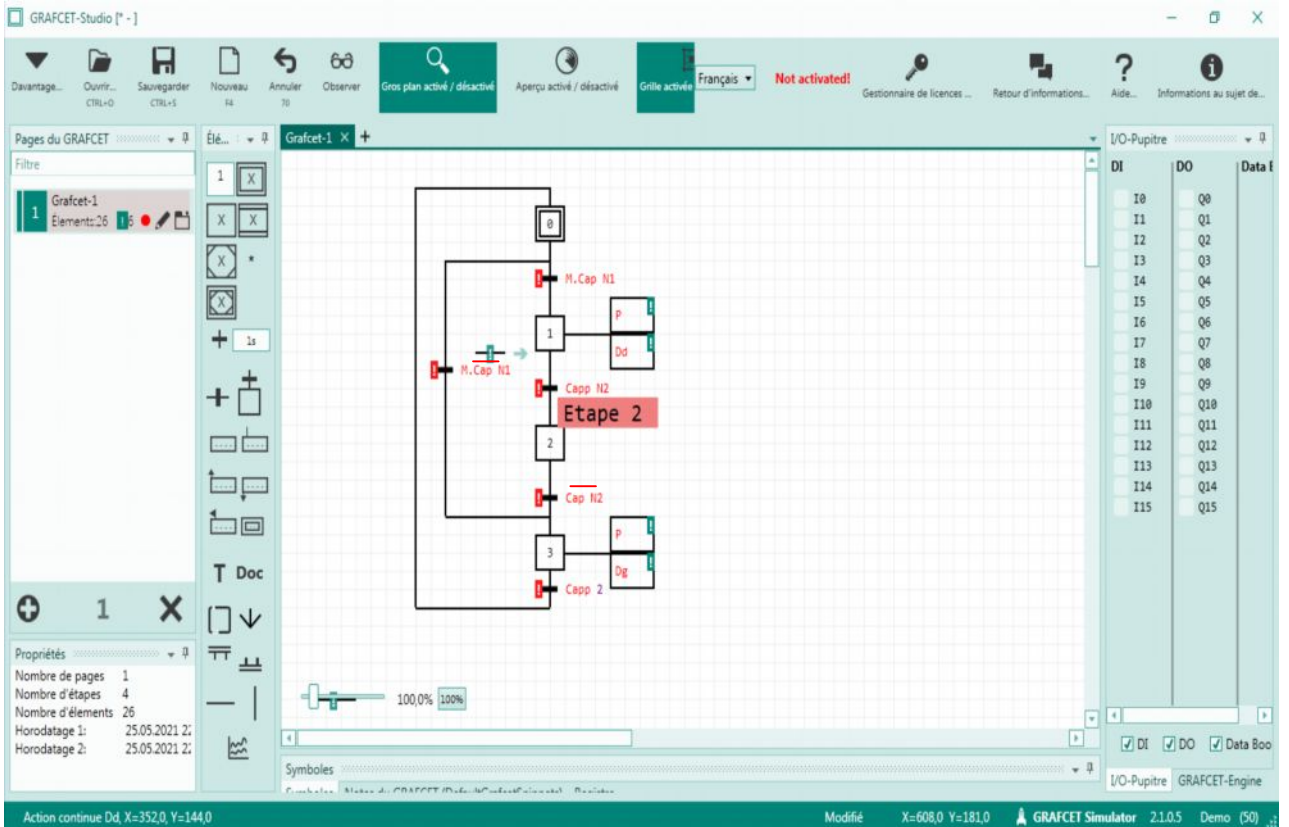
Figure IV-19 : Image GRAFCET Studio de l'activation de l'Etape n° 1 du Système



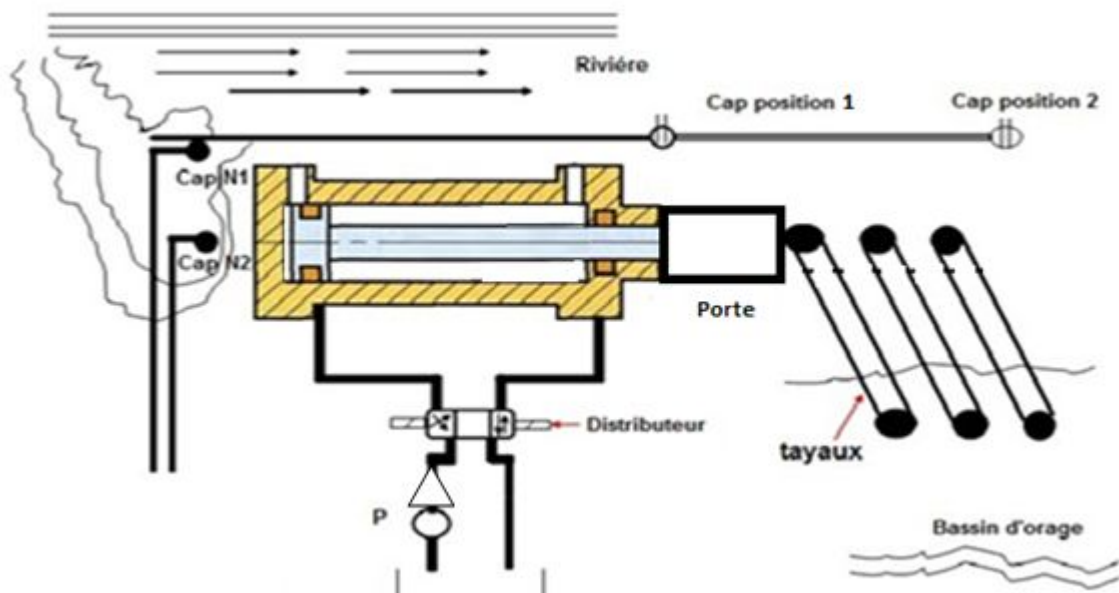
FigureIV-20 : Schéma de fonctionnement du système à l'étape n°1, entrée du Vérin et ouverture progressive de la porte en béton.

Etape 2 active :

A l'étape 2 : le moment où la condition de transition **Cap 1** est remplie le capteur de position 1 envoie un signal à l'automate et l'étape 2 est activée alors le compresseur s'arrête et la porte est complètement ouverte. La porte ainsi reste ouverte jusqu'à que la condition de transition Cap N2 soit remplie alors elle devient inactive et le système passe à l'étape 3.



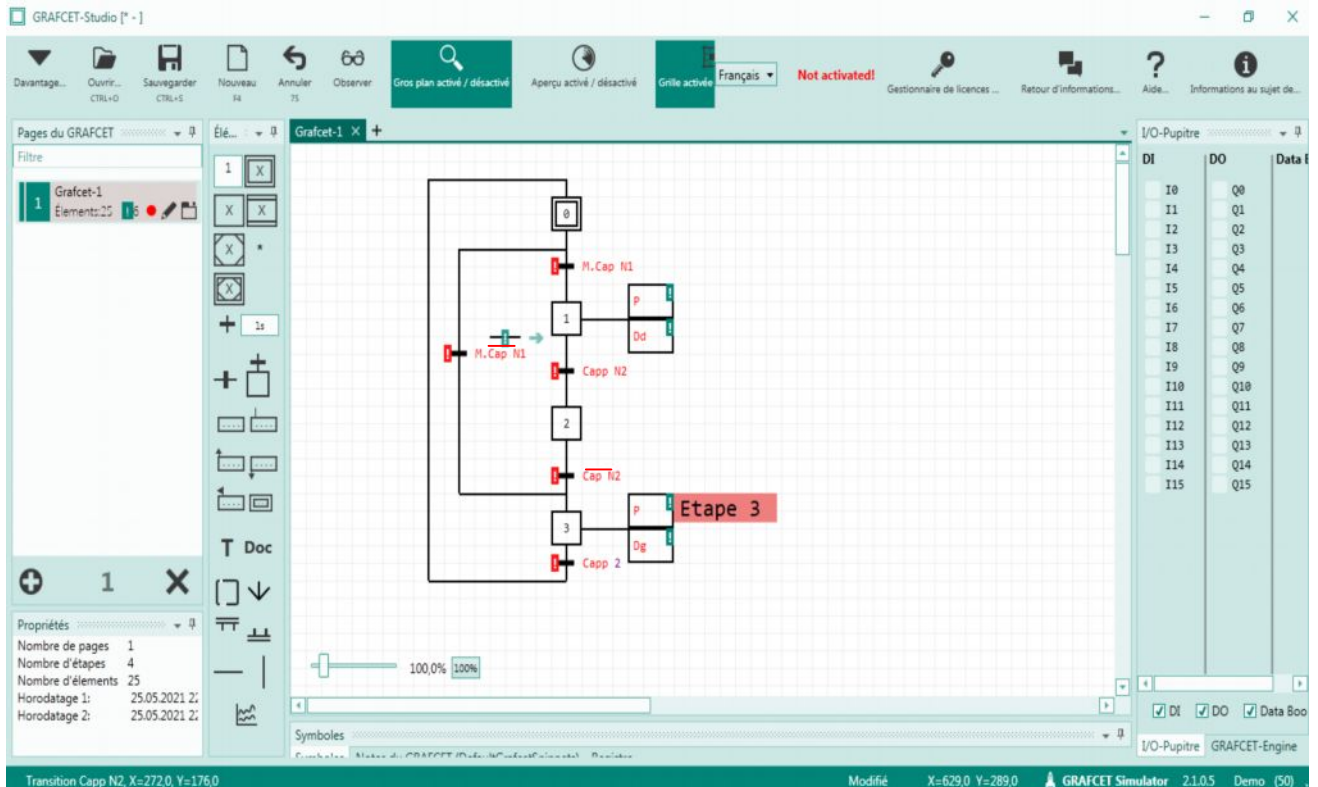
FigureIV-21 : Image GRAFCET Studio de l'activation de l'Etape n°2 du Système, entrée complet du Vérin.



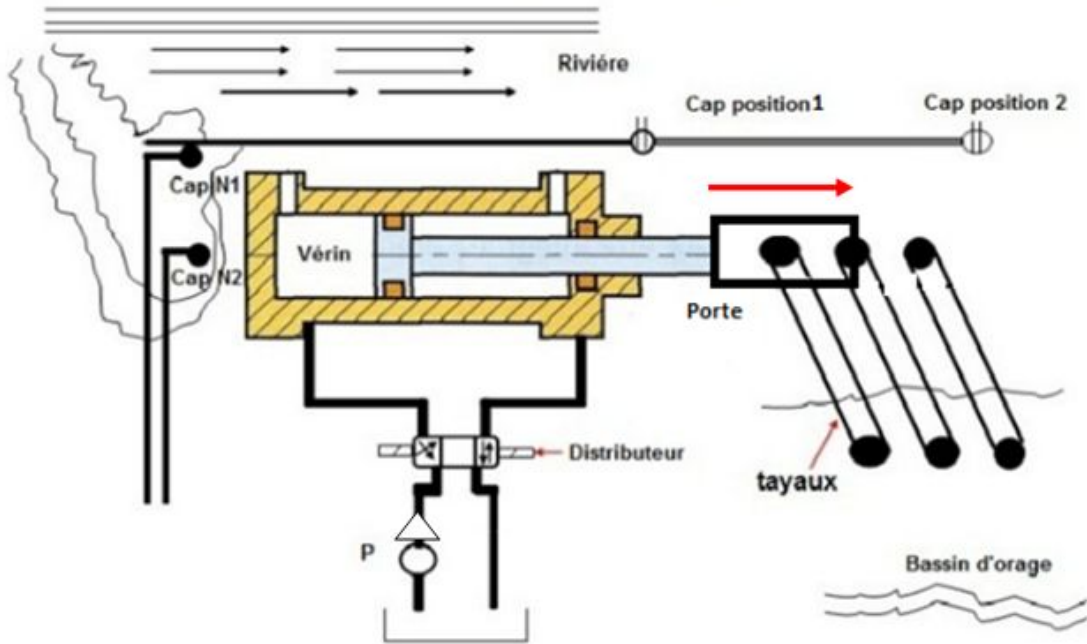
FigureIV-22 : Schéma de fonctionnement du système à l'étape n°2, entrée du Vérin et ouverture complète de la porte en béton.

Etape 3 active :

A l'étape 3: le moment où la condition de transition **Cap N2** est remplie, c-à-d le niveau de l'eau est au-dessous du niveau bas alors le capteur Cap N2 envoie un signal à l'automate et l'étape 2 n'est plus active, dans ce cas l'étape 3 est activée ainsi le compresseur démarre et le distributeur coté gauche fonctionne ; à ce moment-là la porte se referme progressivement jusqu'à quelle touche le capteur de position 2 pour quelle soit complètement fermée et le compresseur s'arrête. Après cette étape le cycle commence.



FigureIV-23 : Image GRAFCET Studio de l'activation de l'Etape n°3 du Système, sortie du vérin.



FigureIV-24 : Schéma de fonctionnement du système à l'étape n°3, sortie du Vérin et fermeture progressive de la porte.

Étape initialisation du système: Dans le cas de coupure d'électricité ou dysfonctionnement du système, il y a une divergence en 'ou' après l'étape 0, le système fait un saut à l'étape 3, et passe à l'étape initiale lorsque la condition Capp 2 est remplie. Dans ces conditions la porte se referme automatiquement et le système revient à l'état initiale et vérifier les conditions de fonctionnement du système.

IV-7.4 Transfert du programme vers l'automate

Enfin pour mettre le système en fonctionnement et l'implanté, nous devons transférer le programme vers l'automate c'est-à-dire flasher l'automate en plaçant un câble de communication (port USB ou d'autre type de connexion) avec le PC doté de logiciel TIA Portal. Nous devons d'abord transférer le projet Template dans l'automate avec le logiciel TIA Portal pour l'utilisation et la configuration du GRAFCET Studio avec un automate S7-1200 ou S7-1500.

En effet, le projet Template sert uniquement à préparer l'automate (initialisation et configuration Matérielle). Une fois que nous aurons transféré le projet Template dans l'automate, nous n'aurons plus besoin de TIA Portal. Nous pouvons utiliser GRAFCET Studio pour concevoir notre programme et le transférer dans notre automate.

IV-8 CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons accompli notre travail, en présentant la connexion des parties hydrauliques et électriques avec la partie commande du système. Ce système conçu est facile à être intégrer. L'automate est un bon produit s'il est bien employé et facilite la réalisation des systèmes automatiques. Les modes d'exécution d'un programme et la simulation est réalisée par le logiciel GRAFCET Studio pour mieux tester le bon fonctionnement du système et connaitre tous les problèmes attachés à la réalisation.

En effet le système que nous avons conçu répond au cahier des charges est soulage la rivière contre le débordement.

Conclusion générale

Les aménagements de protection contre les phénomènes de crues et d'inondations qui se manifestent de façon catastrophique, leur dimensionnement, la sécurité et la bonne exploitation des ouvrages hydrauliques sont toujours liés à une évaluation saine non seulement des débits disponibles en moyenne mais surtout des débits extrêmes (crue - étiage).

Les bassins versants d'AIN TOUTA situés à Batna sont implantés dans des endroits à risque d'inondation, ils stockent temporairement de l'eau de pluie, afin d'écarter le volume d'eau du pic orageux, et pour soulager les rivières. Ils ont un rôle bénéfique dans la lutte contre les inondations surtout lorsque ils sont équipés des systèmes automatiques qui contrôlent et gèrent d'une façon continue ces bassins. L'étude et la conception de ce système automatique est bâtie autour des automates programmables facilite la tâche d'automatisation. L'automate programmable est facile à mettre en œuvre et à programmer, toujours plus puissants, plus communicants et moins chers, il peut gérer toutes les phases de contrôle et de commande et aide à l'exploitation et la sécurisation.

En effet notre système conçu est facile à être intégré et fait appel à l'imbrication des équipements électrique, pneumatiques et hydraulique.

Pour localiser tous les problèmes attachés à la réalisation, nous avons simulé et testé, à l'aide du logiciel GRAFCET Studio, le bon fonctionnement de système étudié.

Enfin nous avons atteint l'objectif de ce projet en mettant le point sur les outils permettant de comprendre et d'améliorer la connaissance du fonctionnement hydraulique et automatique de ces bassins d'orage.

A decorative border with intricate black and white floral and scrollwork patterns, framing the central text.

RÉFÉRENCE

RÉFÉRENCE

RÉFÉRENCE

- [1]: **ANRH**, Les données pluviométriques de la station de Batna.
- [2] : **O.N.M.**, (office nationale de météorologie).
- [3] :**ALLOUACHE.A** ; Cours hydrologie 3, **BEN kadja**, Université Mohamed Boudiaf, M'sila, 2018.
- [4] : (**DGPC**), Direction Générale du Protection Civil, Algérie, 2007.
- [5] :Université de Tlemcen ; Faculté de Technologie ; Département d'Hydraulique TP hydrologie L2 Courbe de Tarage
- [6] : Courbes de tarage et extrapolation des débits aux exutoires des 8 cours d'eau du Plan gouvernemental de lutte contre les algues vertes Avril 2015.
- [7] : livre automatisme applique collection A. Capliez**D. Mérat** : professeur technique et J.C. Bossy: ingénieur en électronique à la télémécanique
- [8] : Fr.wikipedia.org
- [9]: Cours télégestions .**Dr.MAHDI Djallel**.
- [10]: **BENYAHIA ISMAHANE. BOUMELIT ASMA**
« Application du GRAFCET pour l'automatisation d'une remplisseuse d'un liquide »,
Mémoire
- [11]: **PHILIPPE LE BRUN FLORENCE**
« Programmation des automates » Lycée Louis ARMAND, 173 Bd de Strasbourg, 94736
NOGENT sur Marne.
- [12]: **Manuel de Référence PL7 Pro**
Description du logiciel PL7 ISIM – MEA 2 (version 2001) au Tome 2 du Manuel de
Référence PL7Micro/Junior/Pro
- [13]: Logiciel FlowMaster
- [14]: <https://www.medicaexpo.fr/prod/compair/product-79424-731963.html>
- [15]: <https://www.omega.fr/prodinfo/mesure-de-niveau.html>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ