

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMÉRI DE TIZI OUZOU
FACULTÉ DE GÉNIE DE LA CONSTRUCTION
DÉPARTEMENT DE GÉNIE-CIVIL
OPTION GÉNIE CIVIL

SPÉCIALITÉ: CONSTRUCTION HYDRAULIQUE ET AMÉNAGEMENT

THÈME

Étude de faisabilité de la retenue collinaire chaabet thrid wilaya de Médéa



Présenté par
CHEKHAR Mira
AOUARHOUNE Dalila
AIT YAKOUB Ouezna

Dérogé par
Mme. BOUZELHA Karima

PROMOTION 2013

M
É
M
O
I
R
E
D
E
M
A
S
T
E
R

Remerciements

Il nous est agréable d'exprimer nos sincères remerciements et notre profonde gratitude à M^{me} BOUZELHA Karima de nous avoir bien guidé au cours de ce travail. Nous lui exprimons notre reconnaissance pour des conseils éclairés et des précieuses orientations.

➤ *Nous adresserons également nos sincères remerciements à*

Dr.HAMOUM pour son assistance et pour la disponibilité qu'il a affichée à notre égard afin de mener à bien ce travail.

➤ *Nous adressons nos vifs remerciements au bureau d'étude African*

Geosystem Company (AGC)

➤ *Notre gratitude va particulièrement à tous nos enseignants du*

département Génie civil Tizi-Ouzou

➤ *Nos respects aux membres de jury qui nous feront l'honneur*

d'apprécier notre travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

- *Mes très chers parents à qui je dois tout, je profite de les remercier pour leur encouragement, leur aide, le soutien qu'ils m'ont apporté et le sacrifice qu'ils ont fait pour moi, que Dieu les protège et les entoure de sa bénédiction ;*
- *Mon très cher mari SOFAINE, pour son soutien.*
- *La mémoire de mon beau père CHERIF, que Dieu le tout puissant l'accueille en son vaste paradis et lui accorde sa sainte miséricorde ;*
- *Ma très chère belle mère Que Dieu la protège et l'entoure de sa bénédiction.*
- *Mon très cher frère DJILALI que j'aime beaucoup ;*
- *Ma très chère sœur ZOHRRA et son bébé que j'adore Réda et sa famille BELKADI.*
- *Mes chères belles sœurs MALIKA et FATIHA.*
- *Mes chers beaux frères RACHID, MADJID, MOURAD et leurs femmes*
- *Toute la famille ABBOUË et CHEKHAR,*
- *Mes deux binômes DALILA et OUZNA.*
- *Toutes mes amies sans exception.*
- *Toute la promotion d'hydraulique (C H A) 2012- 2013;*
- *A ceux que j'aime et qui m'aiment.*

Mira

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

- *Mes très chers parents à qui je dois tout, je profite de les remercier pour leur encouragement, leur aide, le soutien qu'ils m'ont apporté et le sacrifice qu'ils ont fait pour moi, que Dieu les protège et les entoure de sa bénédiction ;*
- *La mémoire ma chère et seule sœur FATIHA, que Dieu le tout puissant l'accueille en son vaste paradis et lui accorde sa sainte miséricorde ;*
- *MES très chers frères: SID ALI, YUCEF, YOUNES, YACINE, MAHDI, RACHID et surtout FARID ;*
- *Mon mari BOUSSAD, pour son soutien et à toute sa famille ;*
- *À mes grand-mère : HESNI qui j'aime beaucoup et FETOUMA et à mon grand père CHERIF ;*
- *À ma grande famille, oncles, tantes, cousins et cousines ;*
- *Toute la famille AOURHOUN et BOUZIANE ;*
- *Mes deux binômes MIRA et OUZNA ;*
- *Toutes mes amies sans exception ;*
- *Toute la promotion d'hydraulique (C H A) 2012- 2013;*
- *À ceux que j'aime et qui m'aiment ;*

DALILA

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

- *Mes très chers parents et frères : Karim et Lamara à qui je dois tout. Je les remercie de leurs encouragements, de leur aide, du soutien qu'ils m'ont apporté et des sacrifices qu'ils ont faits pour moi. Que Dieu les protège et les entoure de sa bénédiction ;*
- *Mon très cher mari Kamel pour ces encouragements et son soutien ;*
- *Mes chers beaux parents, mes beaux frères et belles sœurs ;*
- *Toute la famille AIT MOHAND et AIT YAKOUB ;*
- *Mes très chers grands-parents ;*
- *Mes deux camarades Mira et Dalila ;*
- *Tous mes amis.*

Ouzna

Tableau: récapitulatif des symboles des caractéristiques utilisés dans la thèse

| Paramètre | Significations | Unité |
|---------------------|---|---------------------|
| C_u | la cohésion | bar |
| ϕ_u | l'angle de frottement | (°) |
| W_p | la limite de plasticité | - |
| W_L | la limite de liquidité | - |
| I_p | l'indice de plasticité | - |
| P_c | la pression de consolidation | bar |
| C_c | l'indice de compressibilité | % |
| C_g | coefficient de gonflement | % |
| K | coefficient de perméabilité | cm/s |
| W_{opt} | teneur en eau optimum | % |
| γ_{dmax} | la densité maximale | t/m ³ |
| γ_h | densité humide | t/m ³ |
| S | la surface du bassin versant | m ² |
| P_{BV} | le périmètre du bassin versant | m |
| H_{max} | altitude maximale | m |
| H_{min} | altitude minimale | m |
| L | longueur du thalweg principal | m |
| l_{mov} | largeur moyenne du bassin versant | m |
| C_a | coefficient d'allongement | - |
| I_c | Indice de compacité de GRAVILIUS | m |
| L_r | la longueur de rectangle équivalent | m |
| l_r | la largeur du rectangle équivalent | m |
| S_i | surface partielle | m ² |
| H_{mov} | altitude moyenne | m |
| H_i | altitude moyenne entre deux courbes de niveau | m |
| I_r | Indice de pente M.ROCHE | - |
| a_i | surface partielle comprise entre deux courbes de niveau consécutives H_i et H_{i-1} | m ² |
| D_i | différence entre H_i et H_{i-1} | m |
| I_g | indice de pente globale | % |
| D_s | dénivelé spécifique | m |
| I_m | indice de pente moyenne | % |
| T_c | le temps de concentration | h |
| D_d | la densité de drainage | Km/km ² |
| F_1 | la densité des thalwegs élémentaires | km ⁻² |
| N_1 | nombre de thalwegs d'ordre 1 | - |
| C_t | le coefficient de torrentialité | - |
| T. Min | Température minimale | °C |
| T. Moy | Température moyenne | °C |
| T. Max | Température maximale | °C |
| Précip.Moy | Précipitation moyenne mensuelle | mm |
| P_a | précipitation moyenne interannuelle | mm |
| $P_{max j}$ | la pluie maximale journalière moyenne | mm |
| U | variable réduite de Gauss | |
| C_v | coefficient de variation | |
| V | la vitesse moyenne annuelle du vent | m/h |
| $T_{moy\ annuelle}$ | Températures moyenne annuelle | °C |
| L_e | Lame d'eau | mm |
| A | Apport liquide | hm ³ |
| q_s | Débits spécifique | l/s.km ² |
| Q | Débit | m ³ /s |
| M_e | Module de l'écoulement | l/s |
| M_0 | Module de l'écoulement relatif ou spécifique | l/s/km ² |

| | | |
|-------------------------|---|-------------------------------------|
| A_F | apport fréquentielle | m ³ |
| q_{ss} | apport solide moyen annuel en suspension | t/km ² /an |
| α | paramètre caractérisant la perméabilité du bassin versant | - |
| q_{sp} | le taux de production annuelle de matériaux | m ³ /km ² .an |
| Z | un coefficient d'érosion relative | - |
| C_t | un coefficient thermique | - |
| C_{rm} | le coefficient de rétention | - |
| Q_{max} | Débit de crue maximal | m ³ /s |
| q_s | Débit de crue spécifique | l/s.km ² |
| R | Coefficient de corrélation | - |
| Q_m | Débit de crue | m ³ /s |
| Q_d | Débit de décrue | m ³ /s |
| t_m | Temps de montée | h |
| t_d | Temps de décrue | h |
| γ | Coefficient de forme | |
| V_m | Volume d'eau apporté par la crue pendant la montée | m ³ |
| V_d | Volume d'eau apporté par la crue pendant la décrue | m ³ |
| V_t | Volume de la crue total | m ³ |
| V_{af} % | le volume des apports d'eau d'une fréquence donnée | m ³ |
| V_b | le volume des besoins en ea | m ³ |
| V_e | le volume des pertes par évaporation | m ³ |
| V_i | le volume des pertes par infiltration | m ³ |
| V_l | les lâchés éventuels | m ³ |
| ΔV | le volume d'eau surplus restant dans la cuvette | m ³ |
| C_p | Capacité | m ³ |
| C_{pSL} | Capacité sans lâche | m ³ |
| H | la charge d'eau sur le seuil | m |
| m | le coefficient de débit | - |
| b | la largeur du déversoir | m |
| C_{cr} | la Cote de la crête en m. | m |
| C_{PHE} | cote des plus hautes eaux | m |
| v | la vitesse du vent | m/s |
| H_r | La revanche | m |
| F | désigne le Fetch | Km |
| H_d | la hauteur de la digue | m |
| m₁ | Fruit du talus amont | - |
| m₂ | Fruit du talus aval | - |
| e | l'épaisseur de l'enrochement | m |
| G_w | poids volumique de l'eau | t/m ³ |
| G_p | poids volumique des pierres | t/m ³ |
| dm | diamètre moyen | m |
| q | Le débit de fuite | m ³ /jour |
| S_c | Section mouillée critique | m ² |
| C_c | Coefficient de Chézy critique | - |
| R_c | Rayon hydraulique critique | m |
| I_c | Pente critique | - |
| i | la pente du coursier | |
| D | le diamètre de la conduite de vidange | m |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1. 1 : coordonnées du point de rattachement (UTM fuseau 31, WGS84)..... | 2 |
| Tableau 1. 2: coordonnées des stations topographiques (polygonale de base)..... | 3 |
| Tableau 1.3 : état de saturation de matériau (d'après Terzagui)..... | 14 |
| Tableau 1.4 : état de saturation de notre sol (d'après Terzagui)..... | 14 |
| Tableau 1.5 : résultats de l'essai d'Atterberg..... | 15 |
| Tableau 1.6 : limites d'atterberg..... | 15 |
| Tableau 1.7 : les résultats de l'essai de cisaillement rectiligne..... | 16 |
| Tableau 1.8 : les résultats de l'essai de compressibilité à l'oedomètre..... | 16 |
| Tableau 1.9 : les résultats de l'essai de perméabilité..... | 17 |
| Tableau 1.10 : les résultats de l'essai Proctor..... | 17 |
| Tableau 1.11 : les résultats de l'essai de perméabilité Lugeon..... | 19 |
| Tableau 1.12 : la classification de sol selon Lugeon..... | 19 |
| Tableau 1.13 : résultats de l'analyse chimique..... | 19 |
| Tableau 1.14 : tableau récapitulatif des résultats d'essais de laboratoire..... | 21 |
| Tableau 1.15: caractéristiques du site d'implantation..... | 22 |
| Tableau 2.1: calcul des largeurs entre les courbes de niveau..... | 27 |
| Tableau 2.2: coordonnées de la courbe hypsométrique..... | 28 |
| Tableau 2.3 : détermination de l'altitude moyenne..... | 30 |
| Tableau 2.4 : détermination de la pente de Roche Ir..... | 31 |
| Tableau 2.5 : variation de l'indice de pente global d'après l'O.R.S.T.O.M..... | 31 |
| Tableau 2.6 : classification de l'O.R.S.T.O.M du relief..... | 32 |
| Tableau 2.7 : récapitulatif des caractéristiques du bassin versant..... | 35 |
| Tableau 3.3 : identification des stations climatologiques dans la wilaya de Médéa..... | 36 |
| Tableau 3.4 : variation mensuelles des températures de la station Berrouaghia..... | 37 |
| Tableau 5.3 : résultats des précipitations moyennes mensuelles à la station Berrouaghia..... | 38 |
| Tableau 3.6: pluies fréquentielles calculées selon un ajustement de GALTON..... | 41 |
| Tableau 3.5 : répartition mensuelle de l'évaporation sur une nappe libre..... | 42 |
| Tableau 3.6 : ra répartition mensuelle du vent..... | 43 |
| Tableau 3.7 : les résultats du l'humidité relative..... | 45 |
| Tableau 3.8 : récapitulatif des caractéristiques climatiques..... | 46 |
| Tableau 4.7 : récapitulatif des résultats de calcul des apports annuels..... | 50 |
| Tableau 4.8 : récapitulatif des résultats des caractéristiques de l'écoulement..... | 51 |
| Tableau 4.9 : valeur de α en fonction de la perméabilité..... | 53 |
| Tableau 4.4 : coefficient énergétique Z..... | 54 |

| | |
|---|-----|
| Tableau 4.5 : tableau récapitulatif des résultats de calculs des transports solides..... | 55 |
| Tableau 5.10 : Résultats de calculs des débits de crues obtenus par différentes méthodes.... | 61 |
| Tableau 5.11 : Coefficient de forme de l'hydrogramme de crue..... | 63 |
| Tableau 5.3 : débit de monté..... | 63 |
| Tableau 5.4 : débit de décrue..... | 63 |
| Tableau 5.5 : caractéristiques de l'hydrogramme de crues pour une fréquence de 50 ans..... | 65 |
| Tableau 5.6 : débit de monté..... | 65 |
| Tableau 5.7 : débit de décrue..... | 65 |
| Tableau 5.8 : Caractéristiques de hydrogramme de crues pour une fréquence de 100 ans.... | 66 |
| Tableau 6.12 : la répartition des différentes cultures sur notre terrain..... | 67 |
| Tableau 6.2 : tableau des calculs Excel du la régularisation..... | 70 |
| Tableau 6.3 : résultats du calcul de régularisation..... | 71 |
| Tableau 6.4 : résultat de l'apport solide..... | 73 |
| Tableau 6.5 : calcul de laminage..... | 75 |
| Tableau 6.6 : les résultats de la formule de STENVENSON et GAILLARD..... | 75 |
| Tableau 6.7 : les résultats de la formule de MALLET et PACQUANT..... | 76 |
| Tableau 6.8 : les résultats de la formule simplifiée..... | 76 |
| Tableau 6.9 : récapitulatif des résultats des trois formules..... | 76 |
| Tableau 6.10 : caractéristiques de la retenue..... | 78 |
| Tableau 6.11 : récapitulatif des résultats de calculs..... | 80 |
| Tableau 6.12 : résultats obtenues par la formule de CHANKIN..... | 80 |
| Tableau 6.13 : résultats obtenues par la formule de PICKIN..... | 81 |
| Tableau 6.14 : récapitulatif des résultats de e obtenus par les différentes formules..... | 82 |
| Tableau 6.15 : récapitulatif des résultats du dimensionnement de la digue..... | 85 |
| Tableau 6.16 : résultat de calcul de débit de fuite..... | 89 |
| Tableau 6.17 : caractéristiques géotechniques des matériaux pour remblai..... | 89 |
| Tableau 6.18 : les résultats déduits de l'abaque de Sanglerat..... | 91 |
| Tableau 6.19 : résultats de calcul des contraintes..... | 93 |
| Tableau 6.20 : caractéristiques géotechniques des matériaux pour remblai..... | 93 |
| Tableau 6.21 : coordonnées du profil du seuil..... | 95 |
| Tableau 6.22 : résultat de calcul de la pente critique..... | 96 |
| Tableau 6.23 : résultats de calcul..... | 97 |
| Tableau 6.24 : résultat de calcul du bassin d'amortissement..... | 99 |
| Tableau 6.25 : résultats de calcul pour la conduite de vidange..... | 100 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1.1: Carte de situation du site de la retenue Chaabet Thrid (wilaya de Médéa)..... | 1 |
| Figure 1.2 : Les bornes géodésiques (bureau d'étude ALEXTE) | 4 |
| Figure 3: Formation de sénonien autour du site de la retenue (bureau d'étude ALEXTE)..... | 5 |
| Figure 1.4 : Coupe géologique de l'axe de la digue (bureau d'étude ALEXTE)..... | 7 |
| Figure 1.5 : Réalisation de trois puits dans le site de la retenue (bureau d'étude ALEXTE)..... | 8 |
| Figure 1.6 : Carte de zonage sismique du territoire national l'ADDENDA 2003 au RPA99..... | 9 |
| Figure 2.7 : Coupe lithologique de sondage N°1..... | 12 |
| Figure 1.8 : Coupe lithologique de sondage N°2..... | 12 |
| Figure 1.9: Coupe lithologique de puits 1..... | 13 |
| Figure 1.10: Coupe lithologique de puits 2..... | 13 |
| Figure 1.11: Coupe lithologique de puits3..... | 13 |
| Figure 1.7: schéma du dispositif de l'essai Lugeon..... | 18 |
| Figure 1.8 : Carte de situation des matériaux de construction à proximité du site de la retenue (rapport de Laboratoire Nationale de l'Habitat)..... | 20 |
| Figure 2.1: Schéma représentatif d'un bassin versant (Prof. André Musy, année 2005)..... | 23 |
| Figure 2.3 : Exemples d'indices de compacité(Prof. André Musy, année 2005)..... | 25 |
| Figure 2.4 : Rectangle équivalent du bassin versant de l'oued Chaabet Thrid..... | 27 |
| Figure 2.5 : Courbe hypsométrique du bassin versant de l'oued Ohrid..... | 29 |
| Figure 2.6: Réseau hydrographique du bassin versant..... | 34 |
| Figure 3.3: Températures à la station de Berrouaghia..... | 37 |
| Figure 3.4 : Répartition moyenne mensuelle des précipitations de la station de Berrouaghia..... | 39 |
| Figure 3.5 : Nombre de jour d'apparition de la pluie..... | 39 |
| Figure 3.6 : Graphique ombro-thermique..... | 41 |
| Figure 3.7 : Répartition mensuelle de l'évaporation sur une nappe libre..... | 43 |
| Figure 3.7 : Histogramme de la répartition mensuelle du vent..... | 44 |
| Figure 3.8 : Histogramme des résultats du l'humidité..... | 45 |
| Figure 4.8 : Relation entre les coefficients de variation des apports et les précipitations..... | 50 |
| Figure 5.1 : Relation $Q_{\max}(F) = f(S)$ avec l'échantillon ANRH (1990)..... | 59 |

| | |
|--|----|
| Figure 5.2 : Relation $Q_{max}(F) = f(S)$ avec l'échantillon de POROZLAÏ (1983)..... | 60 |
| Figure 5.3 : hydrogramme de crue pour une fréquence de 50 ans..... | 63 |
| Figure 5.4 : hydrogramme de crue pour une fréquence de 100 ans..... | 65 |
| Figure 6.1 : courbe hauteur-capacité-surface..... | 69 |
| Figure 6.2 : les différents niveaux de la retenue..... | 71 |
| Figure 6.3 : laminage de la crue TECAGC-058..... | 73 |
| Figure 6.4 : tracé de la ligne de saturation dans une digue en terre – Parabole de KOZENY..... | 83 |
| Figure 6.5 : Tracé de la parabole de KOZENY..... | 84 |
| Figure 6.6: Schéma de calcul de la tranche verticale sur le talus..... | 86 |
| Figure 6.7 : Représentation graphique du cercle de rupture..... | 87 |
| Figure 6.8: Abaque de détermination du cercle de rupture passant par le pied du talus (Extrait de Sanglerat)..... | 88 |
| Figure 6.9: Représentation graphique de α_0 et β_0 | 88 |
| Figure 6.10: Tracé du profil du seuil déversant..... | 94 |
| Figure 6.11: coupe transversal de la digue..... | 98 |

Liste des annexes

- Annexes 1 :** Analyses granulométriques
- Annexe 2 :** Limites d'atterberg
- Annexe 3 :** Essai de cisaillement rectiligne
- Annexe 4 :** Essai oedométrique
- Annexe 5 :** Essai de perméabilité
- Annexe 6 :** Essai Proctor
- Annexe 7 :** Essai Lugeon

Sommaire

Introduction générale

Chapitre1: étude du milieu

page

| | |
|--|----|
| Introduction | 1 |
| 1.1. Situation géographique..... | 1 |
| 1.2. Etude topographique..... | 2 |
| 1.2.1. Moyens matériels..... | 2 |
| 1.2.2. Travaux de terrain..... | 2 |
| 1.2.3. Définition du point géodésique..... | 3 |
| 1.3. Etude géologique..... | 4 |
| 1.3.1. Géologie régionale..... | 5 |
| 1.3.2. Stratigraphie | 5 |
| 1.3.2.1. L'Albien..... | 5 |
| 1.3.2.2. Le Cénomaniens | 6 |
| 1.3.2.3. Le Néogène..... | 6 |
| 1.3.2.4. Le Quaternaire..... | 6 |
| 1.3.3. Géomorphologie du site..... | 7 |
| 1.3.4. Géologie du site et de la cuvette..... | 7 |
| 1.3.4.1. Réalisation de trois puits dans le site de la retenue | 8 |
| 1.3.5. Tectonique de la région..... | 8 |
| 1.3.6. Sismicité..... | 9 |
| 1.3.7. Réseau hydrographique | 10 |
| 1.3.8. Hydrogéologie..... | 10 |
| 1.3.8.1. Nappe des formations sableuses | 10 |
| 1.3.8.2. Nappe des grés | 10 |
| 1.3.8.3. Nappe des éboulis..... | 11 |
| 1.4. Etude géotechnique | 11 |
| 1.4.1. Interprétation des coupes lithologique | 11 |
| 1.4.2. Essais au laboratoire..... | 13 |
| 1.4.2.1. Essais d'identification physique..... | 14 |
| 1.4.2.2. Essais mécanique | 15 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| 1.4.2.3. Analyse chimique | 19 |
| 1.4.3. Matériaux de construction..... | 20 |
| Conclusion | 22 |

Chapitre2 : étude du bassin versant

| | |
|---|----|
| Introduction..... | 23 |
| 2.1. Description du bassin versant | 23 |
| 2.2. Etude des caractéristiques du bassin versant | 24 |
| 2.2.1. Caractéristiques géomorphologiques..... | 24 |
| 2.2.1.1. Superficie | 24 |
| 2.2.1.2. Périmètre | 24 |
| 2.2.1.3. Altitudes du bassin versant..... | 24 |
| 2.2.1.4. Longueur du thalweg principal..... | 24 |
| 2.2.1.5. Largeur moyenne du bassin versant..... | 25 |
| 2.2.2. Caractéristiques morphométriques..... | 25 |
| 2.2.2.1. Indice de compacité de GRAVELIUS | 25 |
| 2.2.2.2. Coefficient d'allongement..... | 26 |
| 2.2.2.3. Rectangle équivalent..... | 26 |
| 2.2.3. Caractéristiques orographique..... | 28 |
| 2.2.3.1. Courbe hypsométrique..... | 28 |
| 2.2.3.2. Altitude moyenne | 29 |
| 2.2.3.3. Calcule des indices de pente | 30 |
| 2.2.3.4. Temps de concentration | 32 |
| 2.2.4. Caractéristiques hydrologiques..... | 33 |
| 2.2.4.1. Réseau hydrographique..... | 33 |
| 2.2.4.2. Densité de drainage Dd | 34 |
| 2.2.4.3. Densité des thalwegs élémentaires F_1 | 34 |
| 2.2.4.4. Coefficient de torrentialité Ct | 35 |
| Conclusion | 35 |

Chapitre3 : étude du climatique

| | |
|--|----|
| Introduction..... | 36 |
| 3.1. Etude des températures..... | 37 |
| 3.2. Etude des précipitations..... | 38 |
| 3.2.1. Précipitation moyenne mensuelle | 38 |
| 3.2.2. Précipitation moyennes interannuelles | 40 |
| 3.2.3. Précipitations maximales journalières | 40 |
| 3.2.4. Diagramme ombro-thermique..... | 41 |
| 3.3. Paramètres climatiques secondaires..... | 42 |
| 3.3.1. Evaporation | 42 |
| 3.3.2. Répartition mensuelle du vent..... | 43 |
| 3.3.3. L'humidité relative..... | 44 |
| Conclusion..... | 46 |

Chapitre4 : étude des apports

| | |
|--|----|
| Introduction..... | 47 |
| 4.1. Etude des apports liquides | 47 |
| 4.1.1. Estimation de l'apport moyen annuel | 47 |
| 4.1.1.1. Relations de COUTAGNE | 47 |
| 4.1.1.2. Relation de DERI(1977) | 48 |
| 4.1.1.3. Formule de SAMIE | 49 |
| 4.1.1.4. Formule de PADOUN(1993) | 49 |
| 4.1.2. Récapitulatif des résultats de calcul des apports liquides..... | 50 |
| 4.1.3. Caractéristiques de l'écoulement | 51 |
| 4.1.3.1. Module de l'écoulement (M_e) | 51 |
| 4.1.3.2. Module de l'écoulement relatif ou spécifique (M_0) | 51 |
| 4.1.3.3. Lamme d'eau écoulée..... | 51 |
| 4.1.4. Estimation de l'apport fréquentielle à 80% | 52 |
| 4.2. Les apports solides..... | 52 |

| | |
|--|----|
| 4.2.1. Le transport solide par charriage | 52 |
| 4.2.2. Le transport solide en suspension..... | 52 |
| 4.3. Les formules empiriques | 53 |
| 4.3.1. Formule de Tixeront..... | 53 |
| 4.3.2. Formule de Gavrilovic..... | 54 |
| Conclusion..... | 56 |

Chapitre5 : étude des crues

| | |
|--|----|
| Introduction..... | 57 |
| 5.1. Facteurs engendrant les crues..... | 57 |
| 5.2. Calculs de la crue maximale..... | 58 |
| 5.2.1. Synthèse hydrologique des petits bassins versants algériens (1990)..... | 58 |
| 5.2.2. Inventaires des études hydrologiques de Porozlaï..... | 59 |
| 5.2.3. Passage aux débits de crues cinquanteennes et centennales..... | 60 |
| 5.2.4. Caractéristiques de la crue..... | 61 |
| 5.2.4.1. Hydrogramme de crue pour une fréquence de 50 ans..... | 63 |
| 5.2.4.2. Hydrogramme de crue pour une fréquence de 100 ans..... | 65 |
| Conclusion..... | 66 |

Chapitre 6 : étude hydrotechnique

| | |
|---|----|
| Introduction..... | 67 |
| 6.1. Régularisation..... | 67 |
| 6.1.1. Le périmètre d'irrigation..... | 67 |
| 6.1.1.1. Potentialité en terres irrigables..... | 67 |
| 6.1.1.2. Simulation du bilan hydrique de la retenue | 68 |
| 6.1.1.3. Résultat de la régularisation | 70 |
| 6.2. Différents niveaux de la retenue | 71 |
| 6.2.1. Volume et cote du niveau mort | 71 |
| 6.2.2. Volume utile et cote de niveau normale de la retenue | 71 |

| | |
|---|----|
| 6.2.3. Volume et cote des plus hautes eaux | 72 |
| 6.2.3.1. Les caractéristiques de crues..... | 72 |
| 6.2.4. Cote de la crête | 74 |
| 6.2.4.1. La revanche | 74 |
| 6.3. Eléments du barrage | 77 |
| 6.3.1. Type de barrage | 77 |
| 6.3.2. La largeur en crête..... | 77 |
| 6.3.2.1. La longueur en crête | 78 |
| 6.3.2.2. Pente des talus | 79 |
| 6.3.2.3. La protection des pentes du talus..... | 79 |
| 6.3.2.4. Les bermes | 81 |
| 6.3.2.5. Le drain vertical..... | 81 |
| 6.3.2.6. Le drain de pied | 81 |
| 6.4. Etude des infiltrations | 82 |
| 6.4.1. La ligne de saturation des eaux dans le corps de la digue..... | 82 |
| 6.4.2. Le débit de fuite | 84 |
| 6.5. Calcul de stabilité | 85 |
| 6.5.1. Stabilité des talus | 85 |
| 6.5.1.1. Méthode de calcul | 85 |
| 6.5.2. Vérification des contraintes au sol de la digue | 90 |
| 6.5.2.1. Méthode de calcul..... | 90 |
| 6.5.2.2. Résultats de calcul | 91 |
| 6.6. Evacuateur de crues | 91 |
| 6.6.1. Les éléments constituant un évacuateur de crue..... | 92 |
| 6.6.1.1. Canal d'approche | 92 |
| 6.6.1.2. Déversoir | 92 |
| 6.6.1.3. L'Auge (Bassin de réception)..... | 94 |
| 6.6.1.4. Le canal de raccordement | 94 |
| 6.6.1.5. Coursier | 95 |
| 6.6.1.6. Bassin de dissipation | 96 |

| | |
|------------------------------------|-----|
| 6.6.7. La conduite de vidange..... | 97 |
| Conclusion..... | 101 |
| Conclusion générale | |
| Annexe | |
| Bibliographie | |

Introduction générale

La réalisation de nouveaux barrages et retenues collinaires à travers le territoire de la wilaya Médéa est retenue dans le cadre du programme du secteur de l'hydraulique au titre de la période quinquennale 2010-2014.

Pour se faire, des études sont prévues afin de déterminer la faisabilité de plus d'une quarantaine de petits barrages et retenues collinaires dans l'objectif évident de combler le déficit enregistré en ce qui concerne l'irrigation agricole et l'alimentation en eau potable des populations. Car, comme chacun sait, il est observé les pertes de quantités d'eau de pluie qui tombent sur la région et qui partent en mer chaque année, faute de leur mobilisation; facteur considéré comme une faiblesse lorsque l'on sait que les quantités perdues privent le secteur de l'agriculture de possibilités d'irrigation et les populations de moyens de sources d'alimentation. En effet, le niveau des précipitations qui a notablement été favorable au cours des ces dernières années; permet d'envisager des réalisations nouvelles en matière d'extension des superficies agricoles et en matière de réalisation d'ouvrages de stockage. Ce qui permettra en outre d'élargir les pratiques culturales à de nouvelles variétés de fruits et de produits maraîchers grâce à l'existence d'étendues de bonnes terres enchâssées dans les plaines du Tell, d'élargir la superficie irriguée, évaluée actuellement à plus de 10 000 ha, et d'arriver à une meilleure mobilisation des eaux de pluie à travers les nouveaux barrages et retenues collinaires prévus. Les capacités de mobilisation existantes, estimées à plus de 37 millions de m³, sont encore insuffisantes pour recevoir une partie des quantités de pluie qui tombent chaque année. Le problème d'insuffisance a été accentué par les pertes de capacités dues à l'envasement partiel ou total de certains ouvrages et la dégradation de plusieurs autres qui totalisent, entre eux, le quart des moyens de stockage dont dispose le secteur de l'hydraulique.

Ce dernier, rappelle-t-on, compte 54 retenues collinaires d'une capacité de 5080000 m³. Il faut noter que l'augmentation des capacités par la réalisation de plusieurs nouveaux ouvrages au cours de la dernière décennie a permis d'améliorer la dotation en eau potable qui est actuellement de 150 litres par jour et par habitant.

Vu toutes ces considérations, il est important de dicter une méthodologie efficace pour la réalisation d'une retenue collinaire dans la commune de Moudjebour wilaya de Médéa, et pour cela la direction générale des forêts a confié au bureau d'étude ALEXTE l'élaboration d'un projet spécifique de la retenue collinaire de Chaabat Thrid qui fait l'objet de notre étude.

Pour mener à terme ce travail, nous avons structuré le manuscrit du mémoire de thèse en six (06) chapitres.

Dans le premier chapitre, nous allons faire une analyse assez poussée des conditions topographique, géologiques et géotechniques afin de trouver un site favorable.

Dans le deuxième chapitre, on traitera en détail les caractéristiques géomorphologiques, morphométriques et orographiques nécessaire pour l'étude hydrologique.

Dans le troisième chapitre, nous nous intéressons à l'étude des conditions climatiques du bassin versant Chaabet Thrid. Pour ce faire, nous nous sommes servis des informations de 15 stations climatiques.

Dans le quatrième chapitre, nous évaluons la quantité des apports liquide et solide qui s'écoule dans le bassin versant

Dans le cinquième chapitre, on évaluera le débit de crue, la période de retour, le temps de montée et de décrue et le volume de crue

Et on consacra le dernier chapitre à l'étude détaillée de la régularisation des apports en fonction de la destination de l'aménagement hydraulique et à la conception de la digue à l'aide des logiciels pour le calcul des infiltrations, de la stabilité des talus et la conduite de cette dernière.

Introduction

Le chapitre intitulé étude du milieu a pour but de présenter le site d'implantation de l'ouvrage. Il consiste également à définir les différentes conditions du bassin versant ; à savoir les conditions géographiques relatives à sa situation, les conditions géologiques et topographiques et géotechniques pour la reconnaissance et la vérification de la structure du terrain afin de vérifier la faisabilité de la retenue.

1.1. Situation géographique

La retenue collinaire « Chaabet Thrid », qui fait l'objet de notre étude, se situe dans la commune de Moudjebeur, daïra de Seghouane, à 2 km environ de la wilaya de Médéa au nord d'Algérie (figure 1.1). Le site est accessible à partir de la RN1 depuis la ville de Berrouaghia en allant vers Ksar El Boukhari et juste avant d'arriver au village de Moudjebeur. La retenue collecte les eaux d'un bassin versant de 13,88 km², pour un volume de 500 000 à 8 000 000 m³. Le terrain est limité au nord, au sud, à l'est et à l'ouest par des terrains vagues et boisés.



Figure 1.1: Carte de situation du site de la retenue Chaabet Thrid (wilaya de Médéa).

1.2. Etude topographique

Le choix du site de la retenue s'effectue d'abord sur la carte d'état-major, afin de localiser les axes de digue sur les endroits les plus appropriés. Ces endroits sont représentés, généralement par des courbes de niveau resserrées sur la carte ; qui correspondent à la section la plus étroite du cours d'eau. Ce qui permet de réaliser une petite digue et faire une économie en matériaux et en mains d'ouvres.

Dans le cadre du projet de réalisation d'une retenue collinaire dans la commune de Moudjebour « wilaya de Médéa », la direction générale des forêts a confié l'étude topographique de la retenue collinaire de Chaabet Thrid au bureau d'étude ALEXTE.

1.2.1. Moyens matériels

Pour la réalisation des travaux topographiques, il a été opté pour des équipements des positionnements par satellite ou GPS (Global Positioning System), ayant l'avantage de rapidité et de précision. Le système de coordonnées utilisé est l'UTM fuseau 31 (WGS 84). La station totale est Leica 307 et les logiciels de traitement sont Autocad et Covadis.

1.2.2. Travaux de terrain

La préparation des travaux de terrain s'effectue au bureau ALEXTE (ALGERIA EXTRACT, ENVIRONMENT) en vérifiant la localisation du site d'étude sur la carte t'état Major par logiciel SIG (Système d'information géographique). L'Axes de la retenue est défini et arrêté après plusieurs sorties sur site.

L'altitude du point d'appui pour les rattachements est tirée à partir de la carte d'état-major. La planimétrie a été projetée dans le système UTM fuseau 31 (WGS 84). Le site de la retenue a été rattaché à partir de la station X1 dont les coordonnées sont énumérées dans le tableau 1.1 et qui servira de point de référence pour la mise en station, puis établir une polygonale de base, et enfin élaborer le cheminement entre les stations et levé des détails.

Tableau 1. 1 : coordonnées du point de rattachement (UTM fuseau 31, WGS84)

| | | |
|----|-----------------|-----------|
| X1 | X UTM | 484 528 |
| | Y UTM | 3 980 769 |
| | Z en mètres NGA | 635 |

Au total 61 stations constituant ainsi la polygonale de base et 3151 points de détail sont relevés. La surface totale levée est de 17 ha, illustrée sur la carte 1 (plan topographique du site de la retenue Chaabet Thrid). Le tableau2 illustre un extrait de coordonnées des stations topographiques réalisées.

Tableau 1. 2: coordonnées des stations topographiques (polygonale de base)

| X | X UTM | YUTM | Z en mètre NGA |
|-----|-------------|-------------|----------------|
| X1 | 484528 | 3980769 | 635 |
| X2 | 484587.0809 | 3980752.548 | 623.45 |
| X3 | 484567.2211 | 3980691.243 | 635.52 |
| X4 | 484494.6396 | 3980922.005 | 637.29 |
| X5 | 484461.5583 | 3980961.473 | 627.96 |
| X6 | 484485.2901 | 3980976.966 | 625.44 |
| X7 | 484499.8762 | 3981007.39 | 625.07 |
| X8 | 484497.705 | 3981021.521 | 625.56 |
| X9 | 484524.3871 | 3981022.505 | 625.11 |
| X10 | 484520.5928 | 3980982.123 | 624.26 |
| X11 | 484567.7151 | 3980939.705 | 623.6 |
| X12 | 484566.5459 | 3980919.857 | 623.37 |
| X13 | 484586.435 | 3980895.223 | 622.81 |
| X14 | 484605.7177 | 3980874.046 | 622.57 |
| X15 | 484616.8333 | 3980853.618 | 622.45 |

1.2.3. Définition du point géodésique

C'est un point dont la position sur la terre a été déterminée précisément grâce à la géodésie. Il peut être matérialisé par un élément précis, visible sur un bâtiment (flèche, croix, antenne), ou une borne au sol (dite borne géodésique) surmontée ou non d'une mire permettant sa visualisation ; qui servait autrefois pour la détermination des coordonnées de cette borne par triangulation. Les points géodésiques T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , T_5 et T_6 (figure 1.2) et leurs coordonnées sont représentés sur la carte1 (plan topographique du site de la retenue Chaabet Thrid).



Figure 1.2 : Les bornes géodésiques (bureau d'étude ALEXTE)

Le traitement des informations topographiques permet d'obtenir le plan topographique qui est présenté à l'échelle 1/1000^e pour la cuvette est au 1/500^e au droit du verrou, comme le montre la carte 1 (plan topographique du site de la retenue Chaabet Thrid) ci-après.

1.3. Etude géologique

L'étude géologique est indispensable pour connaître la nature et les différentes couches du terrain de notre région et le site de la retenue. C'est aussi un critère essentiel pour le choix du type de notre digue. Cependant, une analyse détaillée de tous les paramètres géologiques doit se faire avant tout pour se prononcer sur la faisabilité de tel ou tel type de digue. L'étude doit se porter sur toute la zone de la région. Elle nous fournira la géologie régionale, l'histoire géologique et tectonique du massif et sa structure. La nature, la qualité et les caractéristiques des fondations vont donc jouer un rôle prépondérant dans la sélection du type d'ouvrage.

Sur la base d'une reconnaissance de terrain, une représentation cartographique de l'aire de la retenue collinaire a été tentée en utilisant comme support :

- la carte géologique à 1/50 000 e de Boghar n° 136 ;
- le livret des substances utiles non métalliques de l'Algérie wilaya de Médéa ;
- et le calage de ces cartes avec l'image Google de la région.

1.3.1. Géologie régionale

Le site de la retenue Chaabet Thrud appartient à une région de chaîne montagneuse de l'Atlas Tellien et à l'extrémité Nord des hauts plateaux. Les formations du crétacé marno-gréseux sont très développées au nord de la localité de Moudjebeur, par contre les dépôts du cénozoïque sont plus présents dans la partie sud par des placages miocènes. Les roches les plus anciennes de la région sont celles du Trias, la géologie dans la digue ainsi que la cuvette montrent une continuité dans les formations du sénonien, comme l'illustre la figure 1.3 ci-dessous :

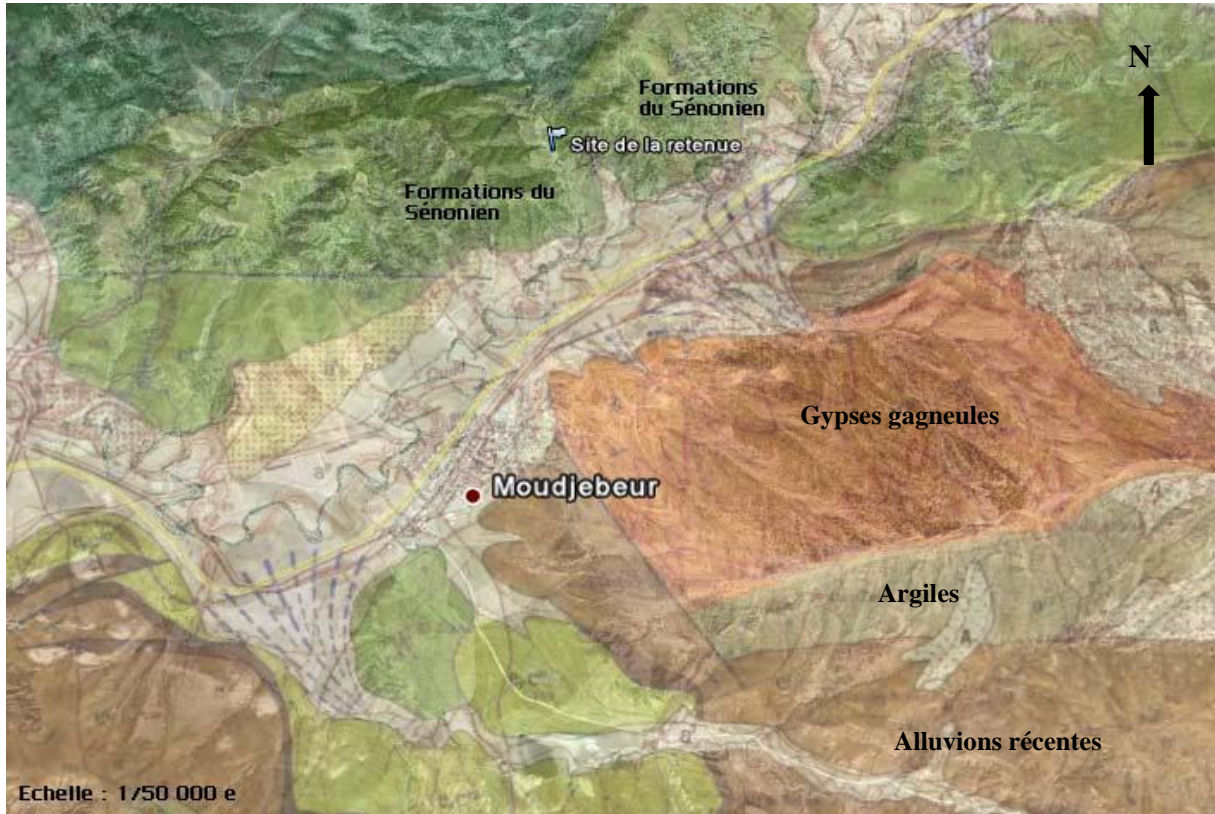


Figure 1.3: Formation de sénonien autour du site de la retenue (bureau d'étude ALEXTE).

1.3.2. Stratigraphie

La zone d'étude est représentée, en majeure partie par des dépôts **Néogènes** poste nappe et Quaternaires, discordants sur le substratum, d'âge crétacé. Le substratum du bassin de Médéa est constitué principalement par les terrains **Albiens** et **Cénomaniens**.

1.3.2.1. L'Albien

Il s'agit d'une formation marine franche comprenant des alternances de marnes et calcaires. Cette formation affleure sur les rives de l'oued Mérighén, situé au sud-ouest de la ville

de Médéa, elle est représentée par des bancs décimétriques de marnes compactes plus au moins calcaireuses brunâtres à la patine et grisâtres à la cassure, soulignées par des couches marneuses grisâtre feuilletées.

1.3.2.2. Le Cénomanién

Le faciès a été observé à l'ouest de Médéa (Draa Smar) il est constitué essentiellement par des calcaires grisâtres à stratifications apparentes.

1.3.2.3. Le Néogène

Il est représenté par deux cycles sédimentaires distincts :

- un cycle continental, d'âge **Cartenien** (Miocène inférieur)
- un cycle marin, d'âge **Helvétien** (Miocène moyen) et d'âge **Tortonien** (Miocène supérieur)

1.3.2.4. Le Quaternaire

Le quaternaire alluvial est représenté par les alluvions anciennes et récentes :

a. Les Alluvions anciennes

Les Alluvions anciennes de nature Argilo-gréseuse ; elles constituent les principaux fonds de ravins du Nador. Elles s'observent à l'ouest de Médéa. Aux environs de Draa-Smar, il s'agit essentiellement de galets assez bien calibrés de quelques centimètres de diamètre formant un ensemble de 25m d'épaisseur.

b. Les Alluvions récentes

Les Alluvions récentes peu étendues, elles sont distribuées le long des Oueds Mérrirène, Barraoura, aboucha, Boumia elles sont constituées en leur majeure partie par de gros blocs de grès calcaires et conglomérats.

c. Les Colluvions

Les Colluvions sur les pentes marneuses au pied du Djebel Nador par exemple: les affleurements sont masqués par une importante couche de matériel de collusion, il s'agit de blocs de grès, souvent de très grandes tailles enrobées dans une Argilo-sableuse.

1.3.3. Géomorphologie du site

La zone d'étude est liée au système montagneux de l'Atlas tellien. Le territoire se caractérise par un relief montagneux moyen avec des vallées entaillées. La structure tectonique joue un rôle prépondérant dans la morphologie de cette région. A l'allochtone correspondent des sommets élevés mais au relief assez mou et d'aspect anarchique. Par contre à l'autochtone créacé correspond des reliefs orientés est à ouest.

1.3.4. Géologie du site et de la cuvette

Plusieurs visites sur site ont été effectuées. Les lieux des sondages (Sc1 et Sc2) et des puits ont été matérialisés pour déterminer que l'axe de la digue ainsi que la cuvette sont dominés par des terrains du créacé supérieur, à savoir le sénonien. C'est une série épaisseurs de marnes grises contenant des minces bancs de calcaire gris à blanchâtres. A leur base, on rencontre de petits bancs de grés fins. Le sommet de la série termine par de nombreux bancs de calcaire crayeux jaunâtre, comme le montre la figure 1. 4 ci-après :

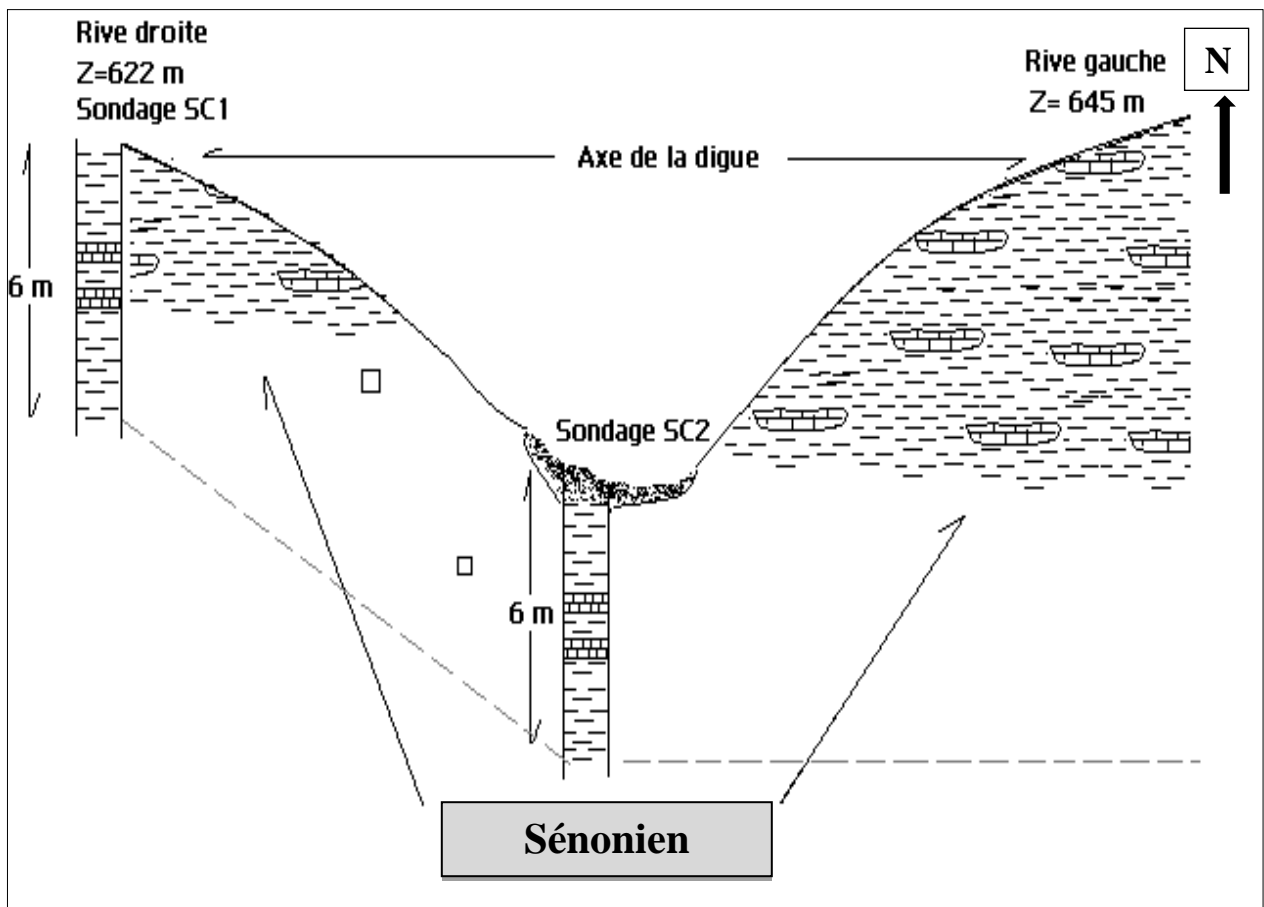


Figure 1.4 : Coupe géologique de l'axe de la digue (bureau d'étude ALEXTE)

1.3.4.1. Réalisation de trois puits dans le site de la retenue

D'après les trois puits réalisés, la zone est exclusivement dominée par les marnes du sénonien dont l'épaisseur dépasse les 100 m. Les trois puits sont représentés dans la figure 1.5 ci-après :



Figure 1.5 : Réalisation de trois puits dans le site de la retenue (bureau d'étude ALEXTE).

1.3.5. Tectonique de la région

La région Médéa apparaît à première vue comme assez peu tectonisée. Les grès de Médéa sont affectés localement par des accidents cassants forment au centre du plateau une surface subhorizontale ne dépassant pas 10° sur les bordures par contre :

- les couches sont plus ou moins redressés avec des pendages plus importants allant de 25° à 35° vers l'ouest ; pour des valeurs moindres à l'est de 8 à 12° . Les pendages sont dirigés vers le centre du bassin qui forme un synclinal dont l'axe est de direction NW-SE.
- au nord du bassin de Médéa, la ville occupe la partie centrale d'un synclinal orienté $N110^\circ$. La bordure NE du bassin, localisée à la rupture de pente avec des reliefs de l'Atlas Blidien, est affectée par plusieurs décrochements orientés $N30^\circ$ présentant des rejets horizontaux variant entre 50 et 100m. Ces rejets ont été observés dans les conglomérats de base du cycle m².
- à l'extrémité NW du bassin, le synclinal d'âge Miocène présente une orientation $N65^\circ E$. Il est limité au sud par la faille inverse d'Elgron. Cette dernière de 4km de longueurs est orientée $N80^\circ$; traduit un chevauchement vers le sud, de petites failles décrochantes dextre orientées $N50^\circ E$ à $N35^\circ E$ affectent ce synclinale.

– au centre du bassin ; le seuil d’Ouzera et l’anticlinal de Ben Chicao orientés N70°E donnent de petits bassins formés par les synclinaux de Kef el Akba et de Koudiat et Melouza orientés N150°E. L’anticlinal asymétrique du seuil d’Ouzera de direction N65° présente un pendage plus franc sur son flanc sud. Cet anticlinal est affecté par un important décrochement senestre N65° qui se suit sur 8 km. Le plongement de ce décrochement est vers le NE en direction de Blida correspond à la rupture de pente avec la bordure méridionale de l’atlas de Blida. La partie orientale du bassin ; correspond à la rupture d’El Omaria (ex champlain) et de l’ouled Brahim, les déformations dans les niveaux Miocènes correspondent à des plissements de faibles amplitudes.

1.3.6. Sismicité

Il est à souligner que la région de MEDEA se situe en zone sismique II (RPA, 2003) comme l’illustre la figure 1.6. De ce fait, il est impératif de tenir compte des nouveaux paramètres parasismiques établis par le CGS en 2003.

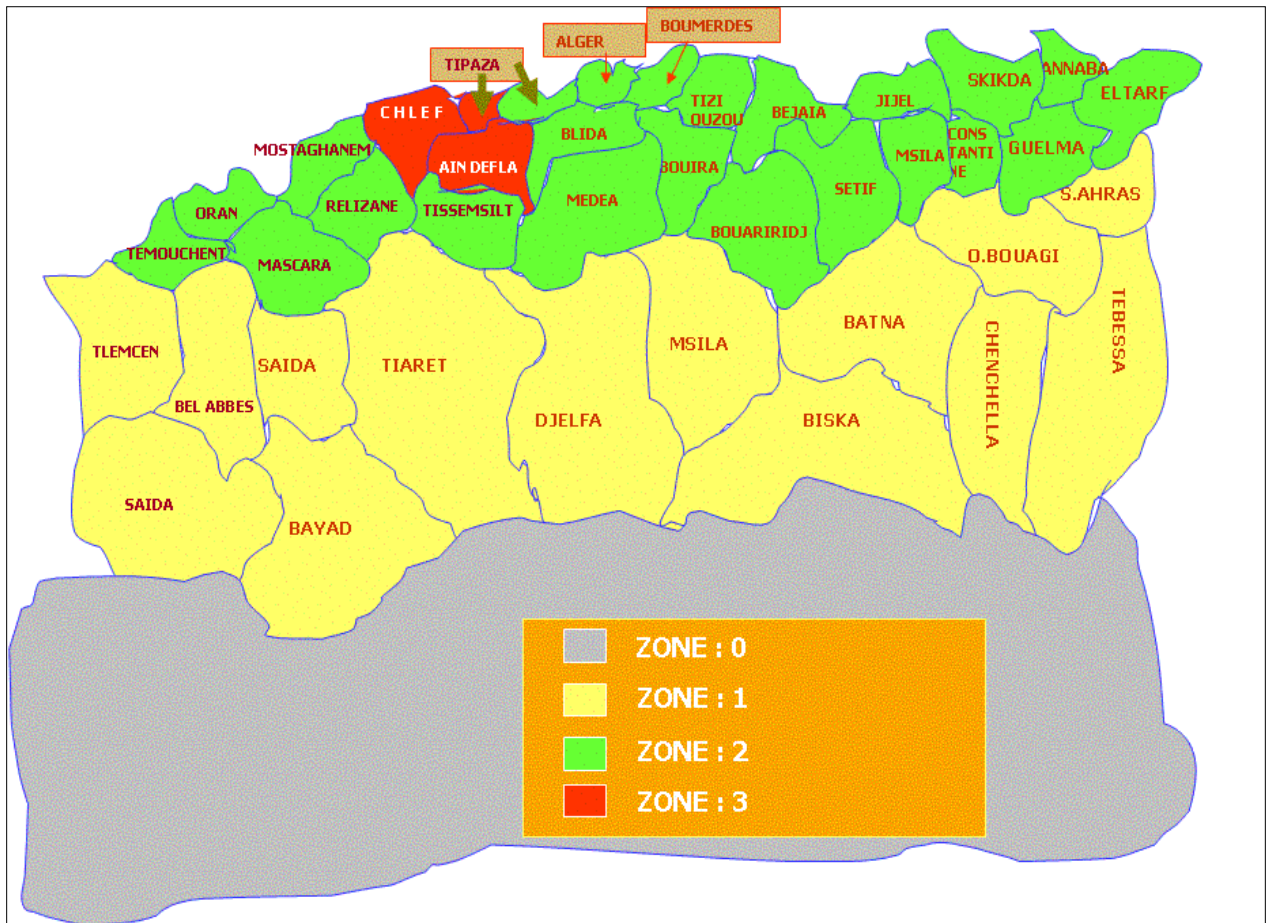


Figure 1.6 : Carte de zonage sismique du territoire national l’ADDENDA 2003 au RPA99

1.3.7. Réseau hydrographique

Le plateau de Médéa (900m d'altitude de moyenne) est allongé entre deux grands bassins versants :

- au Nord : le bassin versant de l'oued Chiffa alimenté par oued Sidi Ali et oued Mouzaia (moins de 500m d'altitude) ;
- et au Sud : le bassin versant de l'oued el Harch (moins de 600m d'altitude).

Le réseau hydrographique est dense sur les versants marneux. Il est presque inexistant sur le plateau gréseux. Le contour de ce dernier est raviné par des oueds formant des sous bassins versants secondaires. Ces derniers débutent par une crête principale à l'extrémité nord du plateau qui partage les eaux de surface en deux directions :

- la première vers le nord très penté où l'on trouve les sous bassins versants des Oueds Boulamia, Si Abdellah, Ben-attelli, Tigazine et N'sita appartenant au bassin versant de l'oued Chiffa ;
- et la deuxième vers le sud, moins pentée avec des sous bassins versants des oueds Aboucha, Barroua- Marrière-Belzouqui et Medjoune qui appartiennent au bassin versant de oued El-Harrach.

1.3.8. Hydrogéologie

Le plateau de Médéa est constitué par des grés perméables plus au moins sableux, d'épaisseur moyenne de 50m, reposant sur une formation marneuse imperméable. Les grés sont aquifères et alimentent les sources et les puits de la région ; des intercalations d'argiles dans la couche perméable donnent naissance à plusieurs petites nappes superposées :

1.3.8.1. Nappe des formations sableuses

Elle est localisée en quelques points à la surface du plateau, son substratum est constitué soit par des dalles gréseuses compactes, soit par des niveaux argileux.

1.3.8.2. Nappe des grés

Au sein des grés, l'existence de petits lits argileux, la faible porosité des grés font que la perméabilité de la roche est faible, la circulation se fait au niveau des fissures, diaclases et les joints de stratification qui favorisent l'accumulation des eaux souterraines cette circulation est rendue diffusée par l'existence des intercalations argileuses dans les grés constituante ainsi des

réserves d'eau. Lorsque l'eau atteint la base des grés, elle ruisselle à la surface des marnes compactes, toujours à la faveur des mêmes fissures et diaclases. Cette eau émergée sur les bords du plateau par des sources bien individualisées.

1.3.8.3. Nappe des éboulis

Lorsque le contact grés-marnes est marqué par des éboulis, l'eau s'infiltré au sein de ces derniers pour y constituer une nappe superficielle. Ces éboulis, généralement très étendus mais peu épais, sont en outre alimentés par l'infiltration des eaux météoriques.

1.4. Etude géotechnique

L'étude géotechnique consiste à établir une reconnaissance de la nature des sols et de leurs caractéristiques géologiques et géotechniques, à définir le degré d'attaque, à déterminer les mesures à prendre pour éviter l'agressivité du sol et de l'eau qu'il contient par rapport au béton, et à constater les risques naturels éventuels.

Les essais géotechniques ont été confiés au Laboratoire Nationale de l'Habitat et de la Construction (LNHC) Agence Koléa. Plusieurs visites sur site ont été effectuées pour matérialiser les lieux des sondages et des puits. Un programme géotechnique a été proposé et arrêté comme suit :

- 03 sondages carottés au niveau de l'axe de la digue. Les profondeurs des sondages sont de l'ordre de 7 mètres.
- Un essai Lugeon de perméabilité in situ.
- 03 puits de reconnaissance au niveau des zones d'emprunt.

N.B : Vue la difficulté d'accès à la rive gauche (Terrain accidenté), le sondage N°3 n'a pas été réalisé.

1.4.1. Interprétation des coupes lithologique

Les deux sondages carottés et les trois puits de reconnaissance ont été réalisés (plan d'implantation en annexe) dans le but de :

- dévoiler la nature du sol en profondeur ;
- fixer le niveau d'appui des fondations ;
- et effectuer des essais de laboratoire sur les échantillons prélevés.

La colonne lithologique qui a été établie est assez démonstrative, et les éléments constructifs du sous-sol y sont bien révélés. La description visuelle sur place, révèle que le terrain est constitué des formations présentées dans les coupes lithologiques sur les figures 1.7 et 1.8 pour les sondages et sur les figures 1.9, 1.10 et 1.11 pour les puits.

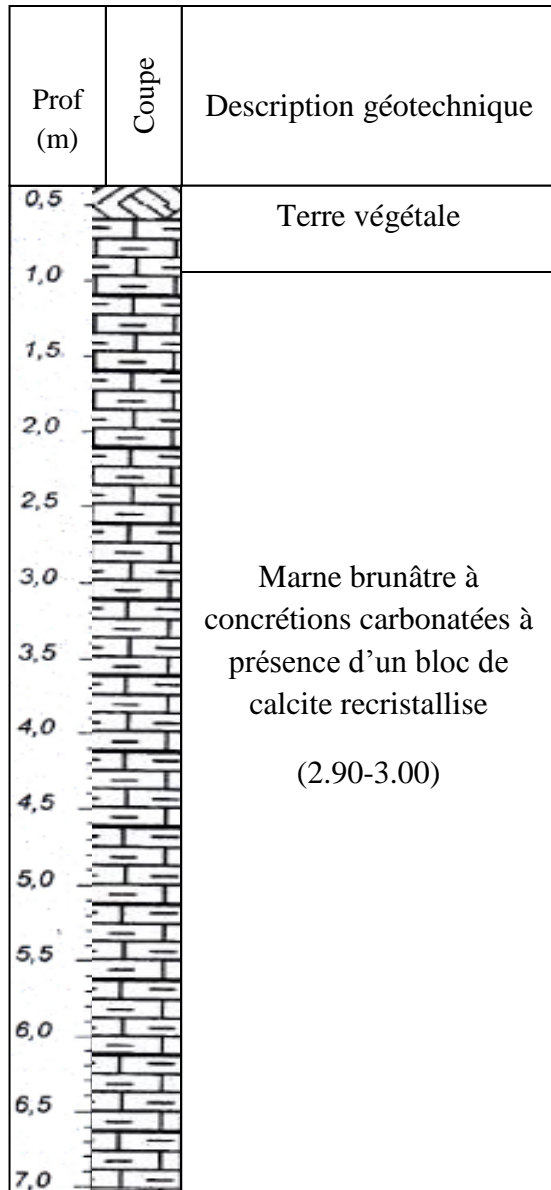


Figure 2.7 : Coupe lithologique de sondage N°1.

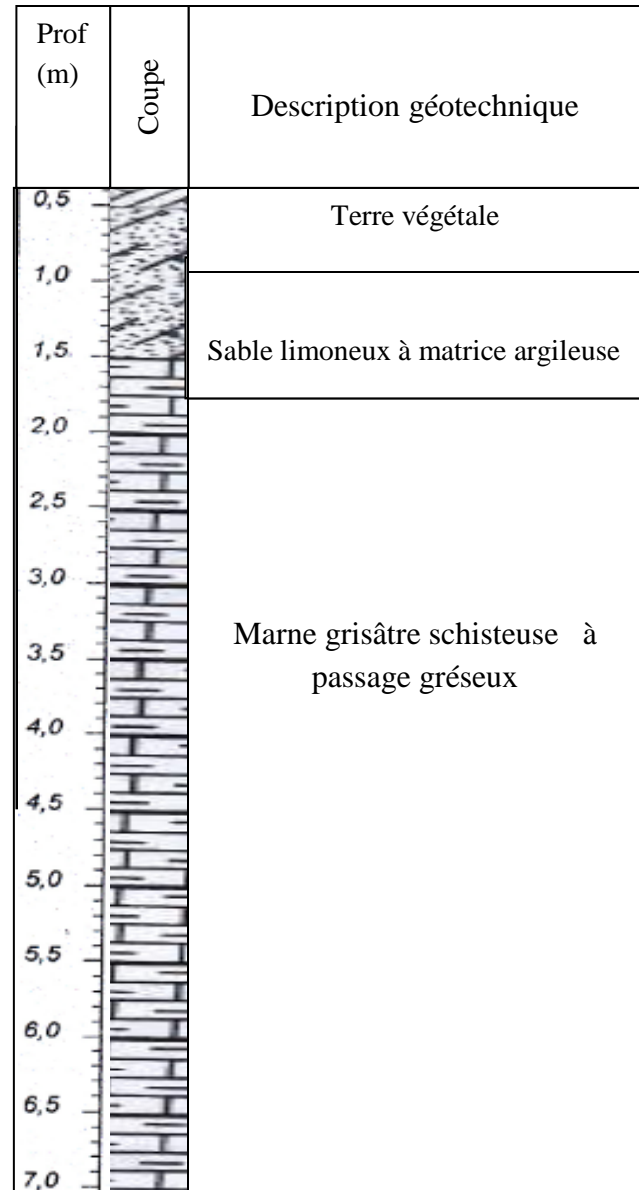


Figure 1.8 : Coupe lithologique de sondage N°2.

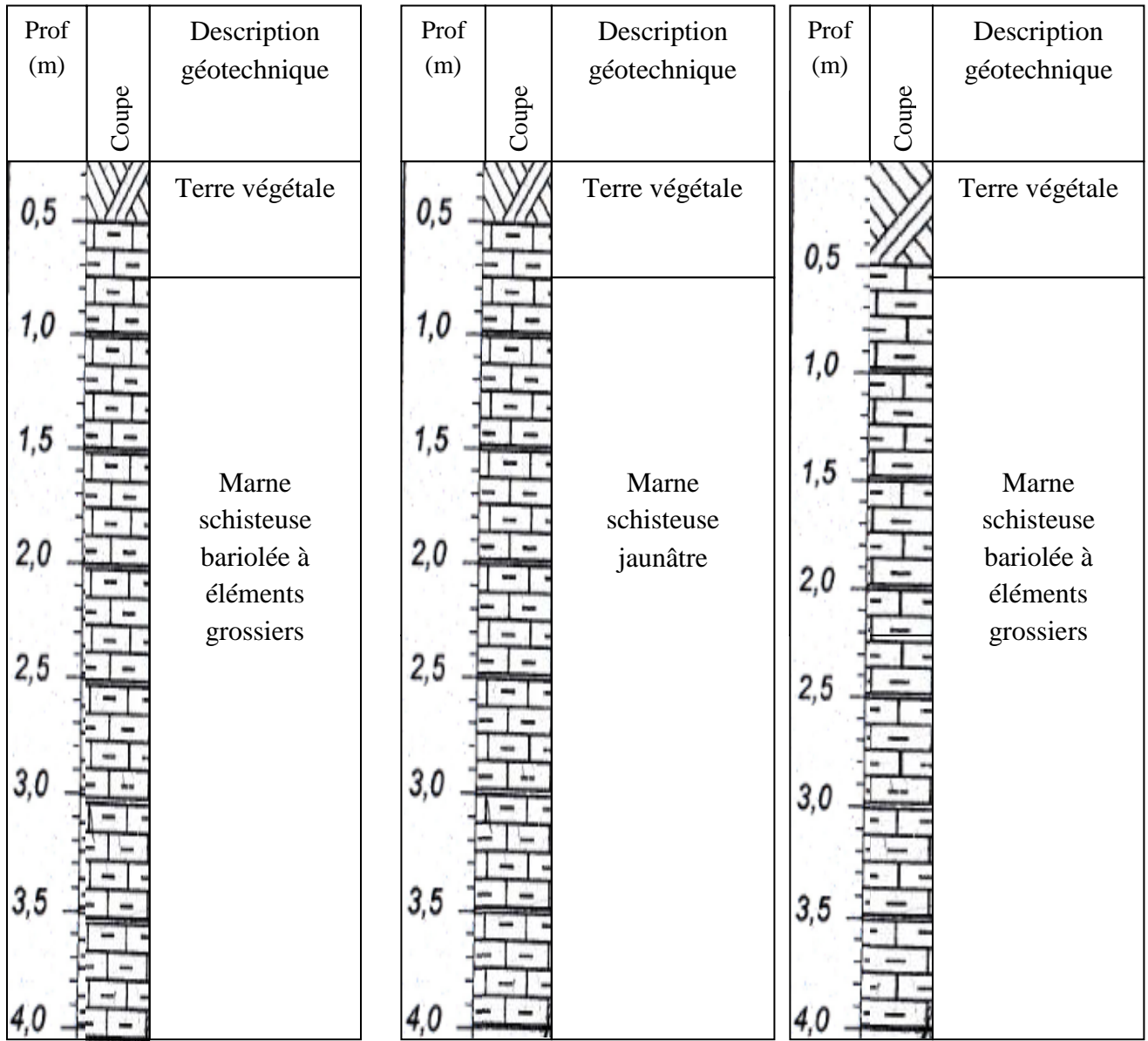


Figure 1.9:Coupe lithologique de puits 1. Figure 1.10:Coupe lithologique de puits 2. Figure1.11:Coupe lithologique de puits3.

Après l’analyse des figures 1.7, 1.8, 1.9, 1.10 et 1.11 nous pouvons dire que le substratum marneux est rencontré à partir d’une profondeur de 1.5 m. Donc la digue prendra assise sur la roche mère, après élimination et nettoyage de la couche superficielle.

1.4.2. Essais au laboratoire

Des échantillons intacts et remaniés ont été soumis aux essais suivants :

- essais d’identification physiques : (Teneur en eau W; densité γ , degré de saturation S) ;
- essais mécaniques : permettant la détermination des caractéristiques mécaniques du sol ;

– enfin à l'essai chimique.

1.4.2.1. Essais d'identification physique

a. Granulométrie

L'analyse granulométrique effectuée au niveau des deux sondages et des trois puits a pour but de déterminer la distribution et la répartition des grains constitutifs d'un sol par classe de taille suivant leur dimension. Elle s'effectue par :

- tamisage : (norme NF P94-056) pour les grains d'un diamètre supérieur à 80 μ m,
- sédimentométrie : (norme NF P94-057) pour les grains les plus fins.

Les résultats sont exprimés sous forme de courbes appelées courbes granulométriques (annexe 1) qui donne le pourcentage cumulé d'éléments de dimension inférieure à chaque diamètre. Les échantillons étudiés présentent 62 à 98% en fraction de diamètre inférieur à 80 μ m; ce qui dénote **un sol fin**. Comme c'est un sol fin, le site ne peut pas supporter des charges aussi importantes que le gravier ou le sable. Sa compressibilité est grande ; ce qui occasionne des tassements accrus. Quant à sa perméabilité elle est très faible.

b. Paramètres naturels

Pour trouver l'état de saturation de sol au niveau des sondages N°1 et N°2, on utilise la classification de **Terzagui** illustrée sur tableau 1.3 :

Tableau 1.3 : Etat de saturation de matériau (d'après Terzagui).

| Valeur du degré de saturation S_r (%) | Classification |
|---|-------------------|
| 100 | saturé |
| 76-99 | détrompé |
| 51-75 | mouillé |
| 26-50 | humide |
| 1-25 | Légèrement humide |
| 0 | sec |

Les résultats de l'essai sont représentés dans le tableau 1.4 suivant :

Tableau 1.4 : Etat de saturation de notre sol (d'après Terzagui)

| Sondage | S _c -01 | S _c -02 |
|---------------------------|--|--------------------|
| Echantillon | E1 | E1 |
| Profondeur | 2.3-2.8m | 2.3-2.5m |
| Nature | Marne brunâtre à concrétions carbonatées | Marne schisteuse |
| Densité sèche γ_d | 1.80 | 1.90 |
| Densité humide γ_h | 2.10 | 2.18 |
| Teneur en eau w_n | 16 | 15 |
| Degré de saturation S_r | 87 | 95 |

Les échantillons présentent des densités sèches moyennes. Celles-ci sont associées à des teneurs en eau moyennes. Les valeurs du degré de saturation relatent que le sol est dans un **état détrempe** selon la classification de Terzaghi. Ce qui veut dire que le sol est situé au-dessus de la nappe phréatique.

c. Limite d'Atterberg

Les différents états de consistance d'un sol fin sont caractérisés par la limite de plasticité W_p ; la limite de liquidité W_L et l'indice de plasticité I_p .

Cet essai est effectués au niveau des trois puits et les résultats obtenues sont extraits de l'annexe 2 et sont représentés dans le tableau 1.5 ci-après:

Tableau1.5 : Résultats de l'essai d'Atterberg.

| Puits | Puits 1 | Puits 2 | Puits 3 |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Echantillon | E1 | E1 | E1 |
| Profondeur | 4.00m | 4.00m | 4.00m |
| W_L | 40 | 48 | 47 |
| I_p | 23 | 30 | 26 |
| classification | Ap | Ap | Ap |

On remarque que la limite de liquidité $W_L > 30$ et l'indice de plasticité $I_p > 15$, donc notre sol est argileux conformément aux limites du tableau 1.6.

Tableau 1.6 : Limites d'atterberg.

| | Limite de liquidité (W_L) | l'indice de plasticité (I_p) |
|---------------|---|--|
| Sable | $W_L < 30$ | $I_p < 15$ |
| Limon | $20 < W_L < 30$ | $5 < I_p < 15$ |
| Argile | $W_L > 30$ | $I_p > 15$ |

D'après la classification de casagrande (abaque de l'annexe 2) basée sur le couple (I_p - W_L), il ressort que le sol en place s'intègre dans le domaine des **argiles peu plastiques (Ap)**. Un sol à l'état peu plastique à une moyenne teneur en eau.

1.4.2.2. Essais mécanique

Les essais mécaniques effectués au laboratoire sont :

- l'essai de cisaillement rectiligne (non consolidé non drainé) ;

- les essais de compressibilité ;
- l'essai de perméabilité ;
- l'essai Proctor normale ;
- et l'essai Lugeon.

a. Essais de cisaillement rectiligne

Cet essai est effectué seulement au niveau de sondage N°2. Il permet la détermination des caractéristiques intrinsèques qui sont la cohésion C_u et l'angle de frottement φ_u (annexe 3).

Les valeurs de C_u et φ_u sont illustrées dans le tableau 1.7 :

Tableau 1.7 : les résultats de l'essai de cisaillement rectiligne

| | |
|---|-------------------------|
| Sondage | S_{c-02} |
| Echantillon | E2 |
| Profondeur | 2.30-2.50m |
| Nature | Marne schisteuse |
| Cohésion C_u | 0.7 |
| Angle de frottement φ_u | 31.87 |

D'après les résultats obtenus, nous constatons que la formation (marne schisteuse) présente **une bonne résistance au cisaillement**. Autrement dit, les contraintes sont en équilibre et la résistance au cisaillement est suffisante pour assurer la stabilité de sol.

b. Essais de compressibilité à l'oedomètre

De l'analyse des résultats oedométrique effectués au niveau de sondage N°1 (annexe 4), nous constatons que la formation (marne brunâtre à concrétions carbonatées), en sa majeure partie, est **moyennement compressible**.

Les valeurs de la pression de consolidation P_c , l'indice de compressibilité C_c et coefficient de gonflement C_g obtenue en annexe 4 sont représentés dans le tableau 1.8 ci-dessous:

Tableau 1.8 : les résultats de l'essai de compressibilité à l'oedomètre

| | | |
|--------------------------------|----------------------------|--|
| Sondage | | Sc-01 |
| Echantillon paraffiné | | E1 |
| Profondeur en m | | 2.30-2.80m |
| Nature | | Marne brunâtre à concrétion carbonatée |
| Résultats oedométriques | P_c (bar) | 1.33 |
| | C_c (%) | 15.50 |
| | C_g (%) | 4.52 |

La valeur de la pression de consolidation (P_c), montre que le terrain est dans un état **sur consolidé** ; c'est-à-dire le sol est dans un état stable. En ce qui concerne le gonflement, la valeur de $C_g < 5$ met en évidence **un sol gonflant** avec une valeur de pression de **gonflement négligeable**, car il est soumis à une déformation élastique due à la cohésion de l'argile et le sol reprend sa forme si on enlève la charge.

c. Essais de perméabilité

Des échantillons de sondage N°1 ont été soumis à des analyses de perméabilité à l'oedomètre. Les résultats obtenus (annexe 5) sont récapitulés dans le tableau 1.9 ci-dessous :

Tableau 1.9 : Les résultats de l'essai de perméabilité

| Sondage | Profondeur (m) | pression | K (cm/s) |
|---------|----------------|----------|-----------|
| Sc01 | 2.30-2.80 | 0.675 | 1.983E-05 |
| | | 1.300 | 1.873E-05 |
| | | 2.550 | 1.312E-05 |
| | | 5.050 | 7.391E-06 |

Du point de vue perméabilité le problème ne se pose pas, vu la présence des formations de marne comme le confirme bien les valeurs du coefficient de perméabilité K.

d. Essais Proctor

Le principe de ces essais appliqué sur les trois puits consiste à humidifier un matériau à plusieurs teneurs en eau et à le compacter pour chacune d'elle, selon un procédé et une énergie conventionnels. Pour chacune des valeurs de teneur en eau considérées, on détermine la masse volumique sèche du matériau et on trace la courbe Proctor des variations de cette masse volumique en fonction de la teneur en eau (annexe 6). Les résultats de ces essais sont consignés dans le tableau 1.10 qui suit :

Tableau 1.10 : Les résultats de l'essai Proctor

| Puits | Puits 1 | Puits 2 | Puits 3 |
|-----------------|--|---------------------------|---------------------------|
| Echantillon | E1 | E1 | E1 |
| Profondeur | 4.00m | 4.00m | 4.00m |
| Nature | Marne schisteuse bariolée à éléments grossiers | Marne schisteuse bariolée | Marne schisteuse bariolée |
| W_{opt} | 11.4 | 14.9 | 15.1 |
| γ_{dmax} | 2.00 | 1.90 | 1.83 |

L'essai Proctor, détermine la densité maximale requise correspondant à une teneur en eau optimum, définie par l'énergie de compactage.

e. Essai Lugeon

L'essai de Lugeon est un essai en place réalisé dans le sondage N°1. Il s'applique au rocher et aux sols cohérents de résistance mécanique importante. Il est destiné à :

- évaluer la possibilité de circulation d'eau dans le sol (perméabilité) ;
- et déceler des hétérogénéités ou des fissurations.

Cet essai consiste à injecter de l'eau sous pression dans une cavité constituée d'une portion de forage de dimensions connues (figure 1.7) et à mesurer le débit d'injection pour différents paliers de pression pendant un temps donné.

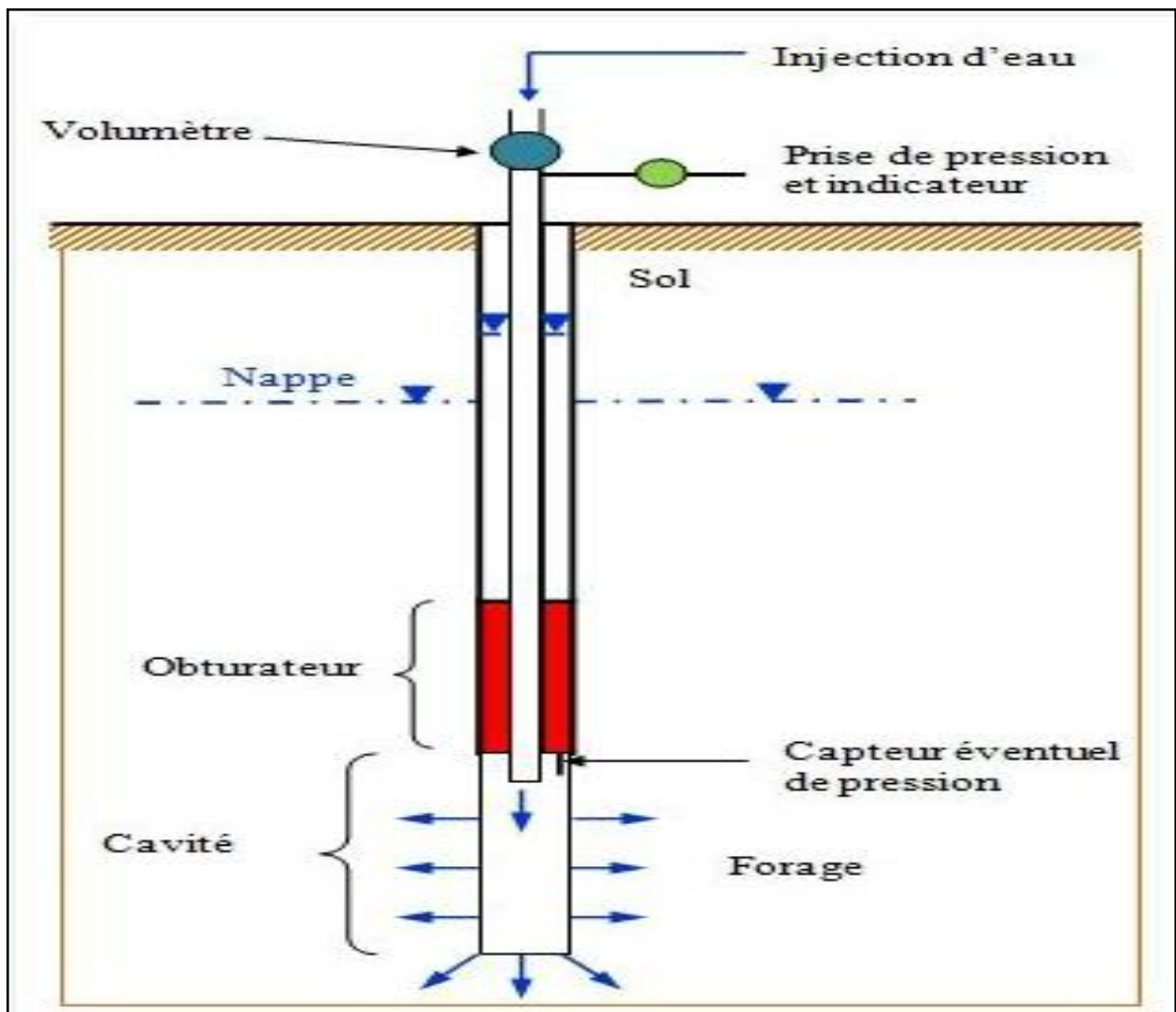


Figure 1.7: schéma du dispositif de l'essai Lugeon

Perméabilité Lugeon

Par définition : 1 Lugeon = débit de 1 litre par minute injecté dans un tronçon de forage de 1.00 m sous une pression de 1 MPa (10 bars), maintenue constante pendant 10 minutes. Si le débit ramené à 1 m de forage est de n litre/minute on dira que la perméabilité de la roche est de n Lugeons. La correspondante entre les deux unités les plus admises est :

$$1 \text{ Lugeon} \approx 10^{-5} \text{ cm/s}$$

Les résultats obtenus (annexe 7) sont donnés dans le tableau 1.11 qui suit:

Tableau 1.11 : Les résultats de l'essai de perméabilité Lugeon

| sondage | Profondeur de mesure | Pression de mesure (bars) | Unité Lugeon UL |
|---------|----------------------|---------------------------|-----------------|
| Sc 01 | 5.00-6.00 | 10 | 0.1 |

En comparant les résultats de tableau 1.11 à la classification de sol selon Lugeon (tableau 1.12), on conclut que la marne brunâtre à concrétions carbonatées à présence d'un bloc de calcite recristallisé est **impérméable**. Ainsi, en ce qui concerne la cuvette, il n'y a aucune recommandation à faire parce qu'il n'y a pas de probabilité de fuite vers les bassins voisins.

Tableau 1.12 : La classification de sol selon Lugeon

| Valeur en unité Lugeon | Classification |
|------------------------|--------------------|
| < 2 UL | Imperméable |
| 2 à 5 UL | Peu perméable |
| 5 à 20 UL | Perméable |
| >20 UL | Très perméable |

1.4.2.3. Analyse chimique

Des échantillons ont été soumis à des analyses chimiques concernant le potentiel d'ions agressifs vis-à-vis du béton. Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau 1.13 ci-après:

Tableau 1.13 : résultats de l'analyse chimique

| sondage | Profondeur en (m) | Sulfates (SO ₂) | Chlorures Cl | Carbonates CaCO ₃ | Matière organiques |
|------------|-------------------|-----------------------------|--------------|------------------------------|--------------------|
| SC1 | 2.30-2.80m | 0.40 | 0.05 | 32.80 | 0.48 |
| SC2 | 2.30-2.50m | 0.27 | 0.11 | 39.36 | 0.69 |

Selon la norme NFP 18 011 du 06/92, le sol analysé présente une agressivité faible vis-à-vis du béton

1.4.3. Matériaux de construction

La reconnaissance des matériaux d'emprunts pour la construction de la digue est importante. L'équipe de géologue prospecte les environs immédiats du site afin de rechercher des zones d'emprunts et prélever les matériaux potentiellement utilisables. Il existe de nombreux indices de matériaux de construction à proximité du site de la retenue, ils sont représentés sur la figure 1.8 ci-après :

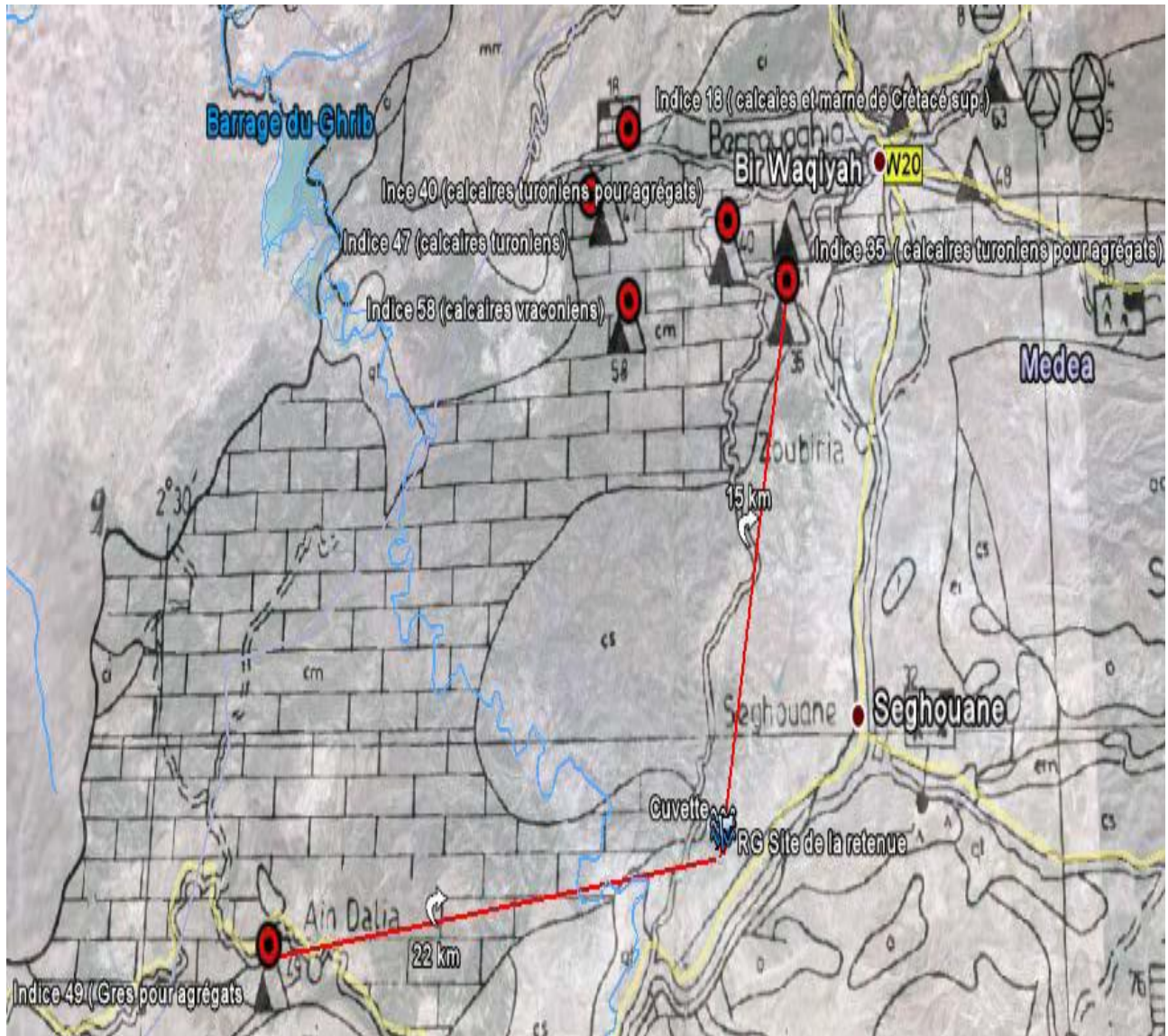


Figure 1.8 : Carte de situation des matériaux de construction à proximité du site de la retenue (rapport de Laboratoire Nationale de l'Habitat)

Tableau 1.14 : tableau récapitulatif des résultats d'essais de laboratoire

| N°Dossier: 109/2010 intitulé du projet | | RETENUE COLLINAIRE CHAABET THRID W.MEDEA | | | | |
|--|-------------------------------------|---|-----------|------|------|------|
| Sondage/puits | | S1 | S2 | P1 | P2 | P3 |
| Profondeur (m) | | 2.30-2.80 | 2.30-2.50 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |
| Densité sèche | $\gamma_d(t/m^3)$ | 1.8 | 1.9 | / | / | / |
| Teneur en eau pondérale | W (%) | 16 | 15 | / | / | / |
| Degré de saturation | Sr (%) | 87 | 95 | / | / | / |
| Densité humide | $\gamma_h(t/m^3)$ | 2.10 | 2.18 | / | / | / |
| Passants (%) | granulométrie | 5 mm | 99 | 100 | 98 | 100 |
| | | 2 mm | 97 | 100 | 83 | 93 |
| | | 0.08mm | 92 | 97 | 62 | 67 |
| | sédimentométrie | 20 μ m | 64 | 82 | 45 | 52 |
| | | 2 μ m | 20 | 44 | 15 | 18 |
| | Limites d'atterberg | W _L (%) | / | / | 40 | 48 |
| I _p | | / | / | 23 | 30 | 26 |
| LR(%) | | | | | | |
| Indice de consistance | I _c | | | | | |
| Equivalent de sable | E.S | | | | | |
| Poids spécifique | $\gamma_s(t/m^3)$ | | | | | |
| Résultats oedométrique | PC (bar) | 1.33 | / | / | / | / |
| | C _t | 15.50 | / | / | / | / |
| | C _g | 4.52 | / | / | / | / |
| Perméabilité | K (cm/s) | | | | | |
| Courbe de consolidation | E (bar) | | | | | |
| | C _v (cm ² /s) | | | | | |
| Gonflement libre | GL (bar) | | | | | |
| Références Proctor | $\gamma_{d\ max}(t/m^3)$ | | | 2.00 | 1.90 | 1.83 |
| | W _{opt} (%) | | | 11.4 | 14.9 | 15.1 |
| Indice C.B.R à 95% de l'OPM | I _{CRB} (%) | | | / | / | |
| Résistance à la compression | R.C.S (bar) | | | | | |
| Cisaillement rectiligne ou triaxial | Type d'essai | / | CU | / | / | / |
| | C (bar) | / | 0.7 | / | / | / |
| | ϕ (°) | / | 31.87 | / | / | / |

CONCLUSION

Sur la base des résultats d'études topographique, géologiques et géotechnique relative à la faisabilité de la retenue collinaire « Chaabet Thrid » sis à Média, nous concluons :

- Du point de vue topographie

Les principales caractéristiques du site d'implantation de la retenue sont énumérées dans le tableau ci-après

Tableau 1.15:Caractéristiques du site d'implantation.

| Paramètres | | Valeur | Unité |
|--|---|-----------|-----------|
| Coordonnées de l'exutoire (WGS84, UTM Zone 31N) | X | 484 456 | m |
| | Y | 3 980 700 | m |
| | Z | 619,7 | m |
| Cote minimale de l'axe de la digue | | 617,51 | m |
| Cote maximale de l'axe de la digue | | 673,22 | m |
| Dénivelé | | 55,71 | m |
| Nombre de points levés | | 3 148 | U |
| Superficie levée | | 16,24 | ha |
| Densité des points des stations Xi | | 194 | Points/ha |

– **Du point de vue géologie :** la description visuelle sur place, révèle que le terrain est constitué d'une couche superficielle de terre végétale (de 0.50m à 0.60m d'épaisseur), qui repose sur une formation marneuse brunâtre à concrétions carbonatées à présence de bloc de calcite recristallisé au droit du sondage 01 et elle est schisteuse au droit du sondage 02. Sauf au droit du sondage 02 nous signalons la présence d'une couche de sable limoneux d'un mètre d'épaisseur en surface.

– **Du point de vue géotechnique:** nous signalons que la formation marneuse présente une densité moyenne à élevée. Celle ci-est associée à des teneurs en eaux moyennes. Les valeurs du degré de saturation relatent que le sol est dans un état détrempe. Elle est moyennement compressible sur-consolidé est gonflante avec une pression de gonflement négligeable.

Des échantillons ont été soumis à des analyses chimiques concernant le potentiel d'ions agressif vis-à-vis du béton selon la norme NFP 18 011 du 06/92. Les résultats révèlent que le sol analysé présente une agressivité faible vis-à-vis du béton.

Après les études effectuées, nous concluons que la retenue collinaire est faisable dans le site prévu.

Introduction

L'étude du bassin versant, faisant l'objet de ce chapitre, a pour but de fournir les caractéristiques géomorphologiques, morphométriques, orographiques et hydrologiques nécessaires pour l'étude hydrologique.

2.1. Description du bassin versant

Un bassin versant est un territoire qui draine l'ensemble de ses eaux vers un exutoire commun figure 2.1. Il est limité par des frontières naturelles: les lignes de crêtes qui s'appellent aussi ligne de partage des eaux. L'exutoire d'un bassin est le point le plus en aval du réseau hydrographique par lequel passent toutes les eaux de ruissellement drainées par le bassin. Ces propriétés hydrologiques dépendent d'une part des conditions climatologiques et d'autre part des caractéristiques de ce dernier.

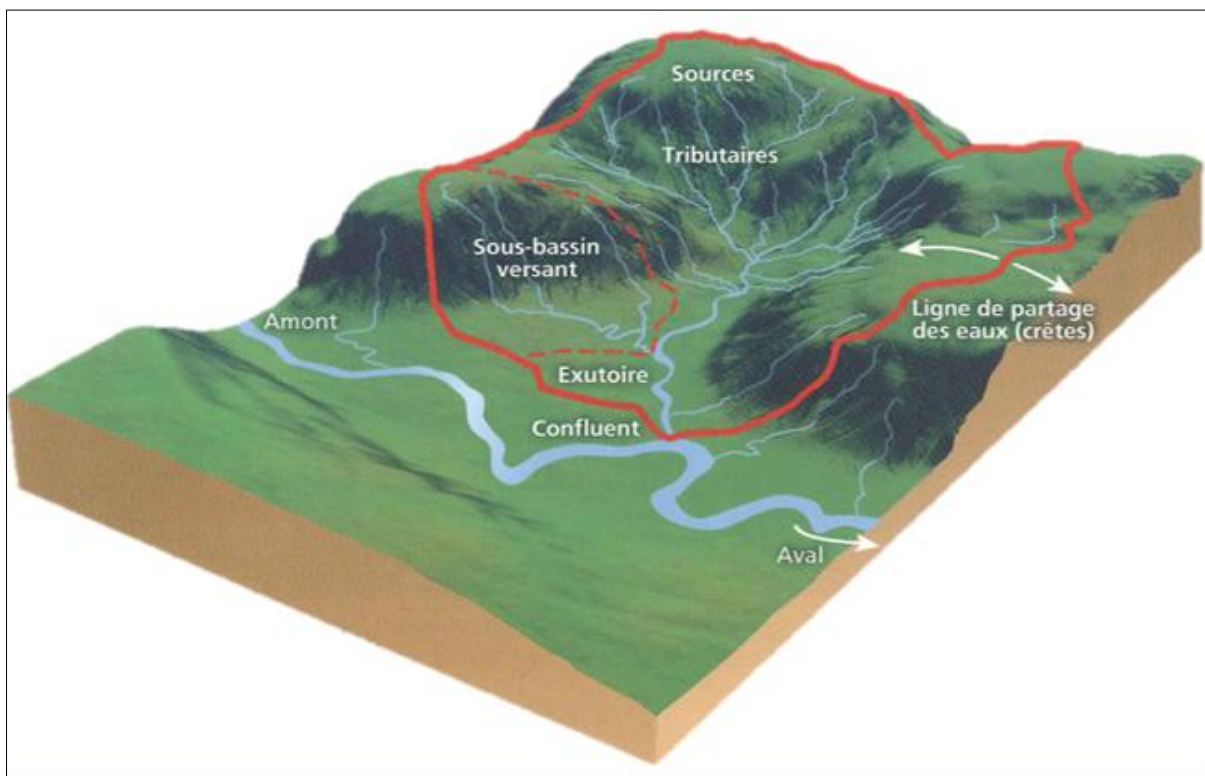


Figure 2.1: Schéma représentatif d'un bassin versant (Prof. André Musy, année 2005).

Notre bassin versant est délimité suivant les lignes de crêtes sur les cartes topographiques à l'échelle 1/25 000^e. Ces cartes sont scannées, calées, géo référencées puis assemblées sous forme de mosaïque afin de réaliser une continuité spatiale, à l'aide d'un logiciel « SIG » (Système d'information géographique), comme l'illustre la figure 2.2 ci-après :

2.2. Etude des caractéristiques du bassin versant

2.2.1. Caractéristiques géomorphologiques

2.2.1.1. Superficie

La surface du bassin versant, notée S , est l'aire géographique délimitée par les crêtes topographiques qui se rejoignent à l'exutoire. Elle présente le paramètre le plus important du bassin par ce qu'elle permet de contrôler l'intensité de plusieurs phénomènes hydrologiques, à savoir le débit, le volume des précipitations et les infiltrations...etc. La surface de l'oued Thrid est obtenue à partir de la base d'information topographique des cartes du 1/250 000 à l'aide d'un logiciel « SIG » (Système d'information géographique).

Nous obtenons la surface: $S = 13.88 \text{ km}^2$

2.2.1.2. Périmètre

Le périmètre, notée P_{BV} est défini par la ligne de crête formant le contour du bassin versant. Sa mesure est obtenue par le SIG (système d'information géographique):

$P_{BV} = 22.10 \text{ km}$

2.2.1.3. Altitudes du bassin versant

Les altitudes extrêmes (minimales et maximales) du bassin versant sont extraites de la carte INC à l'échelle du 1/25 000^e.

Ces altitudes sont :

- altitude maximale : $H_{\max} = 932,00 \text{ m}$
- et altitude minimale : $H_{\min} = 619,65 \text{ m}$

2.2.1.4. Longueur du thalweg principal

La longueur du cours d'eau principal, notée L , est la distance curviligne depuis l'exutoire jusqu'à la ligne de partage des eaux, en suivant toujours le segment d'ordre le plus élevé lorsqu'il y a un embranchement et par extension du dernier jusqu'à la limite topographique du bassin versant. Si les deux segments à l'embranchement sont de même ordre, on suit celui qui draine la plus grande surface.

Dans notre cas : $L = 8275 \text{ m}$.

2.2.1.5. Largeur moyenne du bassin versant

La largeur moyenne du bassin versant, notée l_{moy} , est calculée selon la relation suivante :

$$I_{moy} = \frac{S}{L} \dots \dots \dots (2.1)$$

Pour le bassin versant de l'Oued Thrid : $I_{moy} = \frac{13.88}{8275 \times 10^{-3}} = 1,68 \text{ km}$.

2.2.2. Caractéristiques morphométriques

2.2.2.1. Indice de compacité de GRAVELIUS

La forme d'un bassin versant joue un rôle important sur l'écoulement superficiel. Il existe différents indices morphologiques permettant de caractériser le milieu, mais aussi de comparer les bassins versants entre eux. Parmi ces indices, l'indice de compacité GRAVELIUS noté I_c . Il est important de le déterminer pour connaître les modalités des écoulements. Cet indice se détermine à partir d'une carte topographique en mesurant le périmètre du bassin versant et sa surface. Il est proche de 1 pour un bassin versant de forme quasiment circulaire et supérieur à 1 lorsque le bassin est de forme allongée, tel qu'illustré par la figure 2.3 ci-après

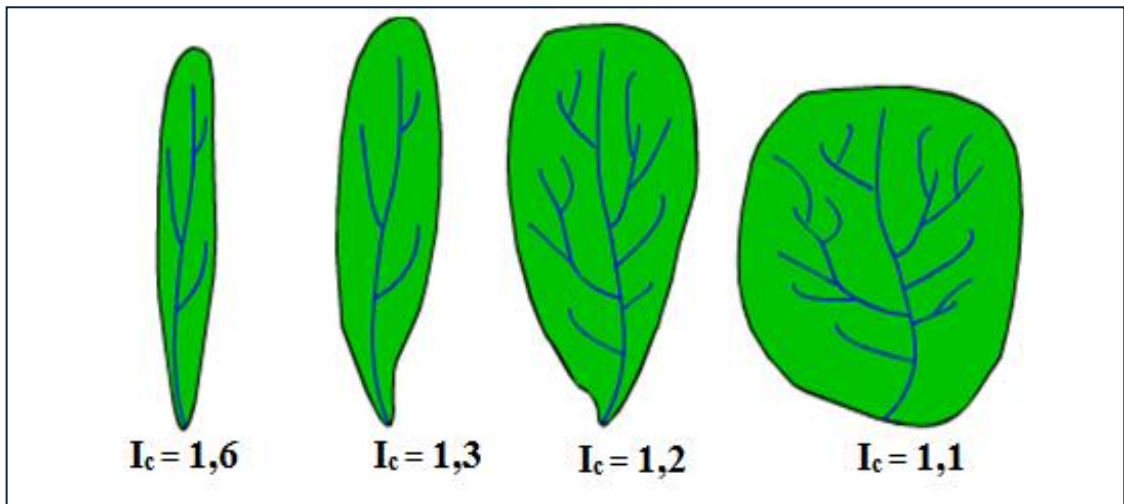


Figure 2.3 : Exemples d'indices de compacité(Prof. André Musy, année 2005).

Il est estimé selon la relation suivante :

$$I_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}} = 0,28 \frac{P}{\sqrt{S}} = 0,28 \frac{22,10}{\sqrt{13,88}} = 1,67 \dots \dots \dots (2.2)$$

L'indice de compacité est de 1.67, donc la forme du bassin versant de l'Oued Thrid est allongée.

2.2.2.2. Coefficient d'allongement

Le coefficient de forme noté C_a du bassin versant est obtenu à partir de la relation:

$$C_a = \frac{L^2}{S} \dots \dots \dots (2.3)$$

Pour le bassin versant de l'Oued Thrid : $C_a = \frac{(8275 \times 10^{-3})^2}{13.88} = 4,93$

2.2.2.3. Rectangle équivalent

Le rectangle équivalent est une transformation purement géométrique en raison d'assimiler le bassin versant à un rectangle ayant le même périmètre et la même superficie. Les dimensions (longueur et largeur) du rectangle équivalent sont déterminées comme suit :

Considérons l'équation de l'indice de GRAVELIUS :

$$I_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}} \implies p = I_c \frac{\sqrt{S}}{0,28} \dots\dots\dots (2.4)$$

En admettant que la longueur et la largeur du rectangle équivalent du bassin versant sont respectivement L et l, nous pouvons écrire :

$$p = 2 (L+l) \dots\dots\dots (2.5)$$

$$S = l \times L \dots\dots\dots (2.6)$$

En faisant l'égalité des relations (2.4) et (2.5), on obtient une équation du second degré qui s'écrit :

$$2L^2 - \frac{I_c \times \sqrt{S}}{0.28} L + 2S = 0$$

En substituant les paramètres de I_c et S par leurs valeurs nous obtenons l'équation ci-après :

$$2L^2 - 13.47 L + 6.56 = 0$$

Nous constatons que l'équation est du second degré et elle admet deux racines à savoir :

$$L_r = \frac{I_c \sqrt{S}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{I_c} \right)^2} \right) \dots\dots\dots (2.7)$$

$$l_r = \frac{I_c \sqrt{S}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{I_c} \right)^2} \right) \dots\dots\dots (2.8)$$

La Longueur et la largeur du Rectangle Equivalent du bassin versant de l'Oued Thrid sont respectivement de 9,612 et 1,438 km.

Conclusion : Les résultats de la longueur et de la largeur du bassin versant nous confirment bien la forme allongée de notre bassin versant.

Pour pouvoir dimensionner le rectangle équivalent, nous calculons les différentes largeurs entre les courbes de niveau, comme suit:

Tableau 2.1: Calcul des largeurs entre les courbes de niveau

| N° | Courbes de niveau | Surface Partielle Si | | Largeur entre les courbes de niveau |
|----|-------------------|----------------------|----------|-------------------------------------|
| | (m) | (km ²) | (%) | (km) |
| 1 | 900-932 | 0,072746 | 0,524296 | 0.051 |
| 2 | 850-900 | 0,871833 | 6,283481 | 0.61 |
| 3 | 800-850 | 3,280117 | 23,64048 | 2.29 |
| 4 | 750-800 | 4,212137 | 30,35774 | 2.94 |
| 5 | 700-750 | 3,715908 | 26,78132 | 2.59 |
| 6 | 650-700 | 1,57623 | 11,36022 | 1.099 |

La représentation de rectangle équivalent du bassin versant considéré est illustrée sur la figure 2.4 :

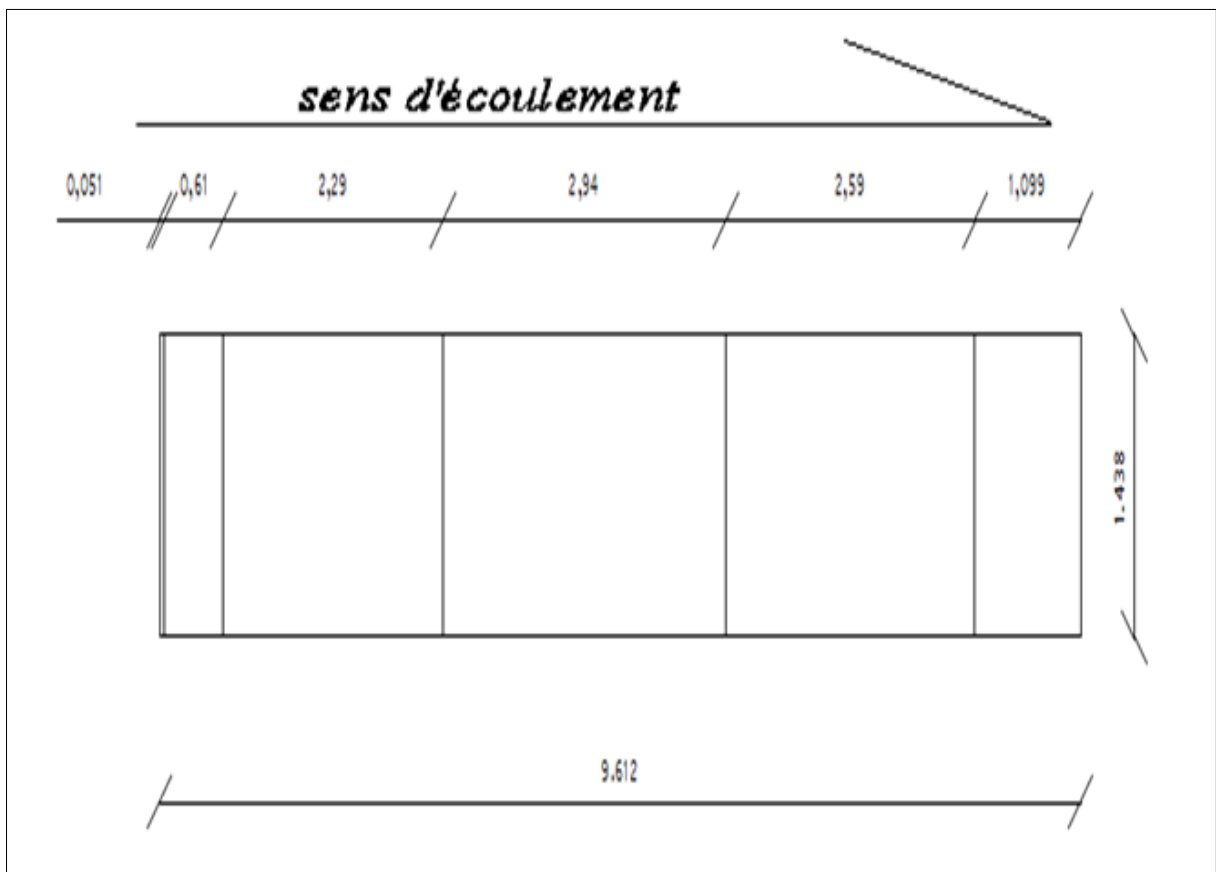


Figure 2.4 : Rectangle équivalent du bassin versant de l'oued Chaabet Thrid.

2.2.3. Caractéristiques orographique

Le relief et les caractéristiques physiques d'un bassin versant ont une forte influence sur l'hydrogramme de crue. Car une forte pente occasionne un écoulement aussi rapide en un temps de concentration très court et donc une montée plus rapide. Le relief se détermine au moyen d'indices ou de caractéristiques tels que : la courbe hypsométrique, l'indice de pente M.ROCHE, l'indice de pente moyenne et l'indice de pente globale.

2.2.3.1. Courbe hypsométrique

La courbe hypsométrique fournit une vue synthétique de la pente du bassin, donc du relief. Cette courbe représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude. Elle exprime ainsi la superficie du bassin, au-delà d'une certaine altitude.

Le but recherché, est la détermination de la classe de relief et la hauteur moyenne. Les résultats des coordonnées de la courbe hypsométrique sont donnés dans le tableau 2.2 ci-dessous :

Tableau 2.2: Coordonnées de la courbe hypsométrique.

| N° | Courbes de niveau | | Surface Partielle(S _i) | | Surface cumulées des (S _i) |
|----|-------------------|-----|------------------------------------|----------|--|
| | (m) | | (km ²) | (%) | (%) |
| 1 | 900 | 932 | 0,072746 | 0,524296 | 0,524296 |
| 2 | 850 | 900 | 0,871833 | 6,283481 | 6,807777 |
| 3 | 800 | 850 | 3,280117 | 23,64048 | 30,44826 |
| 4 | 750 | 800 | 4,212137 | 30,35774 | 60,806 |
| 5 | 700 | 750 | 3,715908 | 26,78132 | 87,58732 |
| 6 | 650 | 700 | 1,57623 | 11,36022 | 98,94754 |

La courbe hypsométrique est obtenue à partir des résultats de calcul du tableau 15 ci-dessus. Les surfaces partielles cumulées en % sont portées sur l'axe des abscisses, et les altitudes correspondantes sur les ordonnées, comme le montre la figure 2.5 ci-après :

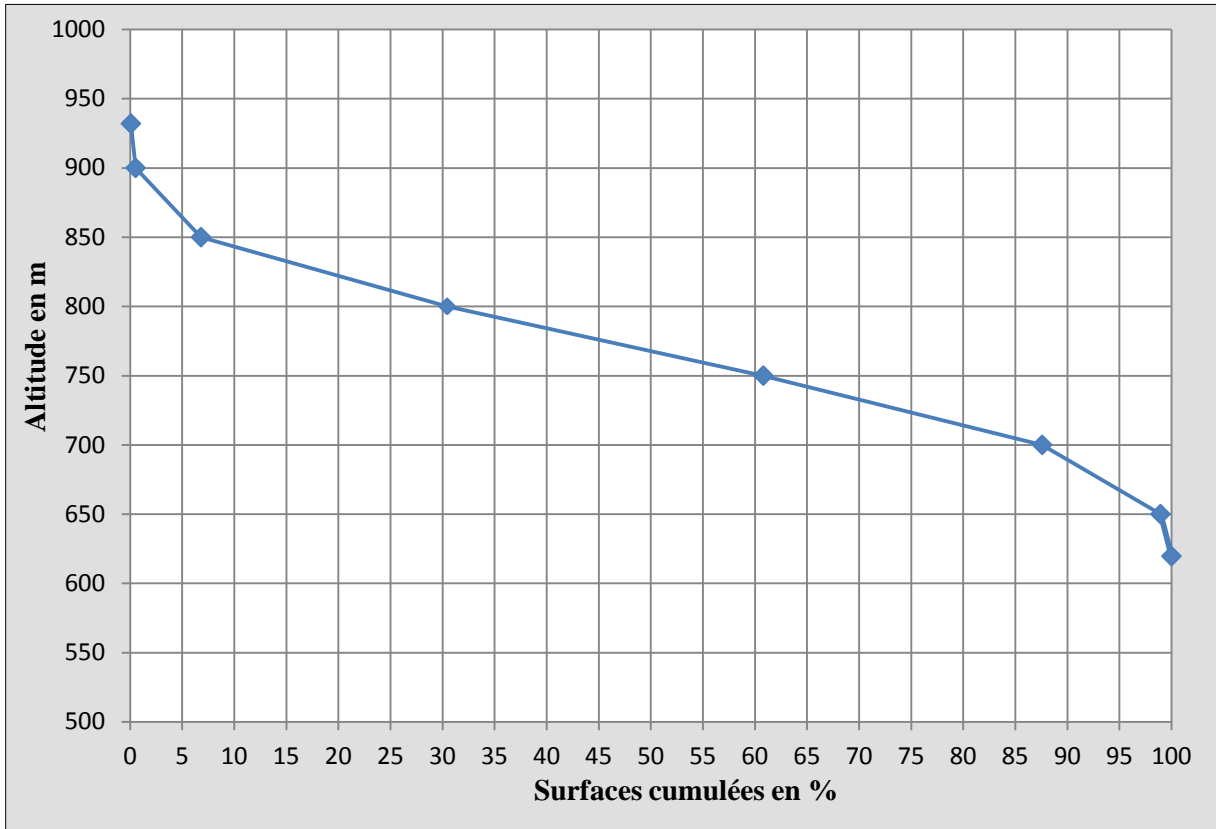


Figure 2.5 : Courbe hypsométrique du bassin versant de l'oued Thrid

De cette courbe sont extraites les altitudes caractéristiques à 5 et à 95 % servant à évaluer la pente moyenne du thalweg principal, et autres paramètres hydrologiques,

- L'altitude $H_{5\%} = 887\text{m}$
- L'altitude $H_{95\%} = 698\text{ m}$

2.2.3.2. Altitude moyenne

L'altitude moyenne se déduit directement de la courbe hypsométrique ou de la lecture d'une carte topographique. Comme on peut la calculer à l'aide de l'expression ci-après:

$$H_{\text{moy}} = \frac{\sum S_i \times \bar{H}_i}{S} \dots\dots\dots (2.9)$$

Avec : S étant surface bassin versant

S_i : Surface partielle

H_i : Altitude moyenne entre deux courbes de niveau

Les valeurs de S_i et \bar{H}_i sont représentées dans le tableau 2.3 ci-après :

Tableau 2.3 : Détermination de l'altitude moyenne

| N° | Courbes de niveau(m) | Altitude moyenne entre deux courbes de niveau \bar{H}_i (m) | surface partielle S_i (km ²) | $\bar{H}_i \times S_i$ (km ²) |
|----|----------------------|---|--|---|
| 1 | 900-932 | 916 | 0,072746 | 66,635336 |
| 2 | 850-900 | 875 | 0,871833 | 762,853875 |
| 3 | 800-850 | 850 | 3,280117 | 2788,09945 |
| 4 | 750-800 | 775 | 4,212137 | 3264,40618 |
| 5 | 700-750 | 725 | 3,715908 | 2694,0333 |
| 6 | 650-700 | 675 | 1,57623 | 1063,95525 |

L'altitude moyenne du bassin versant de l'Oued Thrid est de 716 m.

2.2.3.3. Calcule des indices de pente

Le but de ces indices est de caractériser les pentes d'un bassin versant et de permettre des comparaisons et des classifications. Les indices de pente se déterminent à partir de la connaissance de la répartition hypsométrique sur le bassin. Ces indices sont : l'indice de pente M.ROCHE, l'indice de pente globale et l'indice de pente moyenne.

a. Indice de pente M.ROCHE

C'est un indice noté I_r un peu artificiel qui rend bien compte l'influence du facteur pente sur le régime hydrologique du bassin. Il se détermine sur le rectangle équivalent. Cet indice est la moyenne de la racine carrée des pentes mesurées sur le rectangle équivalent, et pondérée par les surfaces comprises entre deux courbes de niveau H_i et H_{i-1} . Il est donné par la formule suivante :

$$I_r = \frac{\sum(a_i \times D_i)^{1/2}}{\sqrt{L_r}} \dots \dots \dots (2.10)$$

Avec a_i : surface partielle comprise entre deux courbes de niveau consécutives H_i et H_{i-1}

D_i : différence entre H_i et H_{i-1}

L_r : longueur du rectangle équivalent

Tableau 2.4 : Détermination de la pente de Roche Ir.

| N° | Courbes de niveau | $D_i=H_i - H_{i-1}$ | surface partielle S_i | $a_i = \frac{S_i}{S}$ | $\sqrt{a_i \times D_i}$ |
|----|-------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | (m) | (m) | (km^2) | (%) | |
| 1 | 900-932 | 32 | 0,072746 | 0,524106628 | 4,095291455 |
| 2 | 850-900 | 50 | 0,871833 | 6,281217579 | 17,72176286 |
| 3 | 800-850 | 50 | 3,280117 | 23,63196686 | 34,37438498 |
| 4 | 750-800 | 50 | 4,212137 | 30,34680836 | 38,95305402 |
| 5 | 700-750 | 50 | 3,715908 | 26,77167147 | 36,58665841 |
| 6 | 650-700 | 50 | 1,57623 | 11,35612392 | 23,82868431 |

On obtient : $L_r=1.58$

b. Indice de pente globale

Cet indice noté I_g permet de déduire la nature du relief en se référant à la classification de l’O.R.S.T.O.M (tableau 2.5).S’exprime par le rapport de la différence des altitudes des fréquences à 5% et à 95% sur la longueur du rectangle équivalent du bassin versant :

$$I_g = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L_r} \dots\dots\dots (2.11)$$

On aura $I_g = \frac{887 - 698}{9.612} = 19.66m/km = 0.196 \%$

Avec $H_{5\%}$ et $H_{95\%}$ sont obtenus à partir de la courbe hypsométrique.

L’indice de pente global du bassin versant est de 0.196%. D’après la classification de l’O.R.S.T.O.M (Tableau 2.5), le bassin versant à un relief très fort.

Tableau 2.5 : Variation de l’indice de pente global d’après l’O.R.S.T.O.M

| | | |
|---|---------------------|-----------------------|
| 1 | Relief très faible | $I_g < 0.002$ |
| 2 | Relief faible | $0.002 < I_g < 0.005$ |
| 3 | Relief assez faible | $0.005 < I_g < 0.01$ |
| 4 | Relief modéré | $0.01 < I_g < 0.02$ |
| 5 | Relief assez fort | $0.02 < I_g < 0.05$ |
| 6 | Relief fort | $0.05 < I_g < 0.1$ |
| 7 | Relief très fort | $0.1 < I_g$ |

Cet indice de pente global sert à classer le relief d’un bassin, mais pour permettre une comparaison plus efficace et plus poussée du bassin, du point de vue relief, il convient de calculer la dénivelée spécifique.

❖ **Dénivelé spécifique Ds**

Puisque l'indice de pente globale décroît pour un même bassin, lorsque la surface augmente, il était donc difficile de comparer des bassins de tailles différentes. La dénivelée spécifique Ds ne présente pas cet inconvénient. Elle se calcul en fonction de l'indice de pente global comme suit :

$$D_s = I_g \times \sqrt{S} \dots\dots\dots (2.12)$$

La dénivelé spécifique Ds = $19.53 \times \sqrt{13.88} = 72.76 \text{ m}$

D'après la classification de l'O.R.S.T.O.M, la dénivelée spécifique du bassin versant se trouve dans la classe R4 : donc Relief modéré.

Tableau 2.6 : Classification de l'O.R.S.T.O.M du relief

| | | |
|----|---------------------|--------------|
| R1 | Relief très faible | DS<10m |
| R2 | Relief faible | 10m<DS<25m |
| R3 | Relief assez faible | 25m<DS<50m |
| R4 | Relief modéré | 50m<DS<100m |
| R5 | Relief assez fort | 100m<DS<250m |
| R6 | Relief fort | 250m<DS<500m |
| R7 | Relief très fort | DS>500m |

c. Indice de pente moyenne

L'indice de pente moyenne noté I_m est le rapport entre la différence des altitudes maximales et minimales et la longueur du rectangle équivalent du bassin versant :

$$I_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{L_r} \dots\dots\dots (2.13)$$

$I_m = \frac{932 - 619.65}{9.612} = 32.49 \text{ m/km}$

On obtient : $I_m = 32.49 \text{ m/km} = 0.325 \%$

Nous pouvons dire que le bassin versant de l'oued Thrid a une faible pente.

2.2.3.4. Temps de concentration

Le temps de concentration (T_c) est le temps mis par une goutte d'eau tombée au point le plus éloigné hydrauliquement du bassin versant pour se rendre à l'exutoire.

Il est évalué avec la formule de Giandotti :

$$T_c = \frac{4 \times \sqrt{S} + 1.5 L}{0.8 \sqrt{h}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Avec h : la différence entre H_{moy} et H_{min} .

Le temps de concentration de notre étude est évalué à 3.48h.

2.2.4. Caractéristiques hydrologiques

2.2.4.1. Réseau hydrographique

On désigne par réseau hydrographique un ensemble hiérarchisé et structuré de chenaux qui assurent le drainage superficiel permanent ou temporaire d'un bassin versant ou d'une région donnée. Les paramètres qui caractérisent la forme du réseau hydrographique sont :

- la densité de drainage;
- la densité des thalwegs élémentaires ;
- et le coefficient de torrentialité.

Pour leur détermination, on procède à une classification des cours d'eau par ordre, et pour l'ordre 1, on a déterminé le nombre de talwegs et la longueur totale du réseau hydrographique. En premier lieu on trace le plan du chevelu hydrographique complet du bassin versant avec le SIG sous le logiciel Map info, puis on le transporte vers AUTO CAD, pour procéder ensuite à la classification des talwegs (figure 2.6). Il existe plusieurs méthodes de classification, la méthode qu'on a utilisée est celle de HORTON. Elle est basée sur la classification des différents cours d'eau selon leurs importances:

- Tout cours d'eau dépourvu de tributaires est d'ordre un.
- Le cours d'eau formé par la confluence de deux cours d'eau d'ordre différent prend l'ordre d'ordre plus élevé des deux.
- Le cours d'eau formé par la confluence de deux cours d'eau du même ordre est augmenté de un.
- On attribue à un BV l'ordre de son cours d'eau principal. Même chose pour les sous bassins versants.

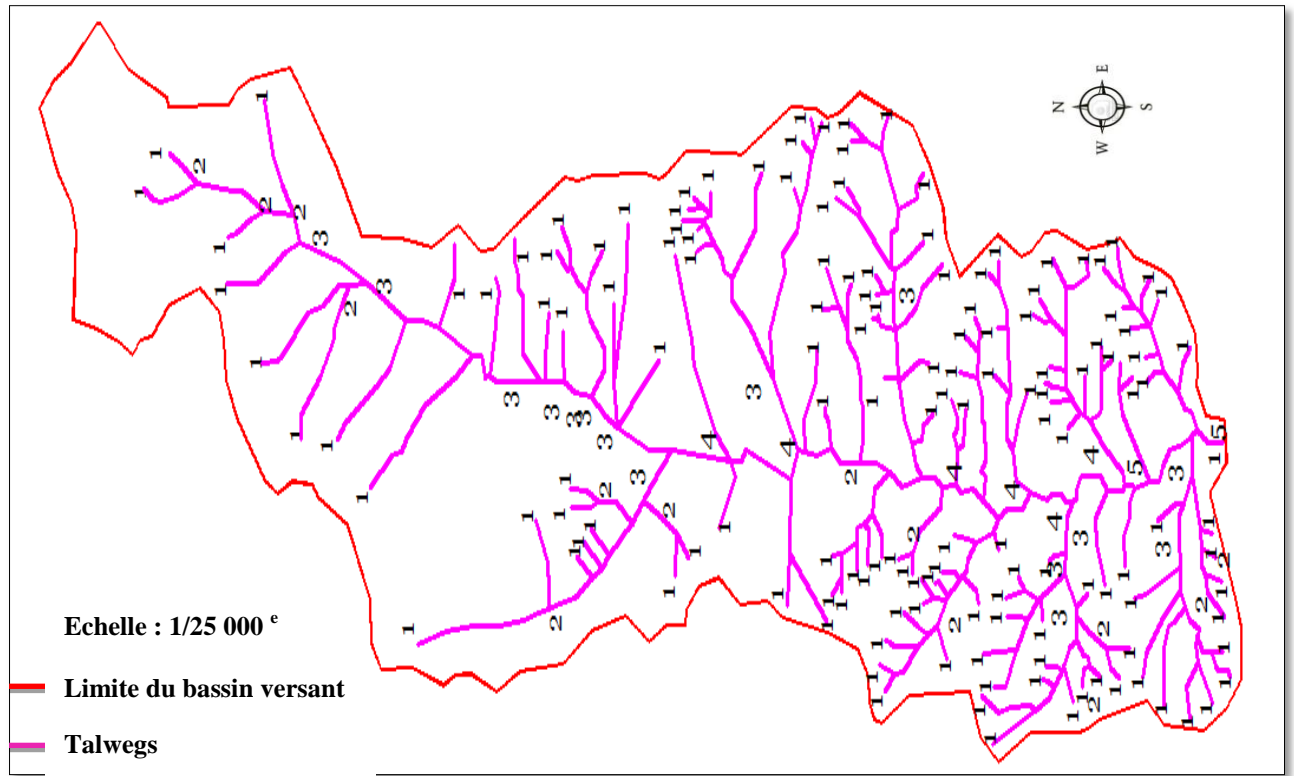


Figure 2.6: Réseau hydrographique du bassin versant.

2.2.4.2. Densité de drainage Dd

La densité de drainage, introduite par Horton, est le rapport entre la longueur totale de réseau hydrographique et la superficie du bassin versant. On le calcule comme suite :

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{S} \dots\dots\dots (2.15)$$

La somme des longueurs totales du réseau hydrographique est calculée à l'aide du logiciel Map info : $\sum L_i = 56.22258 \text{ km}$

La densité de drainage $D_d = \frac{56.22258}{13.88} = 4,05 \text{ Km/km}^2$

2.2.4.3. Densité des thalwegs élémentaires F₁

La densité des thalwegs élémentaires est le rapport entre le nombre de thalwegs d'ordre 1 et la surface du bassin versant. Elle est donnée par la formule suivante :

$$F_1 = \frac{\sum N_1}{S} \dots\dots\dots (2.16)$$

N_1 : Nombre de thalwegs d'ordre 1, $N_1 = 148$, ce qui donne :

$$F_1 = \frac{148}{13.88} = 10,66 \text{ km}^{-2}$$

2.2.4.4. Coefficient de torrentialité C_t

Le coefficient de torrentialité est le produit entre la densité de drainage et la densité des thalwegs élémentaires d'ordre 1. Il est défini comme suit :

$$C_t = D_d \times F_i \dots \dots \dots (2.17)$$

Dans notre cas $C_t = 4.05 \times 10.66 = 43.147$

Conclusion

En conclusion de ce chapitre nous récapitulons toutes les caractéristiques de notre bassin versant dans le tableau 2.7 qui suit pour les besoins de calcul aux chapitres prochains

Tableau 2.7 : Récapitulatif des caractéristiques du bassin versant

| paramètre | résultats | unité |
|--------------------------------------|-----------|---------------------|
| superficie | 13.88 | km ² |
| périmètre | 22.10 | km |
| Altitude maximale | 932 | m |
| Altitude minimale | 619.65 | m |
| Altitude moyenne | 716 | m |
| Indice de compacité de Gravelius | 1.67 | |
| Indice de pente de roche | 1.98 | % |
| Indice de pente globale | 0.195 | % |
| Indice de pente moyenne | 0.32 | % |
| Longueur de rectangle équivalent | 9 676 | m |
| Largeur de rectangle équivalent | 1 434 | m |
| Longueur de l'oued principale | 8275 | m |
| Le temps de concentration | 3.48 | h |
| La densité de drainage | - | km/ km ² |
| La densité des thalwegs élémentaires | - | km ⁻² |
| Le coefficient de torrentialité | - | - |
| Coefficient d'allongement | 6.75 | - |

Introduction

Dans ce chapitre, nous nous intéressons à l'étude des conditions climatiques du bassin versant Chaabet Thrid qui joue un rôle capital dans le comportement hydrologique des cours d'eau. Pour ce faire, nous nous sommes servis des informations de 15 stations climatiques se trouvant sur le territoire de Médéa extraites de la monographie de (Seltzer). Celles-ci sont représentées dans le tableau 3.1. Pour les besoins de notre étude climatique nous nous sommes limités à la station de Berrouaghia qui est la plus proche du site de notre retenue Chaabet Thrid.

Tableau 3.1 : Identification des stations climatologiques dans la wilaya de Médéa.

| N° | n° Seltzer (carte) | Station | Longitude Greenwich | Latitude N | Altitude | Emplacement | Période d'observat. |
|----|--------------------|--------------|---------------------|------------|----------|--------------------|---------------------|
| 1 | 8 | Aïn-Boucif | 3°10' E | 35°54' | 1 250 | Commune mixte | 1922-1938 |
| 2 | 56 | Ben-Chicao | 2°51' E | 36°12' | 1 129 | Gare | 1913-1938 |
| 3 | 61 | Béni-Slimane | 3°18' E | 36°14' | 600 | D.de Béni-Slimane | 1920-1938 |
| 4 | 63 | Bernelle | 6°0' E | E 35°39' | 1 050 | Maison Cantonnière | 1919-1938 |
| 5 | 64 | Berrouaghia | 2°55' E | 36°8' | 928 | Gare | 1913-1938 |
| 6 | 68 | Bir-Rabalou | 3°35' E | 36°16' | 642 | Maison Cantonnière | 1914-1938 |
| 7 | 73 | Boghar | 2°43' E | 35°55' | 910 | Hôpital Militaire | 1913-1934 |
| 8 | 74 | Boghari | 2°45' E | 35°54' | 610 | Maison Cantonnière | 1914-1937 |
| 9 | 93 | Brazza | 2°54' E | 36°4' | 745 | Village | 1914-1938 |
| 10 | 131 | Deux-Bassins | 3°18' E | 36°28' | 900 | Maison Forestière | 1931-1938 |
| 11 | 203 | Letourneux | 2°23' E | 35°55' | 1 150 | Mairie | 1914-1938 |
| 12 | 216 | Médéa | 2°45' E | 36°16' | 928 | Hôpital Militaire | 1913-1916 |
| 13 | 234 | Mongorno | 2°51' E | 36°7' | 950 | Maison Cantonnière | 1914-1938 |
| 14 | 303 | Tablat | 3°19' E | 36°24' | 450 | Village | 1920-1935 |
| 15 | 353 | Ghrib | 2°34' E | 36°10' | 435 | Barrage | 1929-1941 |

3.1. Etude des températures

Les variations mensuelles des températures de la station Berrouaghia, données par les sources d'information du bureau d'études techniques ALEXTE (ALGERIA EXTRACT, ENVIRONMENT) sont illustrées dans le tableau 3.2, pour les années d'observations 1913-1934, conformément à la monographie de Seltzer (tableau 3.1).

Tableau 3.2 : Variation mensuelles des températures de la station Berrouaghia.

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | An | Min | Max |
|-------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|-----|------|
| T. Min (°C) | 0.6 | 1.3 | 3.4 | 5.4 | 8.5 | 11.9 | 15.2 | 15.3 | 12.3 | 8.7 | 4.5 | 1.5 | 7.4 | 0.6 | 15.3 |
| T. Moy (°C) | 5.1 | 6,5 | 9,1 | 12 | 15,9 | 20,4 | 24,7 | 24,7 | 20,6 | 15,6 | 9,9 | 6,0 | 14,2 | 5,1 | 24,7 |
| T. Max (°C) | 9,5 | 11,6 | 14,8 | 18,6 | 23,2 | 28,8 | 34,2 | 34,1 | 28,9 | 22,5 | 15,2 | 10,5 | 21 | 9,5 | 34,2 |
| Amplitude | | | | | | | | | | | | | 55,3 | | |

Pour mieux illustrer l'évolution de ces résultats des températures indiqués dans le tableau3.2, et représentés sur la figure3. 1 suivante :

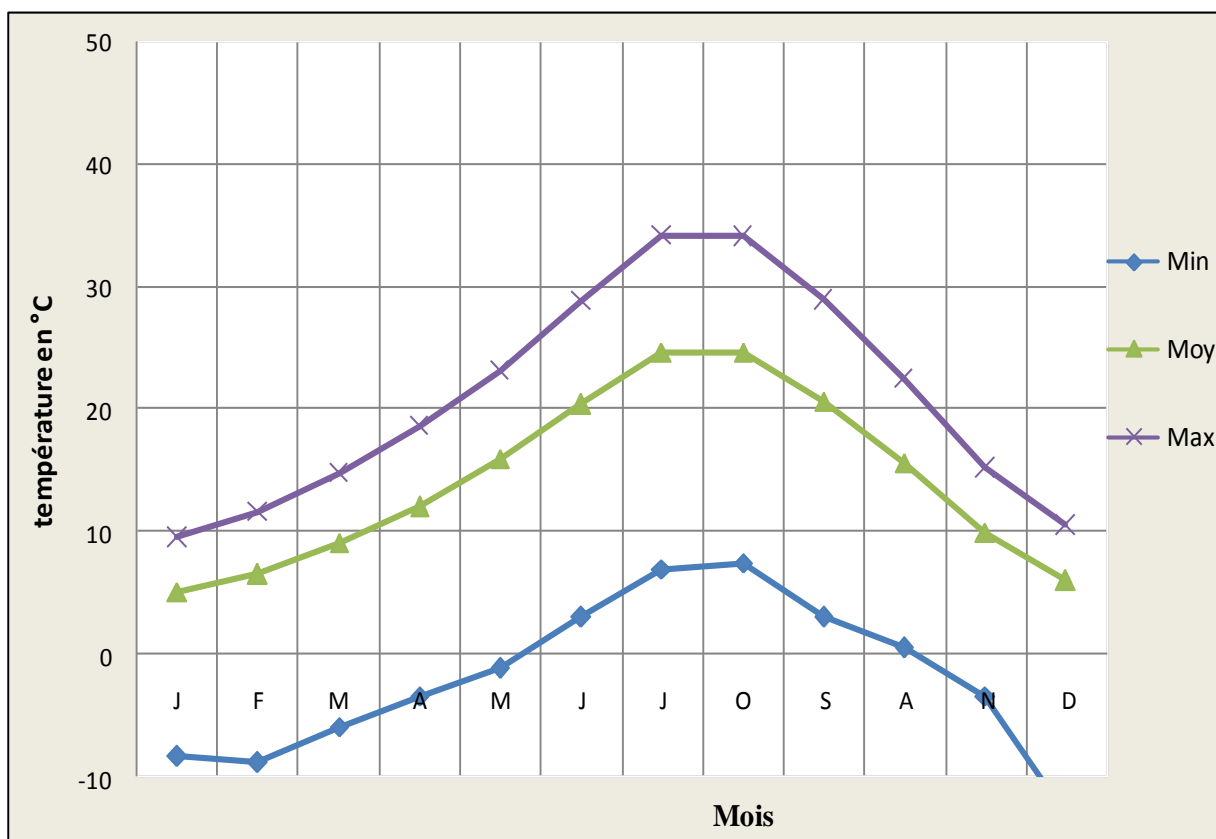


Figure 3.1: Températures à la station de Berrouaghia.

L'analyse des résultats (tableau 3.2) montre que la température moyenne annuelle est égale à 14,2°C. Les mois les plus chauds sont les mois d'été (Juin, Juillet, Août et Septembre) durant lesquels les températures moyennes dépassent les 20°C. En hiver, les températures moyennes mensuelles descendent en dessous de la barre de 6°C. Notons que les températures minimales et maximales absolues sont respectivement de -13,0°C et 42,2°C et enfin l'amplitude thermique annuelle est donc de 55,3°C.

3.2. Etude des précipitations

Le terme précipitation désigne toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre qui interviennent soit par une hauteur totale annuelle qui détermine l'abondance fluviale, soit par leurs répartitions mensuelles et saisonnières qui influent directement sur les régimes hydrologiques, ou par leurs totaux journaliers et surtout les averses génératrices des crues.

3.2.1. Précipitation moyenne mensuelle

Afin d'étudier la répartition moyenne mensuelle des précipitations, notre choix est porté sur la station de Berrouaghia pour une période allant de 1913-1938 (tableau 3.1). Les résultats de la moyenne mensuelle de ces précipitations et leur répartition dans l'année ainsi que le nombre de jour d'apparition de la pluie sont présentés dans le tableau 3.3 ci-après :

Tableau 3.3 : Les résultats des précipitations moyenne mensuelle à la station Berrouaghia.

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | An | Min | Max |
|---|------|------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|------|
| Précip. Moy (mm) | 97 | 76 | 69 | 45 | 46,0 | 19 | 1 | 1 | 21 | 42 | 80 | 92 | 589 | 1,0 | 97,0 |
| Répartition (%) | 16,5 | 12,9 | 11,7 | 7,6 | 7,8 | 3,2 | 0,2 | 0,2 | 3,6 | 7,1 | 13,6 | 15,6 | 100 | 0,2 | 16,5 |
| N^{bre} de jour d'apparit. de la Pluie | 8 | 7 | 8 | 6,0 | 6,0 | 2,0 | 1 | 1,0 | 3,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 63,0 | 1,0 | 8,0 |

Dans le but d'analyser les résultats énumérés dans le tableau 3.3 ; nous les avons représentés en histogramme (figure 3.2). Le nombre de jour d'apparition de la pluie en fonction des mois est illustré sur la figure 3.3.

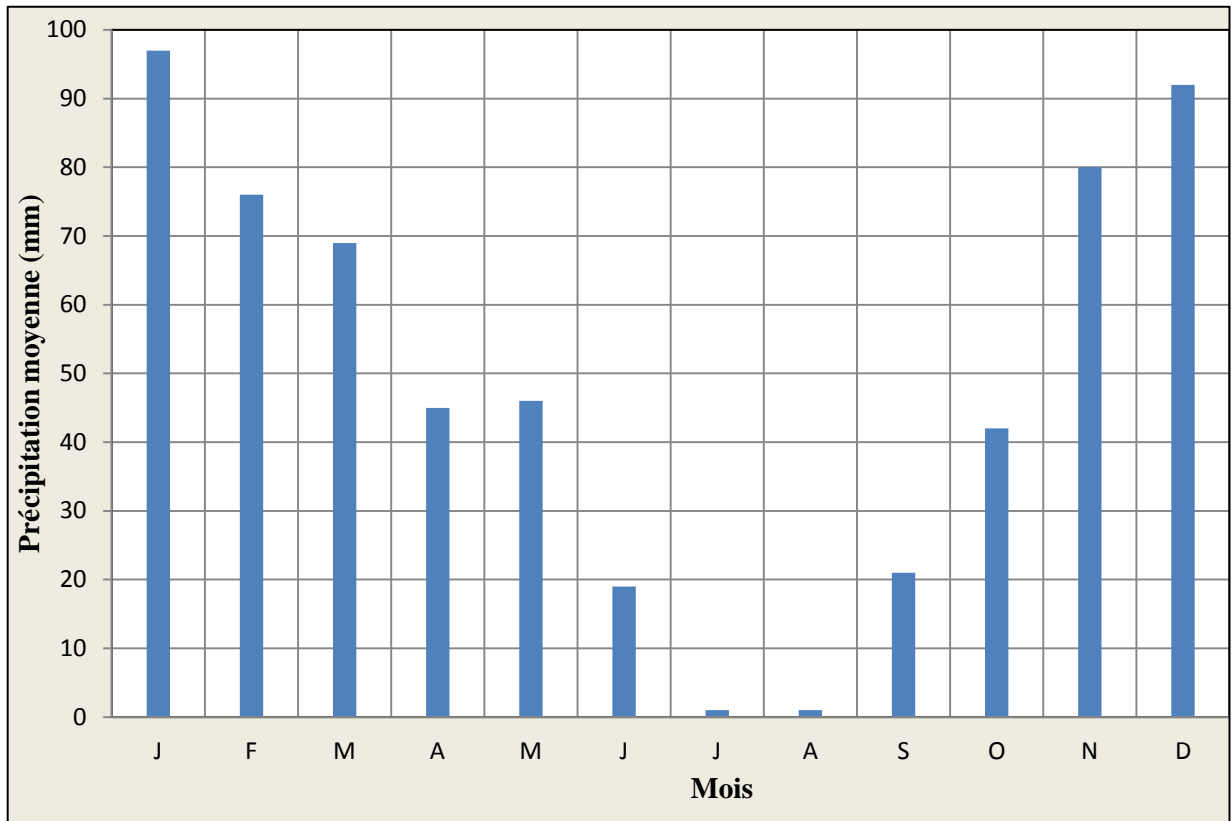


Figure 3.2 : Répartition moyenne mensuelle des précipitations de la station de Berrouaghia.



Figure 3.3 : Nombre de jour d'apparition de la pluie.

On constat que les précipitations tombent à près de 70 % entre novembre et mars, pendant lesquels, il pleut plus de 7 à 8 jours par mois. Dans l'année, il y a donc 63 journées pluvieuses.

3.2.2. Précipitation moyennes interannuelles

Les précipitations sont déterminées à l'aide de la carte pluviométrique de l'ANRH. Lorsque le site d'étude est localisé près d'un pluviomètre, il prend la valeur de ce dernier ; sinon on procède par pondération des valeurs des isohyètes traversant le bassin versant.

La pluie moyenne annuelle pour le site d'oued Thrid est de **392 mm**. Selon les sources d'information du bureau d'études techniques ALEXTE (ALGERIA EXTRACT ENVIRONMENT)

3.2.3. Précipitations maximales journalières

L'étude fréquentielle des pluies journalières maximales de la station représentative du bassin versant, a pour but d'estimation les valeurs limites atteintes pendant une période de retour donnée. Ceci nous entraine à chercher une loi d'ajustement la mieux adaptée à la distribution des pluies.

Pour l'estimation des pluies journalières maximum des différentes fréquences, nous avons exploité la loi d'ajustement de GALTON (loi log normale). La fonction de répartition de la loi de GALTON est :

$$P_{j\max(\%)} = \frac{\overline{P_{j\max}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} e^{u\sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}} \dots\dots\dots (3.1)$$

$\overline{P_{j\max}}$: représente la pluie maximale journalière moyenne déterminée à partir de la formule de l'ANRH :

$$\overline{P_{j\max}} = 0.0525 \times P_a + 18.6 = 39,2\text{mm} \dots\dots\dots (3.2)$$

P_a : précipitation moyenne interannuelle égale à 392 mm

U : variable réduite de Gauss (tableau 3.4)

C_v : coefficient de variation égale à 0.31

Nous avons opté pour les résultats de l'ajustement à la loi de GALTON qui sont représentés dans le tableau 3.4 et le graphe (figure 3. 4) suivants :

Tableau 3.4 : Pluies fréquentielles calculées selon un ajustement de GALTON (loi Log normale).

| Période de retour (1/F) en année | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 1000 |
|----------------------------------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Fréquence au dépassement en (%) | 0.8 | 0.9 | 0.96 | 0.98 | 0.90 | 0.999 |
| Variable réduite de Gauss U | 0,8424 | 1,285 | 1,753 | 2,0571 | 2,328 | 3,1 |
| Pluies maximales journaliers | 48,30 | 55,23 | 63,64 | 69,79 | 75,75 | 95,71 |

3.2.4. Diagramme ombro-thermique

La répartition des précipitations et des températures est habituellement inversement proportionnelle comme l'indique le graphique ombro-thermiques de la figure 3.5. Ces dernières sont basses lorsqu'il pleut (hiver) et inversement proportionnelles (élevées) lorsque les pluies sont réduites (période estivale). Dans la wilaya de Médéa, les précipitations présentent une anomalie au mois de Mai qui reste pluvieux par rapport aux mois Avril.

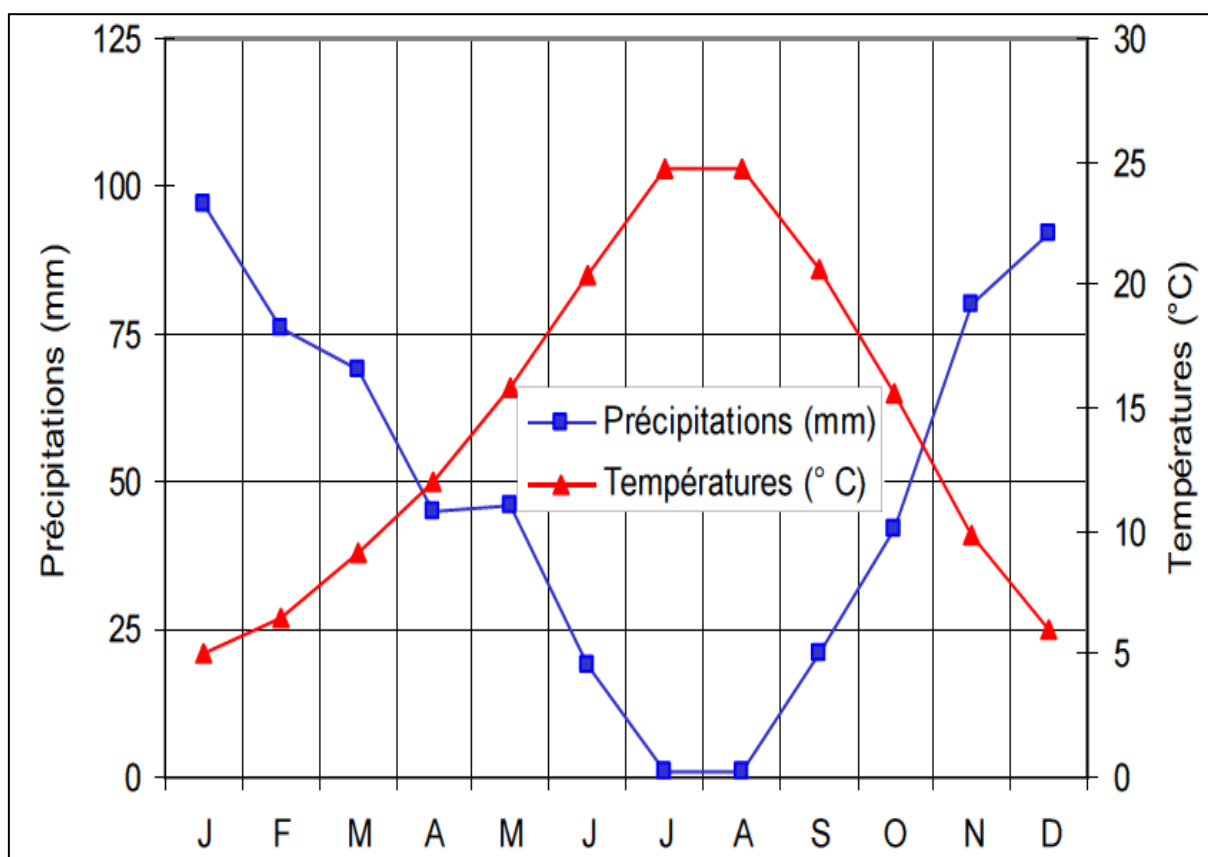


Figure 3.4 : Graphique ombro-thermique.

3.3. Paramètres climatiques secondaires

Les paramètres climatiques secondaires sont appréciés à l'aide du nombre de jours de leur apparition dans le mois et l'année. Les phénomènes les plus fréquents sont : le vent, nuages, sirocco, humidités, pression atmosphérique (mm) au niveau de la mer, ...etc.

3.3.1. Evaporation

L'évaporation sur nappe d'eau libre représente un paramètre essentiel dans l'analyse de la ressource en eau. Elle est estimée à partir de mesure effectuées sur un plan d'eau. Pour les besoins de cette étude nous allons utiliser les données mesurées à partir de la station de Boughzoul qui est la plus proche du site de la retenue. Nous donnons également, à titre indicatif les mesures effectuées à partir de la station de Ghrib. Ses observations donnent la répartition mensuelle représentée dans le tableau 3.5 ci-après :

Tableau 3.5 : Répartition mensuelle de l'évaporation sur une nappe libre.

| Mois | Boughzoul | | Ghrib | |
|----------------|----------------|-------------|----------------|-------------|
| | mm | % | mm | % |
| S | 207,37 | 11,6 | 158,18 | 11,66 |
| O | 126,17 | 7,06 | 99,28 | 7,32 |
| N | 60,71 | 3,4 | 59,49 | 4,38 |
| D | 35,82 | 2 | 43,73 | 3,22 |
| J | 35,58 | 1,99 | 34,49 | 2,54 |
| F | 55,53 | 3,11 | 38,76 | 2,86 |
| M | 87,71 | 4,91 | 67,31 | 4,96 |
| A | 125,42 | 7,02 | 92,81 | 6,84 |
| M | 194,89 | 10,9 | 135,49 | 9,99 |
| J | 256,22 | 14,33 | 175,28 | 12,92 |
| J | 313,94 | 17,56 | 239,23 | 17,63 |
| A | 288,12 | 16,12 | 212,66 | 15,67 |
| Total | 1787,48 | 100 | 1356,70 | 100 |
| Moyenne | 148,96 | 8,33 | 113,06 | 8,33 |

L'analyse des résultats représentés dans le tableau 3.5 ci-dessus montre que l'évaporation est importante pendant la période allant du mois d'avril à octobre et elle est plus faible de novembre à mars ; comme la montre la figure 3.6 ci-dessous:

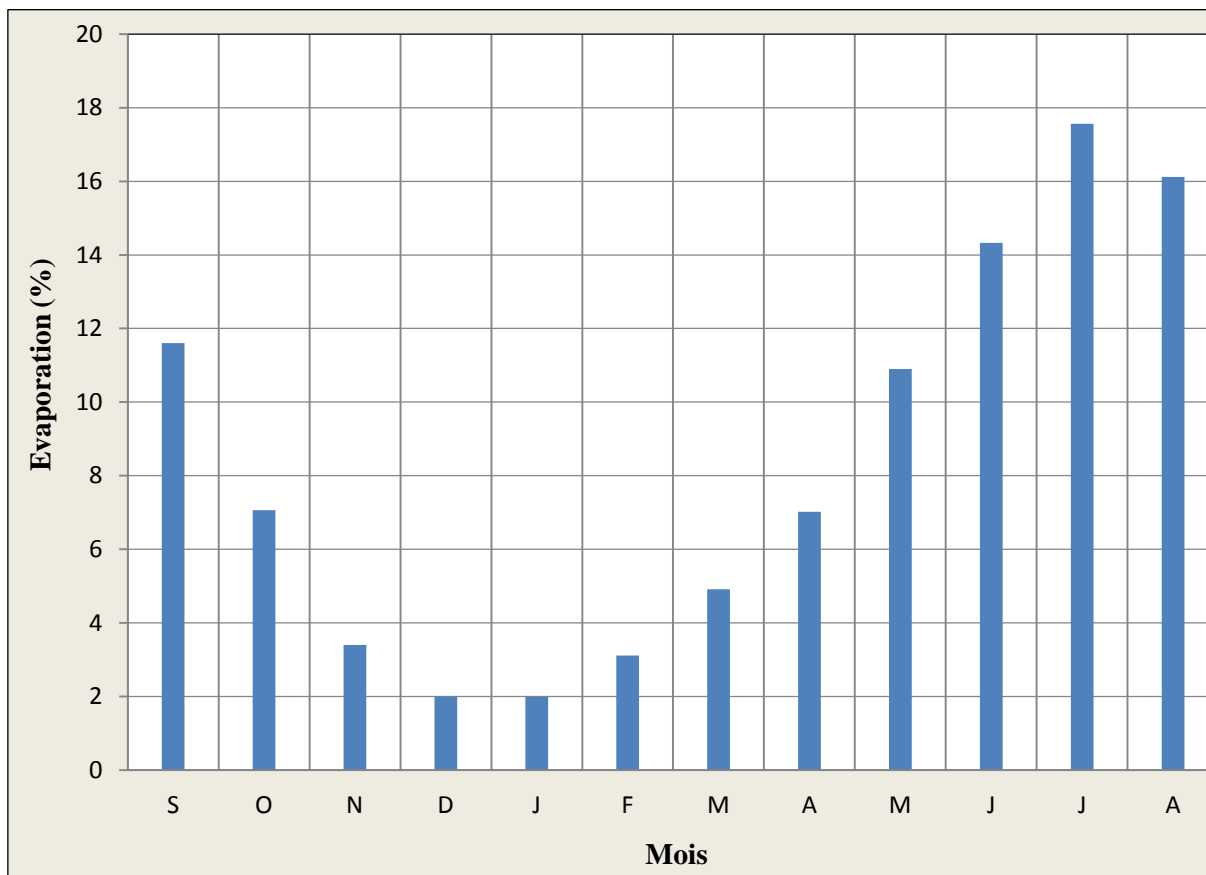


Figure 3.5 : Répartition mensuelle de l'évaporation sur une nappe libre.

3.3.2. Répartition mensuelle du vent

La vitesse moyenne annuelle du vent de la station de Médéa est de 1.6 m/s, son maximum est de 2 m/s en Mars et son minimum est 1.3m/s en Octobre comme le montre le tableau 3.6 et la figure 3.6 ci-après :

Tableau 3.6 : La répartition mensuelle du vent.

| mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | An | Min | Max |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| V (m/h) | 1.5 | 1.8 | 2.0 | 1.8 | 1.8 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.7 | 1.5 | 1.6 | 1.3 | 2.0 |

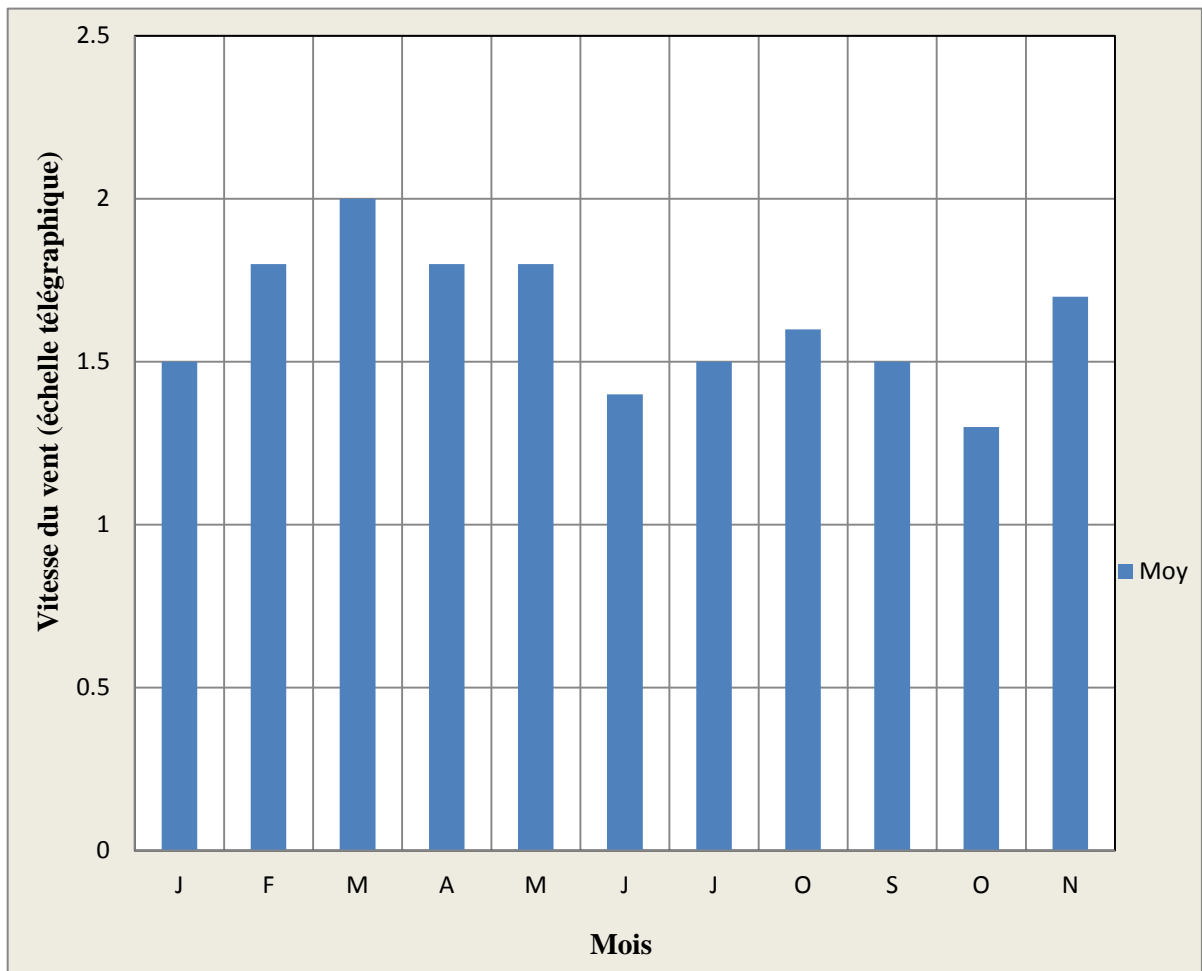


Figure 3.6 : Histogramme de la répartition mensuelle du vent.

3.3.3. L'humidité relative

Les données météorologiques de la station de Médéa sont illustrées dans le tableau 3.7 et la figure 3.8 ci-après. Elles montrent que l'humidité est maximale pendant les mois de novembre jusqu'à mai et minimale de mois d'avril jusqu'à octobre.

Tableau 3.7 : Les résultats du l'humidité relative.

| Humidités relatives (%) | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | An | Min | Max |
| Min | 5,6 | 5,8 | 6,5 | 7,1 | 9,0 | 11,0 | 12,0 | 12,5 | 11,7 | 9,3 | 7,3 | 6,2 | 5,6 | 5,6 | 12,5 |
| Moy | 51,2 | 47,3 | 45,2 | 40,7 | 42,0 | 38,7 | 33,3 | 35,5 | 40,2 | 42,8 | 48,4 | 51,1 | 43,0 | 33,3 | 51,2 |
| Max | 78,0 | 71,0 | 69,0 | 62,0 | 61,0 | 57,0 | 47,0 | 51,0 | 60,0 | 64,0 | 72,0 | 75,0 | 78,0 | 47,0 | 78,0 |

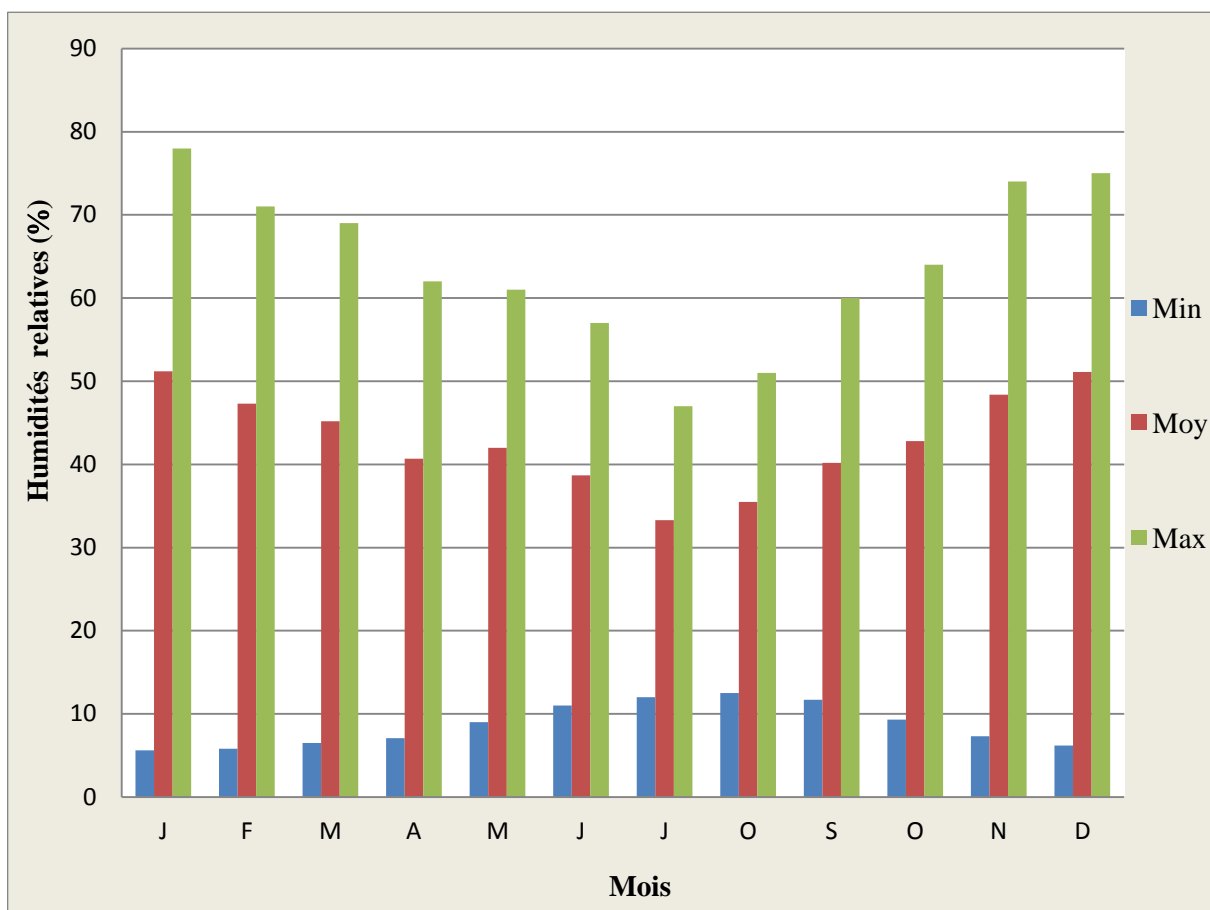


Figure 3.7 : Histogramme des résultats du l'humidité.

Conclusion

L'analyse des données climatiques du bassin versant de notre retenue nous a permis de définir deux périodes différentes qui sont :

– une saison sèche avec un climat sec ou les mois les plus chauds sont les mois d'été, (Juin, Juillet, Août et Septembre) durant lesquels les températures moyennes dépassent les 20°C, avec un pourcentage des précipitations faible.

– une saison froide, avec un climat humide tempéré à près de 70 % entre Novembre et Mars, pendant lesquels ; il pleut plus de 7 à 8 jours par mois avec des températures moyennes mensuelles descendent en dessous de la barre de 6°C en hiver.

En fin, le tableau 3.8 ci après résume l'ensemble des caractéristiques climatiques de notre bassin versant.

Tableau 3.8 : Récapitulatif des caractéristiques climatiques

| paramètre | valeurs | unités |
|---|----------------|---------------|
| Températures moyenne annuelle ($T_{\text{moy}} \text{ annuelle}$) | 14.2 | °C |
| Précipitation moyenne interannuelle (P_a) | 392 | mm |
| La vitesse moyenne annuelle du vent | 1.6 | m/s |
| L'humidité relative moyenne annuelle | 43.0 | |

Introduction

Dans ce chapitre, nous évaluons la quantité des apports liquide et solide qui s'écoule dans le bassin versant car la durée de vie d'une retenue dépend des conditions d'exploitation et de son entretien qui sont liés à la correcte évaluation du régime de cours d'eau que l'on veut régulariser où dont on veut se protéger et des vitesses d'envasement auxquelles est soumise sa cuvette.

4.1. Etude des apports liquides

L'écoulement résulte de la concentration des eaux par les bassins versants. Il se déclenche si les précipitations sont supérieures aux infiltrations et si ces précipitations ne peuvent être absorbées. Ces eaux ruissellent constituent aussi la lame d'eau écoulée sous forme d'écoulement de base ou « apport liquide ».

4.1.1. Estimation de l'apport moyen annuel

Les données nécessaires au calcul des apports liquides n'existent pas sur le site d'étude mais celles disponibles ont été mesurées au niveau de bassin versant. Il y a plusieurs outils d'évaluation des apports liquides qui ont été élaborés par différents auteurs et ces formules empiriques sont valables pour des conditions géographiques particulières, car elles sont élaborées à partir des données réelles observées dans plusieurs bassins versants différents.

Le calcul de l'apport moyen annuel liquide (A), la lame d'eau (L_e), le débit spécifique (q_s), le débit (Q) est obtenu à partir des formules empiriques suivantes.

4.1.1.1. Relations de COUTAGNE

(MEDINGER et al. 1948) ont mis au point les premières relations empiriques d'estimation des apports des cours d'eau algériens. Ces équations de forme linéaire donnent une augmentation des apports proportionnelle aux précipitations. Elles ont été mises au point à partir des informations du recueil des observations de 1924 à 1946 (monographie hydrologique éditée par les services de la colonisation) concernant 9 cours d'eau seulement. Après analyse des travaux des auteurs précédents, COUTAGNE propose des relations non linéaires, qui sont :

– **Première relation :** $L_e = 1.024(P_a - 0.26)^2$ (4.1)

$$L_e = 1.024 \times (0.392 - 0.26)^2 \times 10^3 = 18 \text{ mm}$$

$$A = L_e \times S = 18 \times 10^{-3} \times 13.88 = 0.25 \text{ hm}^3$$

$$q_s = L_e \times T' = 18 \times 10^{-9} \times 31546000 = 0.571/\text{s.km}^2$$

$$Q = q_s \times S = 0.57 \times 10^{-3} \times 13.88 = 0.008 \text{ m}^3/\text{s}$$

T' étant le temps d'une année en seconde

$$T' = 365 \times 24 \times 3600 = 31536000 \text{ s}$$

– **Deuxième relation :** $L_e = (0.164 - 0.00145\sqrt{S})P_a$ (4.2)

$$L_e = (0.164 - 0.00145\sqrt{13.88}) \times 392 = 62 \text{ mm}$$

$$A = L_e \times S = (62 \times 10^{-5} \times 13.88 \times 10^2) = 0.86 \text{ hm}^3$$

$$q_s = L_e \times T' = 62 \times 10^{-9} \times 31546000 = 1.971/\text{s.km}^2$$

$$Q = q_s \times S = 1.97 \times 10^{-3} \times 13.88 = 0.027 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.1.1.2. Relation de DERI(1977)

DERI (1977) présente plusieurs relations d'évaluation des apports liquides. Nous avons retenu trois d'entre elles:

– **Formule de DERI I :** $A = 0.915P_a^{2.684} \times S^{0.842}$ (4.3)

$$A = 0.915 \times 0.392^{2.684} \times 13.88^{0.842} = 0.68 \text{ hm}^3$$

$$L_e = \frac{A}{S} = \frac{0.68 \times 1000}{13.88} = 49 \text{ mm}$$

$$q_s = L_e \times T' = 49 \times 10^{-9} \times 31546000 = 0.561/\text{s.km}^2$$

$$Q = q_s \times S = 0.56 \times 10^{-3} \times 13.88 = 0.022 \text{ m}^3/\text{s}$$

– **Formule de DERI II:** $A = 0.31P_a^{3.032} \times S^{1.016}$ (4.4)

$$A = 0.31 \times 0.392^{3.032} \times 13.88^{1.016} = 0.26 \text{ hm}^3$$

$$L_e = \frac{A}{S} = \frac{0.26 \times 1000}{13.88} = 19 \text{ mm}$$

$$q_s = L_e \times T' = 19 \times 10^{-9} \times 31546000 = 0.601/\text{s.km}^2$$

$$Q = q_s \times S = 0.60 \times 10^{-3} \times 13.88 = 0.008 \text{ m}^3/\text{s}$$

– **Formule de DERI III : $A = L_e \times S$** (4.5)

$$A = (27 \times 10^{-5} \times 13.88 \times 10^2) = 0.37 \text{ hm}^3$$

$$q_s = 11.8 \times P^{2.82}$$

$$q_s = 11.8 \times 0.392^{2.82} = 0.84 \text{ l/s.km}^2$$

$$L_e = \frac{q_s}{T} = \frac{0.84 \times 10^9}{31546000} = 27 \text{ mm}$$

$$Q = q_s \times S = 0.84 \times 10^{-3} \times 13.88 = 0.012 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.1.1.3. Formule de SAMIE : $L_e = P_a^2 (293 - 2.2\sqrt{S})$ (4.6)

$$L_e = 0.392^2 (293 - 2.2\sqrt{13.88}) = 43.76 \text{ mm/an}$$

$$A = L_e \times S = (43.76 \times 10^{-5} \times 13.88 \times 10^2) = 0.61 \text{ hm}^3$$

$$q_s = L_e \times T' = 43.76 \times 10^{-9} \times 31546000 = 1.38 \text{ l/s.km}^2$$

$$Q = q_s \times S = 1.38 \times 10^{-3} \times 13.88 = 0.019 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.1.1.4. Formule de PADOUN(1993) : $C_v = \frac{0.93}{q_s^{0.23}}$ (4.7)

C_v : Le coefficient de variation est évalué à l'aide d'un abaque simple (figure 4.2), sa valeur est de **0.85**.

A partir de l'expression de Padoun (1993), on peut calculer le débit spécifique notée q_s :

$$C_v = \frac{0.93}{q_s^{0.23}} \Rightarrow q_s = \frac{0.93}{\sqrt[0.23]{C_v}}$$

$$q_s = \frac{0.93}{\sqrt[0.23]{0.85}} = 1.52 \text{ l/s/km}^2$$

$$L_e = \frac{q_s}{T} = \frac{1.52 \times 10^9}{31546000} = 48 \text{ mm}$$

$$A = L_e \times S = (48 \times 10^{-5} \times 13.88 \times 10^2) = 0.66 \text{ hm}^3$$

$$Q = q_s \times S = 1.52 \times 10^{-3} \times 13.88 = 0.021 \text{ m}^3/\text{s}$$

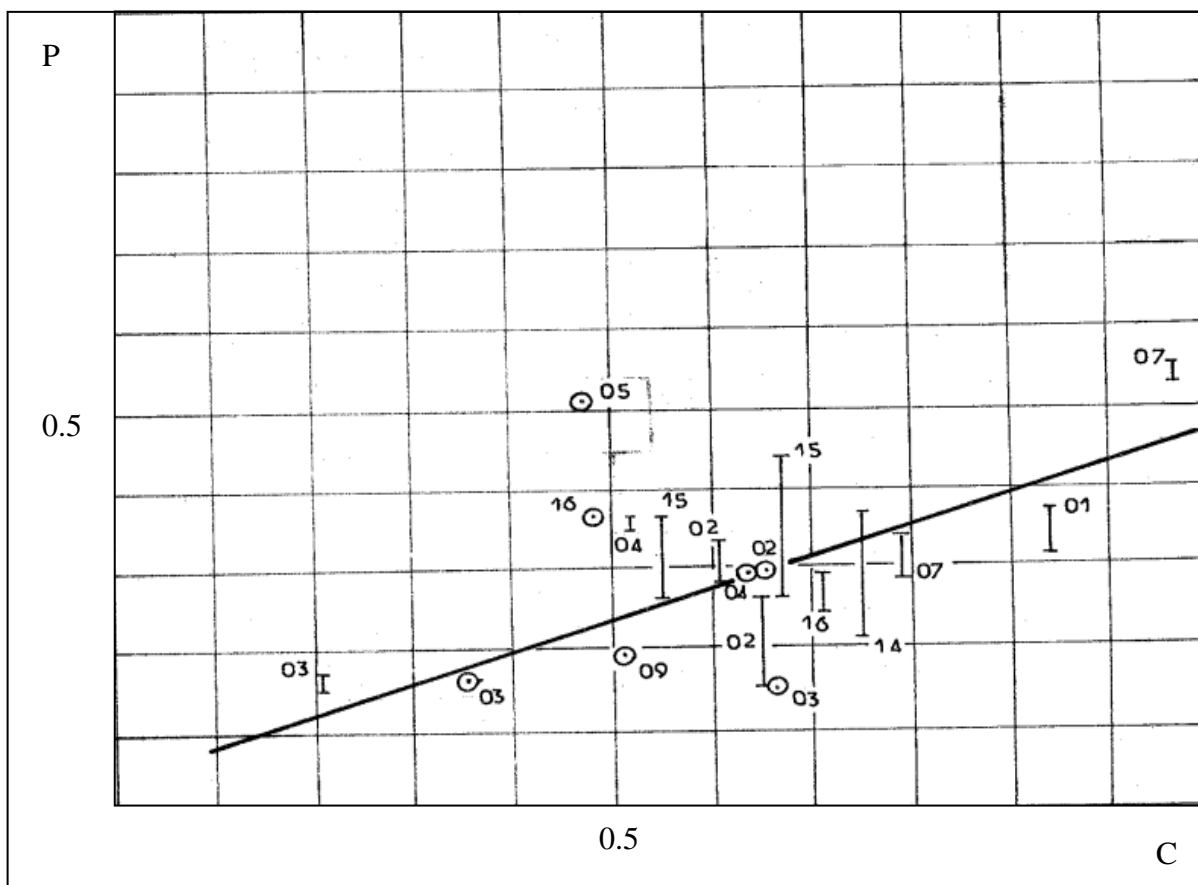


Figure 4.1 : Relation entre les coefficients de variation des apports et les précipitations.

4.1.2. Récapitulatif des résultats de calcul des apports liquides

L'utilisation de plusieurs relations empiriques a abouti aux résultats représentés dans le tableau 4.1 ci-dessous:

Tableau 4.1 : Récapitulatif des résultats de calcul des apports annuels.

| Relation de calcul | Paramètre | | Paramètre L _c (mm) | Apport liquide A (hm ³) | Débits spécifique l/s.km ² | Débit m ³ /s |
|-----------------------|----------------------|-------------|----------------------------------|---|---|----------------------------|
| | Symbole | Valeur | | | | |
| "COUTAGNE I" | | | 18 | 0,25 | 0,57 | 0,008 |
| "COUTAGNE II" | | | 62 | 0,86 | 1,97 | 0,027 |
| "DERI I" | (P en m) | 0.392 | 49 | 0,68 | 1,56 | 0,022 |
| "DERI II" | (P en m) | 0.392 | 19 | 0,26 | 0,60 | 0,008 |
| "DERI III" | (P en m) | 0.392 | 27 | 0,37 | 0,84 | 0,012 |
| SAMIE | (P en m) | 0.392 | 43.76 | 0.61 | 1.38 | 0.019 |
| PADOUN | C _v | 0.85 | 48 | 0,66 | 1,52 | 0,021 |
| Valeur retenue | C_v | 0.85 | 48 | 0,66 | 1,52 | 0,021 |

L'apport moyen interannuel évalué à l'aide des relations empiriques varie dans une fourchette de **0,25 à 0,86 hm³**. Nous retenons les valeurs obtenues à l'aide de la relation de PADOUN qui donne l'apport liquide **A = 0.66hm³**

4.1.3. Caractéristiques de l'écoulement

4.1.3.1. Module de l'écoulement (M_e)

Il est donné par :

$$M_e = \frac{A}{T} \dots \dots \dots (4.8)$$

Dans notre cas $M_e = \frac{0.66 \times 10^9}{31536000} = 20.91 \text{ l/s}$

4.1.3.2. Module de l'écoulement relatif ou spécifique (M_0)

On a: $M_0 = \frac{M_e}{S} \dots \dots \dots (4.9)$

Dans notre cas $M_0 = \frac{20.91}{13.88} = 1.51 \text{ l/s/km}^2$

4.1.3.3. lame d'eau écoulée

On a : $L_e = \frac{V}{S} \dots \dots \dots (4.10)$

Dans notre cas $L_e = \frac{0.66 \times 10^3}{13.88} = 48 \text{ mm}$

Les caractéristiques de l'écoulement sont récapitulées dans le tableau 4.2 ci-dessous :

Tableau 4.2 : Récapitulatif des résultats des caractéristiques de l'écoulement.

| Caractéristiques | Valeurs | Unités |
|--|---------|---------------------|
| Module de l'écoulement | 20.91 | l/s |
| Module de l'écoulement relatif ou spécifique | 1.51 | l/s/km ² |
| Lame d'eau écoulée | 48 | mm |
| Coefficient de l'écoulement | 0.30 | - |
| Coefficient de variation | 0.85 | - |

4.1.4. Estimation de l'apport fréquentielle à 80%

L'évaluation de l'apport moyen annuel se fait par l'application de la loi de Gauss, qui représente au mieux la distribution théorique des apports annuels en Algérie

$$A_F = A(1 - u \times C_{vq} \times K) \dots\dots\dots (4.11)$$

A_F : apport fréquentielle

A : apport moyen annuel ($A = 0.66hm^3$).

Pour une fréquence de 80%, nous avons la variable de Gauss $\mu = 0.841$ et le coefficient de réduction $K = 1$.

Dans notre cas : $A(80\%) = 191\,968\,m^3$

4.2. Les apports solides

La connaissance de l'apport moyen annuel solide permet d'estimer la perte de capacité de la cuvette et le calcul du volume mort. La quantification des volumes des apports solides est une étape importante lors du dimensionnement d'une retenue. Généralement deux modes de transport solide sont considérées : le transport solide par charriage et le transport solide en suspension. Quelques valeurs indicatives permettent de délimiter les deux modes de transport. Ces valeurs utilisent le rapport entre vitesse de l'écoulement V sur le lit du cours d'eau, et la vitesse W de chute des particules.

$\frac{V}{W} > 0.10$ début de transport par charriage.

$\frac{V}{W} > 0.40$ début de transport en suspension.

4.2.1. Le transport solide par charriage

Les particules restent en contact étroit avec le fond. Elles se déplacent avec des distances relativement petites et discontinues dans le temps et dans l'espace en glissant, en roulant ou en sautant. Ce mode de transport concerne les particules relativement grandes (sables, gravier, galets et blocs), de diamètre supérieur à 1mm.

4.2.2. Le transport solide en suspension

Les particules restent occasionnellement en contact avec le fond, elles se déplacent par boues (assez lente) sur des grandes distances et restent souvent entourées d'eau. Ce mode de transport concerne les particules relativement fines (argiles, limons, sables fins), de taille micronique.

L'absence de mesures du transport solide sur les sites à aménager et la difficulté d'exploitation des informations existantes oblige à recourir à différents procédés d'évaluation de l'envasement des ouvrages tels que l'analogie avec les retenues existantes, localisés dans des conditions physico-géographiques similaires à l'utilisation des différentes relations empiriques.

4.3. Les formules empiriques

Les relations empiriques les plus largement utilisées en Algérie sont les suivantes: Tixeront, Gavrilovic et ANRH-SOGREAH. Certaines de ces formules expriment les résultats en (t/km²/an), où ne prennent pas en considération le transport solide en charriage, dans ces cas nous considérons:

- une densité moyenne humide (γ_{mh}) de **1,3 t/m³** de vase (résultat mesuré sur la retenue collinaire);
- et un taux de charriage de **20%** des sédiments en suspensions.

4.3.1. Formule de Tixeront

Cette relation a été calée sur la base de corrélations établies entre l'apport moyen annuel (A) et un coefficient de perméabilité (α). Les informations de base sont issues d'observations et de mesures sur les oueds algériens ainsi que de leurs bassins versants:

$$q_{ss} = \alpha \times A^{0.15} \dots\dots\dots (4.12)$$

Où q_{ss} : l'apport solide moyen annuel en suspension exprimé en t/km²/an;

A: lame ruisselée exprimée en mm;

α : paramètre caractérisant la perméabilité du bassin versant.

Tableau 4.3: Valeur de α en fonction de la perméabilité.

| Variation de perméabilité | α |
|---------------------------|----------|
| Elevée | 8,5 |
| Moyenne | 75 |
| Faible à moyenne | 350 |
| Faible | 1400 |
| Imperméable | 3200 |

Le bassin de la retenue Chaabet Ohrid a une perméabilité faible à moyenne, donc **$\alpha = 350$**

Ce qui donne :

$$q_{ss} = 350 \times 48^{0.15} = 625t/km^2/an$$

4.3.2. Formule de Gavrilovic

Cette relation largement utilisée en Algérie a été élaborée en Yougoslavie. Elle fait intervenir des caractéristiques physiques et un indice climatique du bassin versant.

$$q_{ss} = q_{sp} \times C_{rm} \dots\dots\dots (4.13)$$

q_{sp} : est le taux de production annuelle de matériaux (suspension et le charriage) en ($m^3/km^2.an$). Il se calcule selon la relation ci-après:

$$q_{sp} = C_t \times p_a \times \pi \times \sqrt{Z^3} \dots\dots\dots (4.14)$$

avec P_a : précipitations moyennes annuelles exprimé en mm; $P_a = 392mm$

Z : un coefficient d'érosion relative tabulé en fonction de la description du bassin versant, pour un terrain avec un niveau d'érosion déterminé (Tableau 4.5).

Tableau 4.4 : Coefficient énergétique Z.

| Type d'érosion | Très faible | Faible | Moyenne | Elevée | Excessive |
|----------------|-------------|---------|---------|---------|-----------|
| Z | 0.1-0.2 | 0.2-0.4 | 0.4-0.7 | 0.7-1.0 | 1.0-1.5 |

Le bassin versant de notre retenue est caractérisé par une érosion faible, $Z = 0.32$.

C_t : est un coefficient thermique, il se calcule selon la relation ci-après:

$$C_t = \sqrt{\frac{T}{10} + 0.1} \dots\dots\dots (4.15)$$

Avec $T = 14.8 \text{ }^\circ\text{C}$: étant la température moyenne annuelle données par la station de Médéa,

$$C_t = \sqrt{\frac{14.8}{10} + 0.1}$$

Nous obtenons $C_t = 1.27$

C_{rm} : est le coefficient de rétention tenant compte des discontinuités spatio-temporelles dans le flux des matériaux arrachés aux versants, il se calcul comme suit :

$$C_{rm} = \frac{\sqrt{P \times H_{moy}}}{0.25 \times (L + 10)} \dots \dots \dots (4.16)$$

$$C_{rm} = \frac{\sqrt{22.10 \times 0.716}}{0.25 \times (8.275 + 10)}$$

avec **P**= 22.10 km : périmètre du bassin versant ;

L= 8.275 km : longueur du thalweg principal du bassin versant ;

H_{moy}= 0.716km : altitude moyenne du bassin versant.

Ce qui donne **C_{rm}**= **0.87**

Alors nous déduisons **q_{sp}** et **q_{ss}** comme suit:

$$q_{sp} = 1.27 \times 392 \times 3.14 \times \sqrt{0.32^3} = 283 \text{ m}^3/\text{km}^2.\text{an}$$

$$q_{ss} = 283 \times 0.87 = 246 \text{ t}/\text{km}^2/\text{an}$$

Les résultats des formules empiriques sont récapitulés dans le tableau 4.6 ci-après:

Tableau 4.5: Tableau récapitulatif des résultats de calculs des transports solides.

| n° | Formule | Paramètres | | Taux d'abrasion | | | | Apports solides (q _{ss} +0.2q _{ss}) × γ _{mh} × S |
|----------|-----------------------|-----------------|--------|--------------------------------|---------------------------------------|---|---|--|
| | | Symb. | Valeur | Suspens. (q _{ss}) | Charriage (0.2 × q _{ss}) | Total (q _{ss} +0.2q _{ss}) | Global (q _{ss} +0.2q _{ss}) × γ _{mh} | |
| | | | | t/km ² .an | t/km ² .an | t/km ² .an | m ³ /km ² .an | m ³ /an |
| 2 | Tixeront | A | 48 | | | | | |
| | | α | 350 | 625 | 125 | 750 | 975 | 13537 |
| 3 | Gavrilovic | Z | 0.32 | | | | | |
| | | C _{rm} | 0.87 | | | | | |
| | | T | 1.27 | | | | | |
| | | q _{sp} | 283 | 246 | 49 | 295 | 384 | 5328 |
| 4 | ANRH-Sogreah | C _a | 11.0 | 404 | 81 | 485 | 631 | 8755 |
| | Valeur retenue | | | 246 | 49 | 295 | 384 | 5328 |

Les résultats de calcul du taux d'abrasion à l'aide des différentes méthodes varient de **384 à 975** m³/km².an. Et nous adoptons la méthode de Gavrilovic qui donne la moyenne de charriage près de **5 330 m³** de sédiments chaque année.

Conclusion

Au terme de ce chapitre, nous remarquons que notre bassin versant reçoit une lame d'eau de **48mm**, qui a permis de calculer les apports liquide égal à **0.66hm³**. Une quantité de ces apports s'infiltré dans le sol et l'autre va rejoindre le réseau hydrographique du bassin par ruissellement.

Par ailleurs, des particules solides fines et grossière sont apportées par le cours d'eau par érosion hydrique qui constitue les apports solides, leurs volume est égal à **5330m³** et qui engendre le phénomène de l'envasement.

Introduction

Ce chapitre est basé sur l'étude des crues qui sont la source de danger pour les retenues; que ce soit pendant les phases de construction (plusieurs ruptures ont eu lieu à cette occasion) ou en exploitation. Les crues ont pour origine des phénomènes naturels ; causées par un afflux d'eau dû à des très fortes précipitations, qui peuvent provoquer une brusque montée du niveau du lac de retenue. Une crue correspond à une augmentation rapide et temporaire du débit d'un cours d'eau. Elle est décrite à partir de trois paramètres : le débit, la hauteur d'eau et la vitesse du courant. En fonction de l'importance des débits, les crues peuvent être classées en trois catégories: la crue d'averse, la crue de fonte de neige et la crue d'embâcle et de débâcle de glace.

➤ Crue d'averse

Les grandes crues ont surtout pour origine des averses exceptionnelles par leur intensité, leur extension géographique et leur durée. Des averses orageuses courtes, violentes et très localisées produisant sur les petits bassins notamment en montagne, des crues qui ont des débits trop élevés qui peuvent provoquer des dégâts matériels et humains considérables.

➤ Crues de fonte de neige

Représentent un phénomène assez rare, qui se produit sous l'influence de l'insolation, de la température et surtout des vents chauds.

➤ Les crues d'embâcles et de débâcles de glace

Sont répandues dans les régions froides, où les cours d'eau gèlent en hiver sur une grande épaisseur. Les pluies où les dégèles printaniers produisent ainsi des crues qui emportent avec elles des blocs de glaces se trouvant dans le lit.

5.1. Les facteurs engendrant les crues :

L'estimation des crues révèle une grande importance pour la sécurité de l'ouvrage à implanter. Les facteurs définissant une crue sont :

- le débit maximum de la crue (débit de pointe);
- le volume de la crue;
- et le temps de base.

5.2. Calcul de la crue maximale

Le débit de la crue noté Q_{\max} est estimés selon la relation suivante:

$$Q_{\max}=q_s \times S \dots\dots\dots (5.1)$$

Avec q_s le débit de crues spécifiques (en l/s.km²).

Le guide maghrébin préconise l'utilisation arbitraire des plages de valeurs de débits de crues spécifiques.

Dans cette étude, des outils de calculs hydrologiques (prioritaires sur les relations utilisant les précipitations ou autres paramètres) mis au point à partir de données de base observées sur le réseau hydrométrique national sont utilisés:

- synthèse hydrologique des petits bassins versants algériens (1990);
- synthèse régionale des études effectuées à l'ANRH; crues de période de retour de 10, 100, 1000 et 10 000 ans, (Porozlaï, 1983).

Pour pouvoir utilisés ces synthèses, on vérifie les conditions physico-géographiques suivantes :

- une gamme de superficies allant de quelques km à 10 km² ;
- des altitudes allant du bord de la mer à des hauteurs de plus de 1000 m ;
- des précipitations s'étalant de 350 à 1072 mm ;
- et enfin une grande variété géologique.

5.2.1. Synthèse hydrologique des petits bassins versants algériens(1990)

Dans le cadre d'une étude méthodologique sur les petits bassins versants (1990), les courbes de tarages $Q_{\max}=f(S)$ ont été dépouillées, analysées et traitées afin de s'assurer l'utilisation des données hydrologiques fiables. Les résultats ainsi synthétisés ont permis de mettre au point des relations de calculs des débits de crues de fréquences décennales et centennales présentée à la figure 5.1 ci-après :

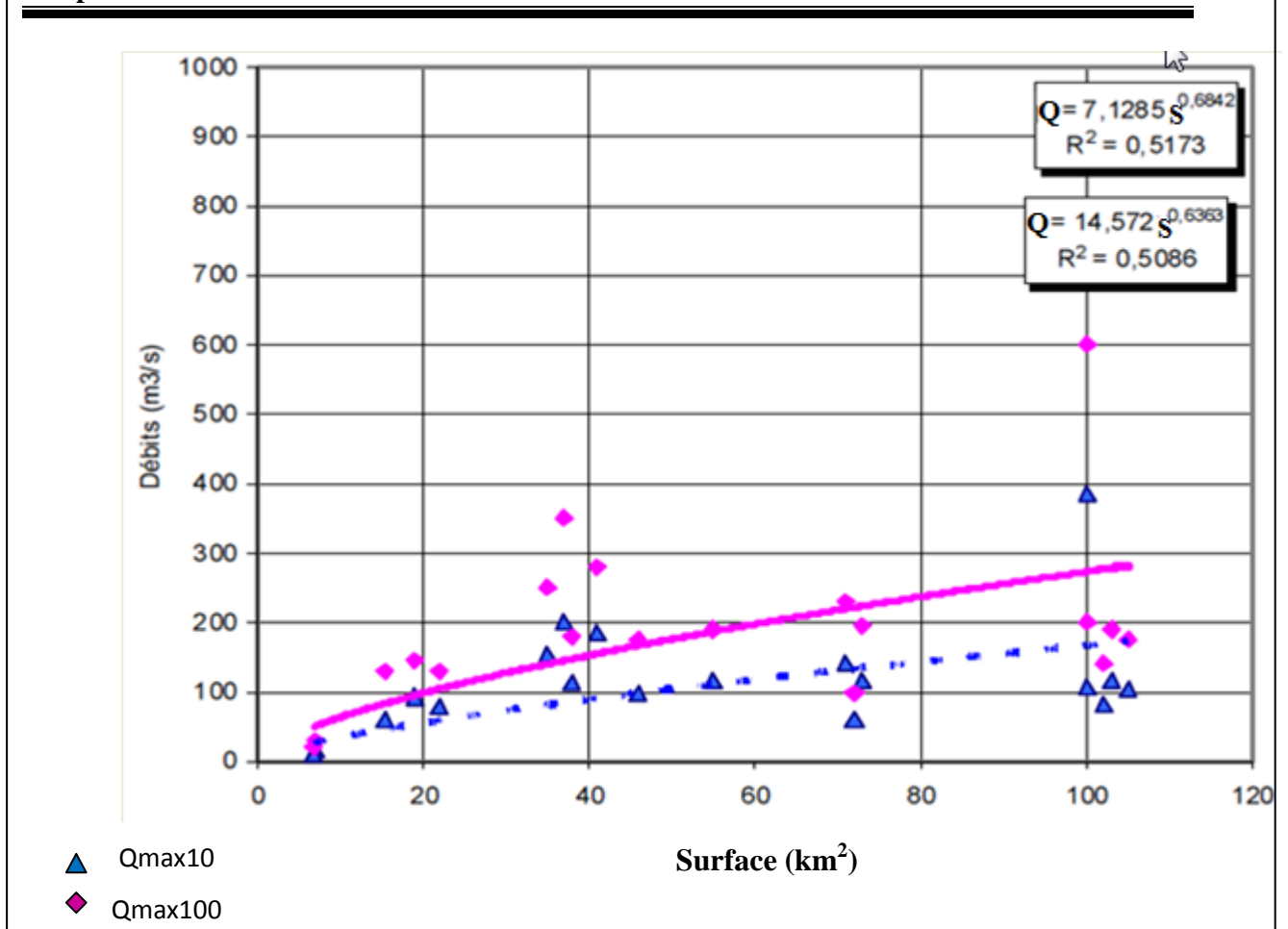


Figure 5.1 : Relation $Q_{\max}(F) = f(S)$ avec l'échantillon ANRH (1990)

On déduit de ces courbes de tarages :

- les coefficients de corrélations respectivement de 0,71 et 0,72 indiquent de bons ajustements;
- le débit maximal décennal obtenu par la relation suivante $Q = 7.1285 S^{0.6842}$ est égal à 43.10 m³/s;
- le débit maximal centennal obtenu par la relation suivante $Q = 14.572 S^{0.6363}$ est égal à 109.90 m³/s.

5.2.2. Inventaires des études hydrologiques de Porozlaï

Porozlaï a réalisé l'inventaire des études hydrologiques effectuées à l'ANRH entre 1967 et 1983, l'aire de ces études couvre presque la totalité de l'Algérie septentrionale.

L'évaluation des paramètres hydrologiques s'est effectuée sur la base de données traitées issues du réseau hydrométrique national.

Porozlaï a extrait les résultats et supposé que les débits maximaux de crues dépendaient de deux paramètres à savoir la superficie et la pluie annuelle.

Des abaques ont été établis en ce sens pour déterminer l'ordre de grandeur des débits de crues de différentes fréquences (décennale, centennale).

La relation obtenue dans ces conditions offre des résultats quelque peu surestimés par rapport aux méthodes précédentes, car les différents auteurs de ces études ont péché, par excès de sécurité. En réutilisant l'échantillon de travail de Porozlaï et en sélectionnant uniquement les bassins versants de superficie inférieure à 100 km², une relation de calcul est obtenue, elle est présentée à la figure 5.2 ci-après :

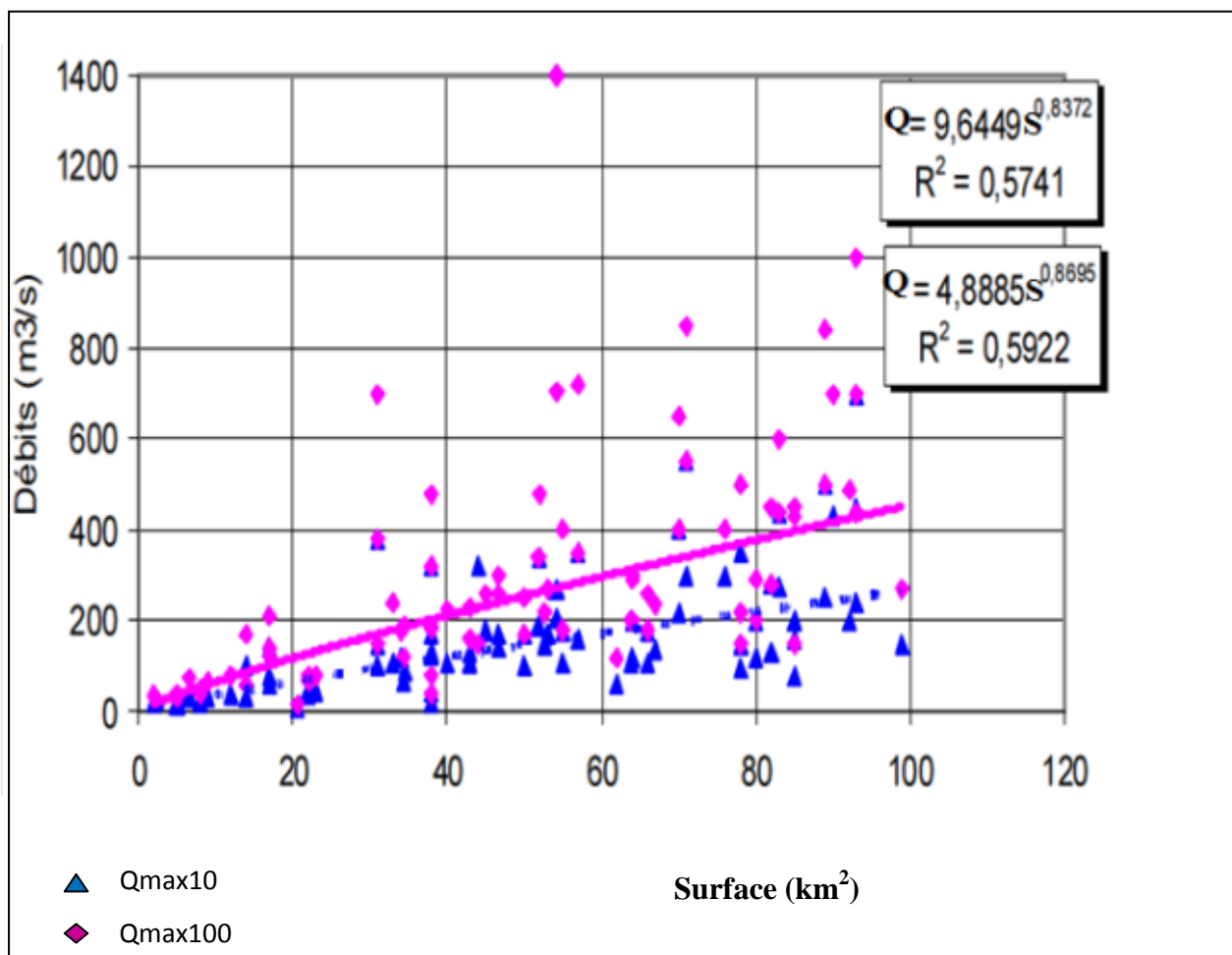


Figure 5.2 : Relation $Q_{max}(F) = f(S)$ avec l'échantillon de POROZLAÏ (1983).

Ces abaques permettent de déterminer l'ordre de grandeur des débits de crues de différentes fréquences (décennale, centennale) :

- les coefficients de corrélations respectivement 0,76 et 0,77 indiquent de bons ajustements;
- le débit maximal décennal obtenu par la relation suivante $Q = 4.8885 S^{0.6363}$ est égal à 48,12m³/s;
- le débit maximal centennal obtenu par la relation suivante $Q = 9.6449 S^{0.8372}$ est égal à 122,70m³/s.

5.2.3. Passage aux débits de crues cinquantennales et centennales

Lorsque les débits de fréquences décennaux sont connus, le passage à d'autres fréquences $Q_{\max}(F)$ s'effectue à l'aide des rapports existants entre le débit décennal et les débits fréquentiels cinquantennale et centennale, ces rapports sont respectivement de:

$$\frac{Q_{25}}{Q_{10}} = 1.30 ; \frac{Q_{50}}{Q_{10}} = 1.50 \text{ et } \frac{Q_{100}}{Q_{10}} = 1.70 \dots \dots \dots (5.2)$$

Les résultats des débits de crues obtenues par les différentes formules sont récapitulés dans le tableau 5.1 ci-dessous :

Tableau 5.1 : Résultats de calculs des débits de crues obtenus par différentes méthodes.

| Paramètres | | Unité | ANRH | Porozlaï |
|--|--------------------------|-------------------|----------|-----------|
| Apport moyen | | m ³ | 663 558 | 663 558 |
| Coefficient de variation de l'apport moyen annuel | C_v | - | 0,845 | 0,845 |
| Apports fréquentiels | AEP : 95 % | m ³ | - | - |
| | Irrigation : 80 % | m ³ | 191 968 | 191 968 |
| | Centennale humide : 99 % | m ³ | 1970 104 | 1 970 104 |
| Débits de crue | Q 10 | m ³ /s | 43,10 | 48,12 |
| | Q 25 | m ³ /s | 56,03 | 62,55 |
| | Q 50 | m ³ /s | 64,65 | 72,18 |
| | Q 100 | m ³ /s | 109,90 | 122,70 |

Pour avoir l'évaluation et les variations des crues dans le temps on établit l'hydrogramme de crue.

5.2.4. Caractéristiques de la crue

Une fois le débit de pointe connu et afin de dimensionner l'évacuateur de crues, il est important de connaître le temps de passage de la crue et notamment le moment de passage du pic de cette dernière. Les caractéristiques de la crue sont calculées par la méthode dite de SOKOLOVSKY et représenté par un hydrogramme de crue. Ce dernier est une courbe qui indique la variation du débit en fonction du temps (figure5.3 et figure5.4). Il sera utile lors de laminage des crues et son tracé permet d'estimer les caractéristiques de la crue, temps de

montée et de décrue, le volume ... etc. L'hydrogramme de crue est modélisé à l'aide de deux équations paraboliques qui suit :

Pour le temps de montée:

$$Q_m(t) = Q_{max(F)} \times \left(\frac{t}{t_m}\right)^m \dots\dots\dots (5.3)$$

et pour la décrue :

$$Q_d(t) = Q_{max(F)} \times \left(\frac{t_d-t}{t_d}\right)^n \dots\dots\dots (5.4)$$

Avec :

$Q_m(t)$: débit de crue (ou de montée) au temps (t) en m³/s ;

$Q_d(t)$: débit de décrue au temps (t) en m³/s ;

t_m et t_d : respectivement le temps de montée et le temps de décrue;

m et n : puissances des paraboles, pour les bassins versants de petits gabarits m=2 et n=3 ;

t' : intervalle de temps, varie entre 0,1h à T_c pour la première équation et de T_c à t pour la deuxième équation ;

t_b : temps de base en heure et qui est évalué par la relation suivante : $t_b = t_m + t_d$.

5.2.4.1. Temps de montée (t_m)

Le temps de montée noté t_m est assimilé au temps de concentration noté T_c , il est évalué selon la relation de Giandotti (chapitre 2):

$$t_m = \frac{4\sqrt{S}+1.5L}{0.8\sqrt{H_{moy}-H_{min}}} \dots\dots\dots (5.5)$$

On trouve :

$$t_m = \frac{4\sqrt{13.88}+1.5 \times 8.275}{0.8\sqrt{716-619.65}} = 3.48 \text{ h}$$

5.2.4.2. Temps de décrue

Le temps de décrue noté t_d est calculé avec la formule suivante :

$$t_d = \gamma \times t_m \dots\dots\dots (5.6)$$

γ : étant un coefficient de forme estimé à partir de certaines caractéristiques physiques du cours d'eau qui sont présenté dans le tableau 5.2 ci-après :

Tableau 5.2 : Coefficient de forme de l'hydrogramme de crue.

| N° | Description du cours d'eau | γ |
|----|--|----------|
| 1 | Petits cours d'eau et vallons dans des bassins versant dénudés et faiblement perméables. | 2-2.5 |
| 2 | Petits cours d'eau et vallons dans des bassins versants boisés ou perméables, | 3-4 |
| 3 | Moyens cours d'eau avec terrasses de lit majeur normales. | |
| 4 | Grands et moyens cours d'eau avec des terrasses de débordement étendues. | 4-7 |

Notre bassin versant est classé dans le premier cas, c'est-à-dire petits cours d'eau et vallons dans des bassins versant dénudés et faiblement perméable, alors on prend $\gamma = 2.5$
On obtient :

$$t_d = 2.5 \times 3.48 = 7.8 \text{ h}$$

5.2.3.1. Hydrogramme de crue pour une fréquence de 50ans

Pour le tracer de l'hydrogramme de crue, on suit la méthode de Sokolovski qui divise l'hydrogramme en deux parties non symétriques, une est calculée à partir du temps de montée et l'autre à partir du temps de la décrue comme le résume le tableau 5.3 et le tableau 5.4 suivant :

Tableau 5.3 : Débit de montée

| t' (h) | $Q_m(t)$ (m^3/s) |
|----------|----------------------|
| 0.1 | 0.0533 |
| 1 | 5.3383 |
| 2 | 21.3535 |
| 3 | 48.0454 |
| 3.48 | 64.65 |

Tableau 5.4 : Débit de décrue

| t' (h) | $Q_d(t)$ (m^3/s) |
|----------|----------------------|
| 3.48 | 64.65 |
| 5 | 33.7414 |
| 7 | 10.6811 |
| 9 | 1.6246 |
| 11 | 0.0029 |

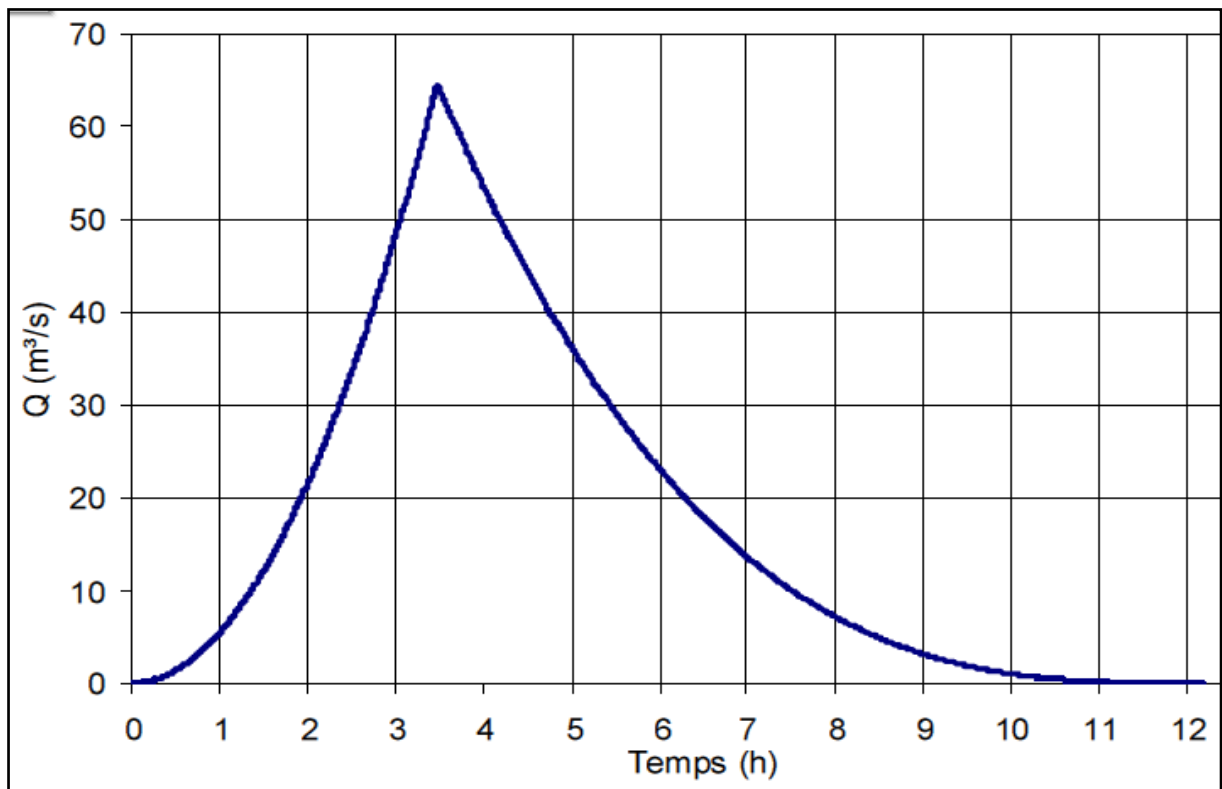


Figure 5.3 : Hydrogramme de crue pour une fréquence de 50 ans.

➤ Détermination du volume de la crue

C'est le volume d'eau apporté par la crue pendant la montée (t_m), s'écrit comme suit:

$$V_m = \int_0^{t_m} Q_m(t) \cdot dt$$

$$V_m = \int_0^{3.48} \frac{64.65}{3.48 \times 3600} t^2 \cdot dt \quad \Rightarrow \quad V_m = \frac{64.65}{3 \times (3.48 \times 3600)^2} \times (3.48 \times 3600)^3$$

$$\Rightarrow V_m = 269978,4 \text{ m}^3$$

➤ Détermination du volume de la décrue

C'est le volume d'eau apporté par la décrue pendant la descente (t_d), s'écrit comme suit:

$$V_m = \int_0^{t_d} Q_d(t) \cdot dt$$

$$V_m = \int_0^{11.28} \frac{64.65 \times (11.28 - t)^3}{7.8^3} \cdot dt \quad \Rightarrow \quad V_m = \frac{64.65}{4 \times (7.8 \times 3600)^3} \times [(11.28 - 3.48) \times 3600]^4$$

$$\Rightarrow V_m = 453\,843 \text{ m}^3$$

➤ **Détermination du volume totale**

C'est le volume d'eau apporté par la crue :

$$V_t = V_m + V_d$$

$$V_t = 269978,4 + 453\ 843 = 866\ 616\text{m}^3$$

Les résultats de l'hydrogramme de crue pour une fréquence de 50ans sont récapitulés dans le tableau 5 .5 ci-après :

Tableau 5.5 : Caractéristiques de l'hydrogramme crues pour une fréquence de 50 ans.

| Paramètres | Valeur | Unité |
|-------------------|---------|-------------------|
| Q_{\max} | 64.65 | m ³ /s |
| Période de retour | 50 | an |
| Temps de montée | 3.48 | h |
| Temps de décrue | 8.70 | h |
| Volume de crue | 866 616 | m ³ |

5.2.3.2. Hydraugramme de crue pour une fréquence de 100ans

Les caractéristiques de la crue (volume, forme, temps de montée et de décrue, etc.) sont estimées selon la méthode de Sokolovski, cette méthode assimile le temps de montée au temps de concentration. Le débit de montée et le débit de décrue sont résumé dans le tableau 5.6 et le tableau 5.7 suivant :

Tableau 5.6 : Débit de monté

| t' (h) | Q _m (t) (m ³ /s) |
|--------|--|
| 0.1 | 0.0533 |
| 1 | 5.3383 |
| 2 | 21.3535 |
| 3 | 48.0454 |

Tableau 5.7 : Débit de monté

| | |
|------|-------|
| 3.48 | 64.65 |
|------|-------|

| t' (h) | Q _d (t) (m ³ /s) |
|--------|--|
| 3.48 | 64.65 |
| 5 | 33.7414 |
| 7 | 10.6811 |
| 9 | 1.6246 |
| 11 | 0.0029 |

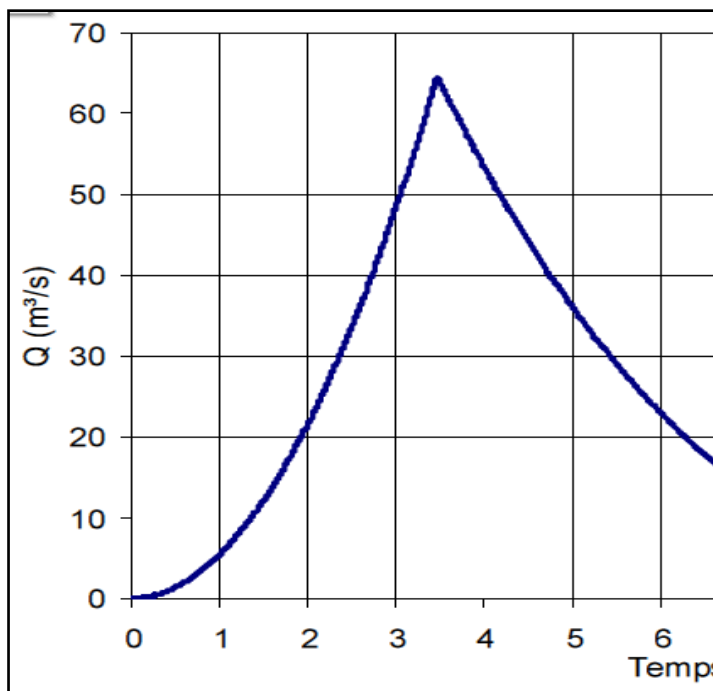


Figure 5.3 : Hydrogramme de crue pour une fréquence de 100 ans.

➤ **Détermination du volume de la crue**

C'est le volume d'eau apporté par la crue pendant la montée (t_m), s'écrit comme suit:

$$V_m = \int_0^{t_m} Q_m(t) \cdot dt$$

$$V_m = \int_0^{3.48} \frac{109.90}{3.48 \times 3600} t^2 \cdot dt \quad \Rightarrow \quad V_m = \frac{109.90}{3 \times (3.48 \times 3600)^2} \times (3.48 \times 3600)^3$$

$$\Rightarrow V_m = 458\,942.4 \text{ m}^3$$

➤ **Détermination du volume de la décrue**

C'est le volume d'eau apporté par la décrue pendant la descente (t_d), s'écrit comme suit:

$$V_d = \int_0^{t_d} Q_d(t) \cdot dt$$

$$V_d = \int_{3.48}^{11.28} \frac{109.90 \times (11.28 - t)^3}{7.8^3} \cdot dt \Rightarrow V_m = \frac{109.90}{4 \times (7.8 \times 3600)^3} \times [(11.28 - 3.48) \times 3600]^4$$

$$\Rightarrow V_d = 771\,498 \text{ m}^3$$

➤ **Détermination du volume totale**

C'est le volume d'eau apporté par la crue :

$$V_t = V_m + V_d$$

$$V_t = 458\,942.4 + 771\,498 = 1\,319\,494 \text{ m}^3$$

Conclusion

En conclusion, nous optons pour une période de retour de centennale donné par la formule de l'ANRH. Les objectifs de ce chapitre sont récapitulés dans le tableau 5.9 ci-après:

Tableau 5.8 : Caractéristiques de l'hydrogramme de crues pour une fréquence de 100 ans.

| Paramètres | Valeur | Unité |
|-------------------|-----------|-------------------|
| Q_{\max} | 64.65 | m ³ /s |
| Période de retour | 50 | an |
| Temps de montée | 3.48 | h |
| Temps de décrue | 8.70 | h |
| Volume de crue | 1 319 494 | m ³ |

Introduction

Le chapitre intitulé étude hydrotechnique a pour but de dimensionner la digue en fonction des besoins en eau obtenue à partir de la régularisation. Aussi pour assurer sa protection, nous effectuons l'étude de sa stabilité et les infiltrations.

6.1. Régularisation

L'étude de la régularisation est l'aboutissement final de certaines études techniques. Elle permet d'arrêter le choix des dimensions optimales des ouvrages hydrauliques et de gérer rationnellement la capacité d'une retenue. Les données de bases nécessaires à la régularisation sont :

- les résultats de l'étude hydrologique, notamment les répartitions mensuelles des apports, de l'évaporation et autres pertes (infiltrations, lâchées...etc.) ;
- les besoins en eau des utilisateurs, exprimés à l'échelle mensuelle ;
- et la loi hauteur-capacité de la retenue.

6.1.1. Le périmètre d'irrigation

6.1.1.1. Potentialité en terres irrigables

La zone potentielle irrigable identifiée se situe en aval, en rive droite de l'oued du site à une distance de 100 mètres.

La méthode de calcul et le modèle d'évaluation des besoins en eau des cultures, pour les études de régularisation et des volumes en eau potentiellement mobilisable pour une année agricole d'irrigation, ont été réalisés en utilisant le logiciel CROPWAT. Ce logiciel calcule les besoins en eau des cultures développé par la FAO. Ce logiciel se base essentiellement sur les précipitations moyennes annuelles, les températures moyennes annuelles et les principales caractéristiques des sols. Les paramètres assolement (différente culture) sont présentés dans le tableau 6.1 suivant:

Tableau 6.1 : Répartition des différentes cultures sur notre terrain

| paramètre | | valeur | unité |
|-----------------------------------|------------|--------|--------------------|
| Cultures proposées | Maraîchage | 75 | % |
| | Vigne | 25 | % |
| Besoin annuel en eau d'irrigation | | 3 785 | m ³ /ha |
| Efficience globale d'irrigation | | 70 | % |

6.1.1.2. Simulation du bilan hydrique de la retenue

L'élaboration du bilan hydrique de la retenue, sur lequel se fonde la méthode de régularisation, permet de déterminer la hauteur d'eau normale de la cuvette et la surface potentiellement irrigable à partir de l'eau stockée. Le bilan est effectué sur un pas de temps décadaire sur une année entière afin de prendre en compte les pointes qui surviennent au niveau des besoins en eau des cultures. La régularisation se base donc sur l'équation simplifiée du bilan hydraulique d'une réserve d'eau qui suit:

$$V_{af} + V_m = V_b + V_e + V_i + V_l + \Delta V + V_m \dots \dots \dots 6.1 \quad [6]$$

Avec : V_{af} : le volume des apports d'eau d'une fréquence donnée

V_b : le volume des besoins en eau

V_e : le volume des pertes par évaporation

V_i : le volume des pertes par infiltration

V_l : les lâchés éventuels

ΔV : le volume d'eau surplus restant dans la cuvette

V_m : le volume mort

Le volume mort permet de dimensionner l'ouvrage en tenant compte du taux d'envasement annuel estimé pour le site et d'une durée de fonctionnement arbitraire de la retenue.

Les données de base utilisées pour mener les calculs de régularisation sont extraites du rapport hydrologique du site de la retenue élaboré par African Geosystem Company.

a. Evaluation des besoins en eau

Pour les besoins de l'abreuvement du cheptel et de l'irrigation, nous pouvons calculer les besoins en eau avec les paramètres suivants :

- Pour le cheptel, en multipliant le nombre de têtes par les datations moyennes relatives : 40-50 l/t/j pour les bovins, 7-10 l/t/j pour les ovins et les caprins ;
- Pour les usages agricoles, si l'on estime entre 300-500 m² la superficie de terrain suffisant aux besoins d'une famille moyenne de 6 personnes et à 7000 m³ par hectare la consommation moyenne sur une période d'irrigation de 8 mois, il l'on résulte un besoin entre 150-240 l/h/j pour la période d'irrigation

b. Evaluation des pertes (évaporation, infiltration et les lâches)

Les pertes par évaporation ont été estimées sur la base des mesures effectuées au niveau des retenues avoisinantes. Quant aux pertes par infiltration, elles correspondent à une moyenne mensuelle de (1%) du volume effectivement présent dans la retenue. Les lâchés interviennent seulement pour éviter d'avoir une hauteur de digue trop importante.

Les données disponibles en sortie du bilan sont :

- la hauteur d'eau dans la digue
- la surface potentiellement irrigable à partir des eaux accumulées dans la retenue

À partir de cette dernière, la capacité totale et la capacité utile de la retenue sont calculées grâce à la courbe hauteur-capacité-surface (HCS) ainsi que le niveau de retenue normale des eaux. La courbe HCS (figure6.1) est établie par les résultats des capacités et des surfaces calculées pour des équidistances de 0,25 m entre les cotes 619.69 m à 673,00 m déduites des travaux topographiques de la cuvette.

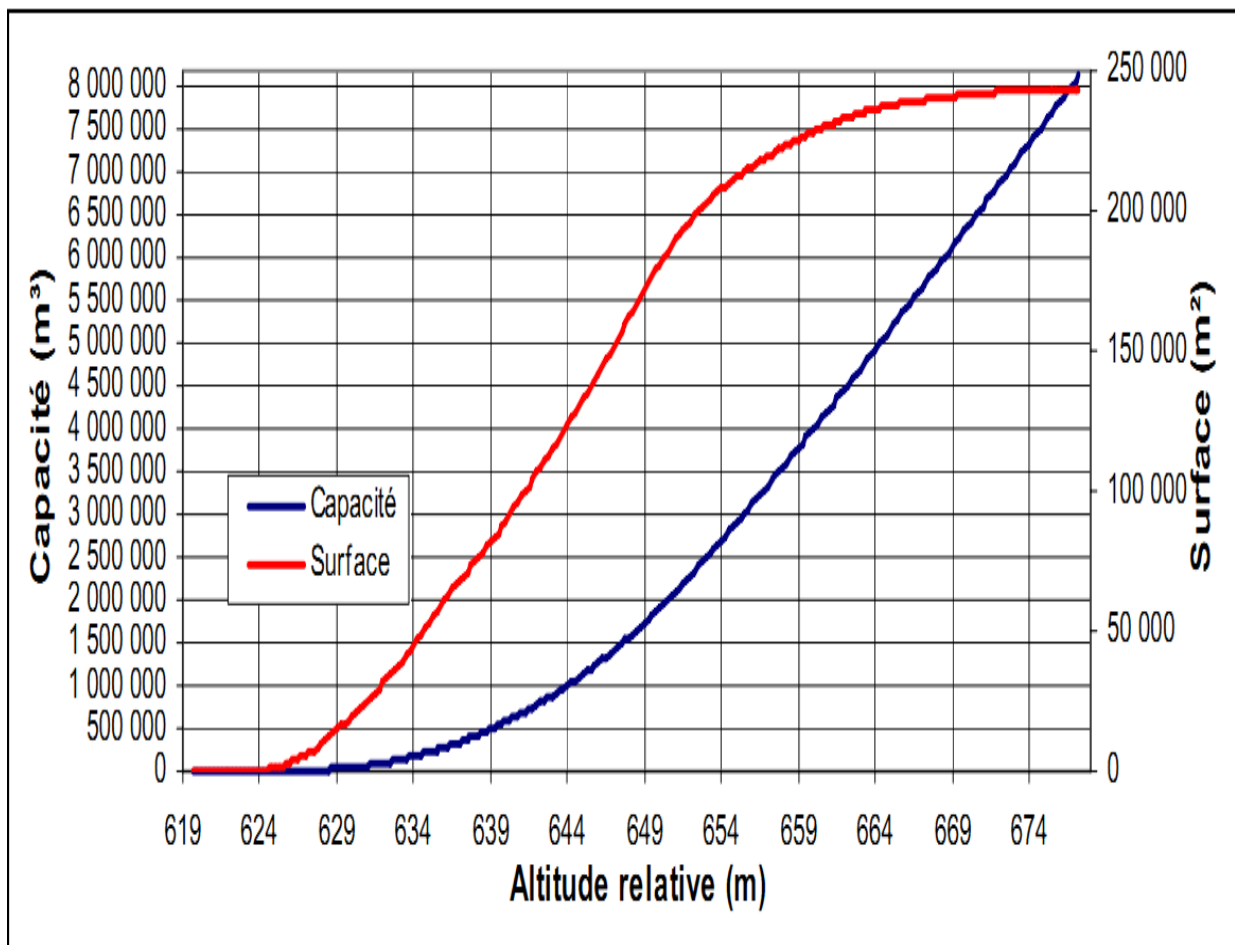


Figure 6.1 : courbe hauteur-capacité-surface (rapport hydrotechnique)

La régularisation est simulée automatiquement dans un tableau Excel (tableau 6.2) qui tient compte de tous les paramètres énoncés précédemment.

Les formules utilisées pour le calcul de la régularisation dans le tableau Excel 6.2 ci-après :

$$- V_e (m^3) = L_e(m) * S(m) \dots\dots\dots 6.2 \quad [6]$$

$$- V_i (m^3) = [V_i(\%) * C_p (m^3)] / 100 \dots\dots\dots 6.3 \quad [6]$$

$$- C_{pSL} = C_p (m^3) - (V_e (m^3) + V_i (m^3) + V_b) + A \dots\dots\dots 6.4 \quad [6]$$

- La cote du plan d'eau est déduite à partir de la courbe hauteur-capacité-surface.

avec V_e : volume d'évaporation ;

V_i : volume d'infiltration ;

C_p : la capacité ;

C_{pSL} : capacité sans lâcher ;

et S : surface du plan d'eau.

6.1.1.3. Résultat de la régularisation

L'étude de régularisation et de dimensionnement des équipements de la retenue collinaire a permis de déterminer la possibilité d'aménagement d'un périmètre hydro-agricole de 23,1 ha. Sur la base de cette superficie et d'un besoin annuel en eau d'irrigation de 3 785 m³/ha (tableau 6.1), le besoin annuel en eau d'irrigation du périmètre envisagé est de 124 962 m³. Ce périmètre sera localisé au niveau de la zone potentielle identifiée sur terrain, en tenant compte des caractéristiques topographiques, morphologiques et pédologiques des sols ainsi que de la situation foncière existante. Les données extraites directement du calcul de régularisation sont représentés dans le tableau 6.2 suivant :

Tableau 6.2 : Résultats du calcul de régularisation

| Paramètres | Valeur | Unité |
|-----------------------------|---------|----------------|
| Superficie irrigable | 23,1 | ha |
| Volume régularisable | 124 962 | m ³ |
| Hauteur d'eau dans la digue | 14,6 | m |
| Lâcher d'eau | 0 | m ³ |

6.2. Différents niveaux de la retenue

Les différents niveaux de la retenue sont représentés sur la figure 6.2 :

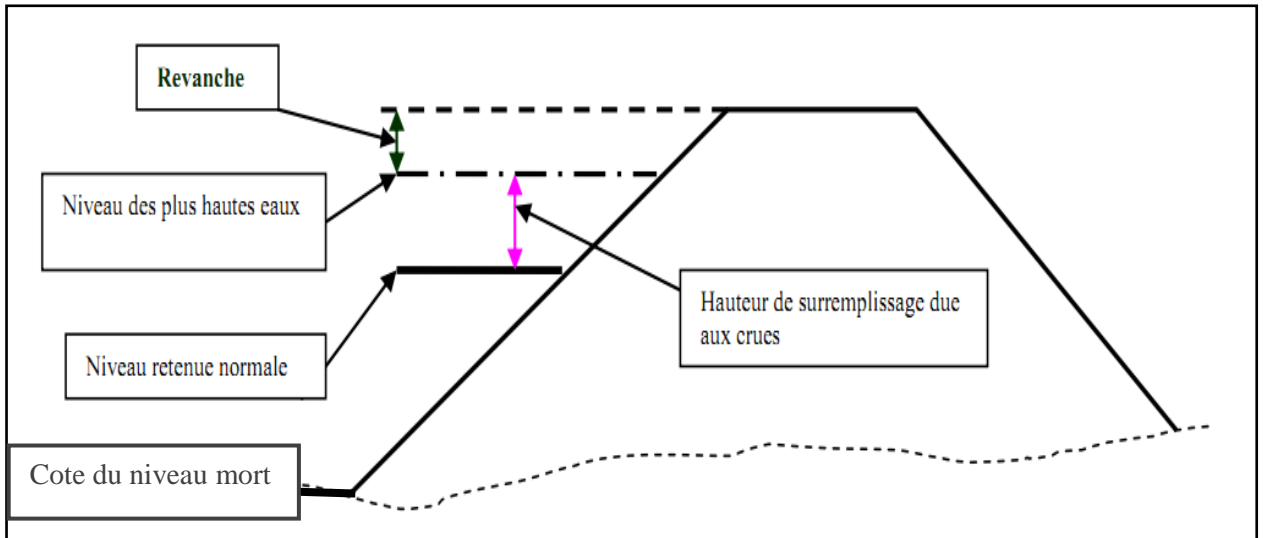


Figure 6.2 : Représentation des différents niveaux de la retenue

6.2.1. Volume et cote du niveau mort

Les résultats concernant l'estimation des apports solides annuels sont illustrés dans le tableau 6.3 suivant :

Tableau 6.3 : Résultat de l'apport solide (chapitre 4)

| Paramètres | Valeur | Unité |
|------------------------|--------|-------------------------------------|
| Taux d'abrasion annuel | 384 | m ³ /km ² /an |
| Apport solide annuel | 5 328 | m ³ /an |
| Durée de vie projetée | 15 | an |
| Lâcher d'eau | 0 | m ³ |

Le volume mort pour le site de la retenue est de 79 920 m³. Ce volume correspond à la côte de niveau mort égale à 631,48 m déduite à partir de la Courbe « Hauteur – Capacité ».

6.2.2. Volume utile et cote de niveau normale de la retenue

La cote de niveau normal de la retenue (NNR) permet d'arrêter la capacité optimale de l'ouvrage. Dans le cas d'une étude de retenue collinaires, elle est obtenue à partir des calculs de régularisation, en tenant compte des résultats de calcul hydrologique (HE=14.6 m). Cette cote correspond à la cote du terrain naturel au droit de l'axe de la digue à laquelle s'ajoute la hauteur d'eau du volume utile (NNR= 634.25 m).

6.2.3. Volume et cote des plus hautes eaux

La cote des plus hautes eaux correspond à la cote de retenue normale (NPHE) à laquelle s'ajoute la charge au dessus du déversoir, cette dernière est obtenue après calcul de laminage des crues.

6.2.3.1. Les caractéristiques de la crue

Les dimensions et le coût de l'ouvrage d'évacuation des crues peuvent être réduits sans affecter la sécurité globale de l'aménagement. Le calcul de laminage de crues permet d'atteindre cet objectif. Ce type de calcul optimise la capacité de stockage momentanée de la retenue et le débit progressif des déversements en fonction de l'apport entrant de la crue. Cette relation peut être formulée comme suit:

$$Q dt = q dt \pm S dh \dots\dots\dots 6.5 \quad [7]$$

Où, Q : débit entrant de la crue,

q : débit déversé;

S : la surface de la cuvette.

Le débit cumulé à l'instant t est égal à:

$$Q - q = \pm S \frac{dh}{dt} \dots\dots\dots 6.6$$

$\frac{dh}{dt}$: Vitesse de remplissage (ou de montée) de la retenue.

Le principe de calcul d'optimisation repose sur deux paramètres essentiels : la crue de projet et la charge au dessus du déversoir.

a. Le volume de la crue de projet

Le volume de la crue de projet est déterminé sur la base d'une crue de projet de période de retour de 100 années (Fréquence 1%).

Pour un débit de crue de 109,90 m³/s, le volume de crue serait de 1 319 494 m³.

b. La charge au dessus du déversoir

La charge au dessus du déversoir est fonction de sa largeur. Elle est calculée à partir de l'expression:

$$Q_{pr} = m b \sqrt{2g} H^{3/2} \dots\dots\dots 6.7 \quad [8]$$

b est la largeur du déversoir ;

m le coefficient de débit (0,48 pour un seuil déversant) ;

et H est la charge d'eau sur le seuil.

Une fois ces deux paramètres définis, les calculs sont effectués pour différentes largeurs de déversement envisagées.

Le calcul de laminage est effectué en faisant varier à la fois la charge au-dessus du déversoir et sa largeur, jusqu'à obtention de la même valeur du débit laminé comme l'indique le tableau 6.4 suivant :

Tableau 6.4: Calcul de laminage

| Hauteur (m) | V charges (m ³) | Q laminé (m ³ /s) | Débit (m ³ /sec) | | | | | |
|-------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------|--------|--------|--------|--------|
| | | | 10,10 | 10,20 | 10,30 | 10,40 | 10,50 | 10,60 |
| | | | Largeur du déversoir (m) | | | | | |
| 2,22 | 124098 | 99,56 | 97,18 | 98,14 | 99,10 | 100,06 | 101,02 | 101,99 |
| 2,23 | 125736 | 99,51 | 97,83 | 98,80 | 99,77 | 100,74 | 101,71 | 102,67 |
| 2,24 | 125373 | 99,46 | 98,49 | 99,47 | 100,44 | 101,42 | 102,39 | 103,37 |
| 2,25 | 126018 | 99,40 | 99,15 | 100,13 | 101,11 | 102,09 | 103,08 | 104,06 |
| 2,26 | 126673 | 99,35 | 99,81 | 100,80 | 101,79 | 102,77 | 103,76 | 104,75 |
| 2,27 | 127329 | 99,29 | 100,47 | 101,47 | 102,46 | 103,46 | 104,45 | 105,45 |

Tous les résultats de tableau 6.4 sont représentés sous forme des courbes comme le montre la figure 6.3 suivante :

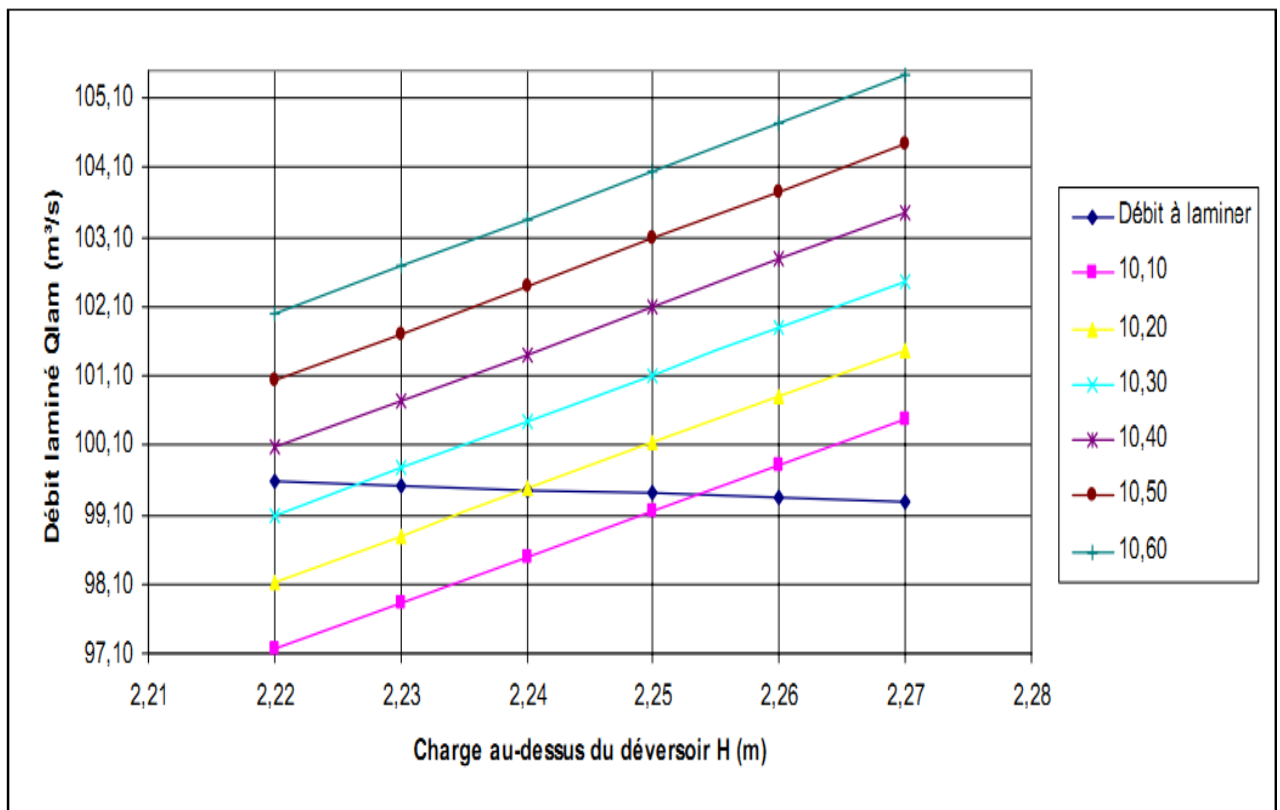


Figure 6.3 : laminage de la crue TECAGC-058

La charge au dessus de du déversoir est de 2,24 m.

Le niveau des plus hautes eaux serait donc : NPHE= 634,25 + 2,24= 636,49 m

6.2.4. Cote de la crête

La cote de la crête de la digue est égale à la cote des plus hautes eaux majorées par la revanche.

$$C_{cr} = C_{PHE} + R \dots\dots\dots 6.8$$

Avec : C_{cr} : la Cote de la crête en m ;

R : Revanche en m.

6.2.4.1. Calcul de la revanche

La revanche est la tranche comprise entre la crête de la digue et le niveau des plus hautes eaux. Elle correspond à une hauteur de sécurité, pour la protection de l'ouvrage contre les élévations du niveau d'eau et les risques de submersion. Elle constituera ainsi une tranche supplémentaire d'amortissement des crues exceptionnelles.

Cette revanche R est fonction de la hauteur des vagues (H), de la vitesse du vent (v) et de la vitesse de propagation des vagues dans la retenue (V). La revanche est appréhendée à l'aide de trois formules empiriques.

a. Formule de STENVENSON et GAILLARD

La revanche minimale est donnée par la relation:

$$R = H + \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots 6.9 \quad [6]$$

la hauteur des vagues H est estimée à l'aide de la formule empirique de STEVENSON:

Pour $F < 18$ km (F: désigne le Fetch (Km))

$$H = 0.76 + 0.3 \sqrt{F} - 0.26 \sqrt[4]{F} \dots\dots\dots 6.10 \quad [6]$$

Dans ce cas : $H = 0.76 + 0.3 \sqrt{0.43} - 0.26 \sqrt[4]{0.43} = 0.75$ m

V étant la vitesse de propagation des vagues vers le haut, calculée selon l'expression de GAILLARD:

$$V = 1.5 + 0.67 * H \dots\dots\dots 6.11 \quad [6]$$

On obtient $V = 1.5 + 0.67 * 0.75 = 2 \text{ m/sec}$

$$\text{Ce qui donne : } R = 0.75 + \frac{2^2}{2 \times 10} = \mathbf{0.95 \text{ m}}$$

Les résultats de calcul de la revanche sont récapitulés dans le tableau 6.5 ci-après :

Tableau 6.5 : Résultats de la revanche par la formule de STENVENSON et GAILLARD

| | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| Longueur de la retenue (Fetch) F | 0,43 | Km |
| Hauteur des vagues H | 0,75 | m |
| Vitesse de propagation des vagues V | 2,00 | m/sec |
| Hauteur de la revanche R | 0,95 | m |

b. Formule de MALLET et PACQUANT

La relation donnant la revanche est de la forme :

$$R = H + \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots 6.12$$

Dans ce cas : $H = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \sqrt{F}$

$$H = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \sqrt{0.43} = 0.72 \text{ m}$$

et : $V = 1.5 + 2. H$ [6]

$$V = 1.5 + 2. 0.72 = 2.94 \text{ m/sec}$$

$$\text{Ce qui donne : } R = 0.72 + \frac{2.94^2}{2 \times 10} = 1.16 \text{ m}$$

Les résultats de calcul de la revanche sont récapitulés dans le tableau 6.6 suivant :

Tableau 6.6 : les résultats de la revanche par la formule de MALLET et PACQUANT

| | | |
|-------------------------------------|------|-------|
| Longueur de la retenue (Fetch) F | 0,43 | Km |
| Hauteur des vagues H | 0,72 | m |
| Vitesse de propagation des vagues V | 2,94 | m/sec |
| Hauteur de la revanche R | 1.16 | m |

c. Formule simplifiée

Le calcul de la revanche par la formule simplifiée est donné comme suit :

$$R = 1 + 0.3 * F^{0.5} \dots\dots\dots 6.13 \quad [6]$$

$$\text{Dans ce cas : } R = 1 + 0.3 * 0.43^{0.5} = 1.20 \text{ m}$$

Les résultats de calcul de cette formule sont représentés dans le tableau 6.7 suivant :

Tableau 6.7 : Résultats de la formule simplifiée

| | | |
|----------------------------------|------|----|
| Longueur de la retenue (Fetch) F | 0,43 | Km |
| Hauteur de la revanche R | 1,20 | m |

Une fois les calculs effectués par les trois méthodes (tableau 6.8), la valeur maximale est adoptée pour la revanche. Sachant que dans la pratique, la valeur de la revanche doit être supérieure à 1 m. Nous optons donc pour une revanche de **1,20 m**.

Tableau 6.8 : Récapitulatif des résultats de la revanche des trois formules

| Formule | Revanche |
|---|-------------|
| Stevenson et Gaillard | 0,95 |
| Mallet et Pacquant | 1,16 |
| Simplifiée | 1,20 |
| La revanche à adopter tenant compte du tassement | 1,20 |

La cote de la crête serait donc: $C_{cr} = 636,49 + 1,20 = \mathbf{637,69\ m}$

Les paramètres de la retenue sont récapitulés dans le tableau 6.9 ci-après :

Tableau 6.9 : Caractéristiques de la retenue

| Paramètres | Valeur | Unité |
|------------------------------------|---------|----------------|
| Capacité utile | 102 718 | m ³ |
| Capacité totale | 182 638 | m ³ |
| Volume mort (tranche morte) | 79 920 | m ³ |
| Durée de vie projetée | 15 | an |
| Superficie de la cuvette | 46 878 | m ² |
| Longueur Fetch (F) | 0,43 | km |
| Niveau du lit de l'oued | 619,69 | m |
| Niveau minimal d'exploitation | 631,48 | m |
| Niveau Normal de la retenue (NNR) | 634,25 | m |
| Niveau des Plus Hautes Eaux (NPHE) | 636,49 | m |
| Niveau de la crête de la digue | 637,69 | m |

6.3. Eléments du barrage

6.3.1. Type de barrage

Les conditions topographiques, géotechniques et géologiques du site que nous avons relaté dans les chapitres précédent nous conduisent au choix d'un barrage en terre. A ce niveau trois alternatives peuvent être l'objet d'une étude de réflexion sur la retenue de barrage ; à savoir :

- barrage en terre homogène ;
- barrage en terre à écran ;
- et barrage en terre à noyau étanche.

Vu de la disponibilité aux environs du site de matériaux fins, nous pouvons conclure que la variante de barrage en terre homogène s'impose comme étant la plus économique.

6.3.2. La largeur en crête

La largeur en crête (b) de la digue doit être suffisante pour qu'il n'y ait pas de déversement d'eau par-dessus de l'ouvrage, lorsque la retenue est pleine. Cette largeur doit également permettre la circulation des engins pour les travaux de finition de la digue et éventuellement pour l'entretien ultérieur. Elle ne doit donc pas être inférieure à 3,00 m.

La largeur en crête dépend essentiellement de la hauteur de la digue mais aussi d'autres facteurs et notamment les risques de tremblements de terre et de la longueur minimale du chemin d'infiltration qui assure un gradient hydraulique suffisamment faible à travers le barrage lorsque le réservoir est plein. La largeur en crête est estimée selon plusieurs relations empiriques (POST et al. 1953) :

a. T.T. Knappen

$$b = 1.65 * \sqrt{H_d} \dots\dots\dots 6.14 \quad [6]$$

H_d étant la hauteur de la digue

$$H_d = H_E + H_{PHE} + R$$

$$H_d = 14.6 + 2.24 + 1.20 \approx 18\text{m}$$

$$\text{On obtient } b = 1.65 * \sqrt{18} = 7 \text{ m}$$

b. E.F. Preece

$$b = 1.1 * \sqrt{H_d} + 1 \dots\dots\dots 6.15 \quad [6]$$

On obtient $b = 1.1 * \sqrt{18} + 1 = 5.67 \text{ m}$

c. Formule pratique

$$b = \frac{5}{3} * \sqrt{H_d} \dots\dots\dots 6.16 \quad [7]$$

On obtient $b = \frac{5}{3} * \sqrt{18} = 7 \text{ m}$

d. Formule simplifiée

$$b = 3.6 \sqrt[3]{H_d} - 3 \dots\dots\dots 6.17 \quad [7]$$

On obtient $b = 3.6 \sqrt[3]{18} - 3 = 6.43 \text{ m}$

La largeur en crête adoptée correspond à la valeur maximale obtenue par les quatre méthodes. Sinon la valeur minimale de 3 mètres est adoptée. La crête sera renforcée par un revêtement constitué de mélange de gros graviers bitumineux.

Afin d'éviter la stagnation des eaux de pluies, une pente de 2% de part et d'autre à partir de l'axe de la crête est à réaliser (JURAVLEV 1966, TCHOUGAEV 1975 et VOLKOV 1978).

Les résultats de la largeur obtenue par les différentes formules sont récapitulés dans le tableau 6.10 ci-après :

Tableau 6.10 : Récapitulatif des résultats de calculs de la largeur de crête

| N° | Relations | Largeur | Unité |
|----|--|-------------|----------|
| 0 | La largeur minimale préconisée pour l'exploitation | 3,00 | m |
| 1 | Knappen | 7,00 | m |
| 2 | Preece | 5,67 | m |
| 3 | Pratique | 7,00 | m |
| 4 | Simplifiée | 6,43 | m |
| 5 | La largeur de la digue à adopter est | 7,00 | m |

Nous adoptons donc une largeur en crête de **7,00 m**.

6.3.2.1. La longueur en crête

Elle est obtenue par mesure sur les plans topographiques. Elle est égale à **145,00 m**

6.3.2.2. Pente des talus

La pente des talus selon les recommandations de «Technique des barrages en aménagement rural - en France » et les normes soviétiques pour un barrage zoné sont identiques.

Fruit amont : $m_1 = 3,0$

Fruit aval : $m_2 = 2,5$

Nous optons ainsi pour ces recommandations et confirmerons les valeurs par le calcul de la stabilité.

6.3.2.3. La protection des pentes du talus

La protection des talus amont et aval se fait de la même manière que la crête de la digue. Les talus doivent être protégés contre les dangers d'érosion provoqués par les vagues de la retenue, le ruissellement de la pluie ou les vents.

La protection est également prévue contre les animaux 'creuseurs' de terriers à travers la digue. Cette protection prémunit également la digue des dommages causés par les troupeaux d'animaux domestiques ainsi que de l'action de l'homme.

Une protection superficielle du talus amont par un enrochement sera projetée. Les dimensions de ce dernier se calculent par plusieurs méthodes, à savoir :

a. Formule utilisée par la TVA

Les dimensions de l'enrochement peuvent être déterminées théoriquement en fonction de la hauteur des vagues (H) et de leur vitesse de propagation (V).

$$e = C \times V^2 \dots\dots\dots 6.18 \quad [7]$$

Où V est la vitesse des vagues (m/s), $V=2$ m/s déterminée par la relation de GAILLARD,

C: le coefficient dépendant de la pente du talus et du poids spécifique du matériau d'enrochement. $C = 0,028$ (Technique des barrages en aménagement rural).

Alors nous optons : $e = 0.028 \times 2^2 = 0.11\text{m}$

Dans ce cas, l'épaisseur de l'enrochement $e = 0,11 \text{ m}$

b. Formule de CHANKIN

L'épaisseur de l'enrochement est donnée par la relation suivante :

$$e = 1.7.H. \frac{G_W \sqrt{1+m_1^2}}{(G_P - G_W).m_1.(2+m_1)} \dots\dots\dots 6.19 \quad [7]$$

H : hauteur des vagues (m) ;
 G_w : poids volumique de l'eau (t/m³) ;
 G_p : poids volumique des pierres (t/m³) ;
 et m₁ : fruit du talus amont.

Alors nous optons : $e = 1.7. 0,75. \frac{1\sqrt{1+3^2}}{(2.65-1).3.(2+3)} = 0.16 \text{ m}$

Dans ce cas l'épaisseur de l'enrochement **e = 0.16 m**

Tableau6.11 : résultats obtenues par la formule de CHANKIN

| | | |
|--|------|------------------|
| Fruit du talus amont m ₁ | 3,00 | |
| Poids volumique de l'eau G _w | 1,00 | t/m ³ |
| Poids volumique des pierres G _p | 2,65 | t/m ³ |
| Hauteur des vagues H | 0,75 | m |
| Epaisseur de l'enrochement e | 0,16 | m |

c. Formule de PICKIN

L'épaisseur de l'enrochement est donnée par la relation suivante :

$$e = \frac{n.0.178.H}{(G_P - G_W)} \sqrt{\frac{1+m_1^2}{m_1^2}} \dots\dots\dots 6.20 \quad [7]$$

Où n est le coefficient de sécurité, pris égal à **1,70**.

Pour améliorer la stabilité et protéger le talus amont de la digue, des revêtements souples appelés matelas Reno sont recommandés. Ces derniers offrent une série d'avantages qui les rendent préférables aux revêtements rigides ou semi-rigides.

Une zone de transition entre le matériau constituant la digue et les matelas Reno de protection en sable alluvionnaire d'une épaisseur moyenne de 15 cm est prévue.

Dans ce cas nous optons : $e = \frac{1.7 \times 0.178 \times 0.75}{(2.65 - 1)} \sqrt{\frac{1+3^2}{3^2}} = 0.14 \text{ m}$

Tableau6.12 : résultats obtenues par la formule de PICKIN

| | | |
|--|------|------------------|
| Fruit du talus amont m ₁ | 3,00 | |
| Poids volumique de l'eau G _w | 1,00 | t/m ³ |
| poids volumique des pierres G _p | 2,65 | t/m ³ |

| | | |
|------------------------------|------|---|
| Hauteur des vagues H | 0,75 | m |
| coefficient de sécurité | 1,70 | |
| Epaisseur de l'enrochement e | 0,14 | m |

Enfin les résultats obtenus par les différentes formules sont récapitulés dans le tableau 6.13 suivant :

Tableau6.13 : récapitulatif des résultats de e obtenus par les différentes formules

| N° | Relations | Largeur | Unité |
|----|---|-------------|----------|
| 1 | Formule utilisée par la TVA | 0,11 | m |
| 2 | Formule de CHANKIN | 0,16 | m |
| 3 | Formule de PICKIN | 0,14 | m |
| 4 | Epaisseur de l'enrochement à adopter e | 0,40 | m |

Nous optons pour une épaisseur des enrochements $e = 40 \text{ cm}$ et un diamètre moyen de $d_m = 30 \text{ cm}$.

6.3.2.4. Les bermes

Sur le talus amont est prévue une berme pour permettre d'effectuer des contrôles sur la digue et de procéder à d'éventuelles réparations sur le talus.

Pour protéger le talus aval de l'érosion due aux ruissellements des pluies et de la fonte des neiges, il est nécessaire de prévoir une berme.

Les bermes amont et aval sont prévus à mi-hauteur. C'est à dire;

$$\text{Cote de la berme} = 619,69 + (18/2) = 628,69 \text{ m}$$

La largeur de la berme est de 3,0 m. La berme aval doit avoir une pente dans le sens du talus amont de 3%.

A l'extrémité de la berme aval dans le sens du talus amont est conçu un collecteur des eaux de ruissellement.

6.3.2.5. Le drain vertical

Vu la hauteur de la digue ($H_d=18\text{m}$), on prévoit un drain vertical placé au centre de la digue pour intercepter les eaux d'infiltration. Ce drain est constitué d'un rideau de 1,00 m de largeur en matériau grossier.

La crête du rideau sera calée à la côte 634,25m (NNR).

L'eau de percolation interceptée par ce drain sera évacuée par un drain-tapis filtrant.

6.3.2.6. Le drain de pied

Afin d'éviter la sortie des eaux d'infiltrations et assurer la stabilité de talus aval de la digue contre l'érosion, nous prévoyons un prisme de drainage au pied aval de la digue qui permet le rabattement de la ligne de saturation. Le prisme de drainage sera constitué d'enrochement.

La transition entre le matériau des recharges et du prisme de drainage sera assurée par une couche de gravier de 30 cm.

Les coefficients de talus amont et aval du prisme sont respectivement de 1/1,5 et 1/2.

La crête du prisme de drainage sera arasée à la cote 621,08 m dictée par le niveau d'eau aval.

La largeur de la crête du prisme est prise égale à 3,00 m.

Les différents résultats de dimensionnement de la digue sont récapitulés dans le tableau 6.14 ci-après

Tableau 6.14 : récapitulatif des résultats du dimensionnement de la digue

| Paramètres | Valeur | Unité |
|-------------------------------------|----------|----------------|
| Longueur d'assise de la digue | 5,0 | m |
| Longueur en crête de la digue | 145 | m |
| Largeur de la crête de la digue | 7,0 | m |
| Hauteur d'eau dans la digue | 14,6 | m |
| Hauteur de la digue H_d | 18 | m |
| Revanche | 1,2 | m |
| Type de digue | Homogène | - |
| Épaisseur d'enrochement de la digue | 0,4 | m |
| Volume de la digue | 30 952 | m ³ |
| Fruit du talus amont | 3 | - |
| Fruit du talus aval | 2,5 | - |

6.4. Etude des infiltrations

L'étude des infiltrations a pour objectif de déterminer les éléments suivants:

- la ligne de saturation ;
- les pressions interstitielles ;
- et le débit de fuite à travers le corps de la digue.

6.4.1. La ligne de saturation des eaux dans le corps de la digue

La digue est assimilée à un massif homogène reposant sur une assise imperméable. Des infiltrations d'eau se produisent dans le corps de la digue, la ligne de saturation est en pratique confondue avec la ligne phréatique le long de laquelle la pression hydrostatique de l'eau au sein du massif est nulle. Elle délimite la partie sèche ou humide de la partie saturée d'eau de la retenue ; déterminée en tenant compte des hypothèses de travail suivantes :

- le sol est homogène et isotrope, c'est à dire que les perméabilités horizontales et verticales sont identiques;
- et le calcul se fait pour une section critique de la digue.

KOZENY a montré que dans un barrage en terre homogène non drainé, la ligne de saturation peut être assimilée dans sa partie médiane à une parabole d'axe horizontale dont le foyer 0 est situé au pied du parement aval du barrage (figure 6.4). L'équation de cette parabole s'écrit comme suit : $y^2 = y_0^2 + 2 x y_0$6.21 [9]

De l'équation de la parabole pour $y = h$ et $x = d$ on obtient la valeur de y_0 :

avec :

$$y_0 = \sqrt{h^2 + d^2} - d \dots\dots\dots 6.22 [9]$$

h : hauteur du niveau de l'eau sur la base $h = 18$ m

d étant la largeur en base de la retenue diminuée de $0.7b$ et de la longueur de drain.

b étant la projection horizontale de la partie mouillée du parement amont.

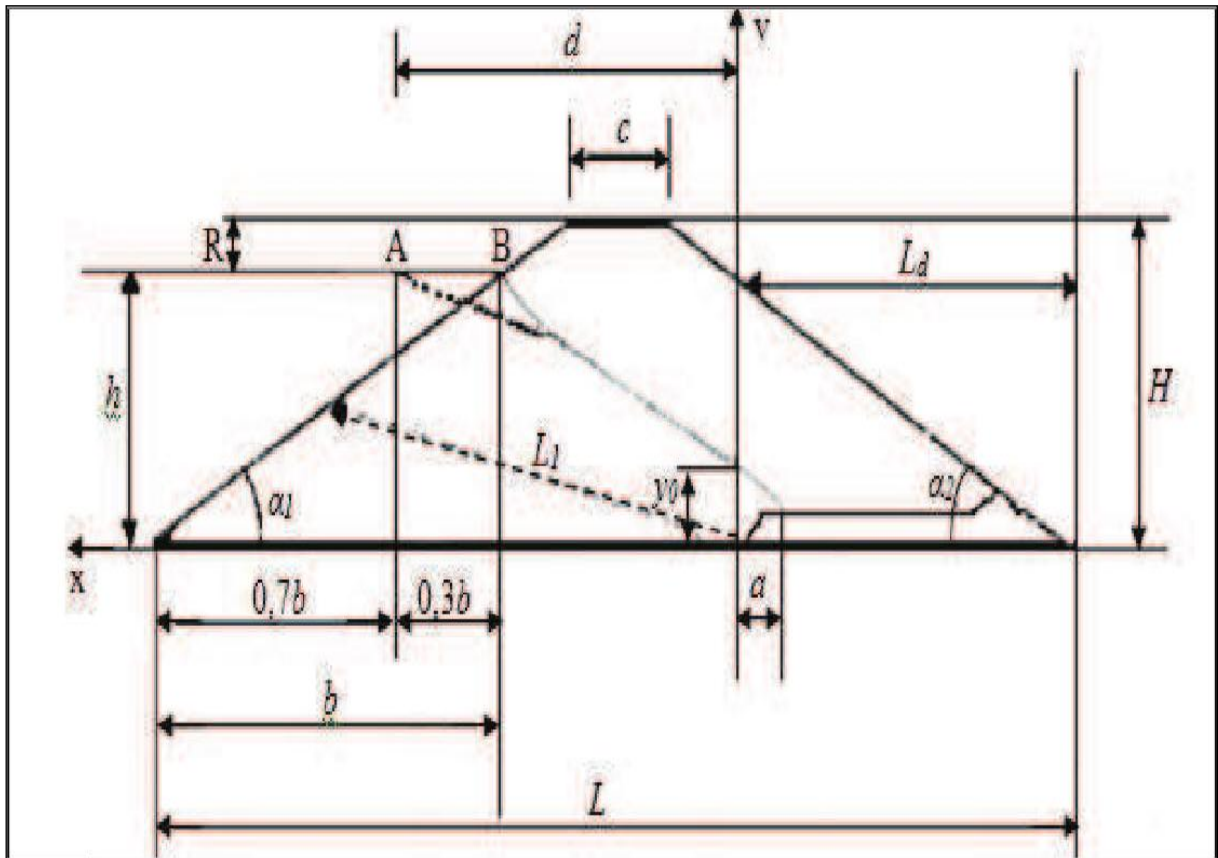


Figure6.4 : tracé de la ligne de saturation dans une digue en terre – Parabole de KOZENY

– Calcul de l’emprise de barrage

$$L=C+H*(1/tg\alpha_1 + 1/tg\alpha_2).....6.23 \quad [8]$$

Avec C : largeur de la crête du barrage. C=7m ;

H : hauteur totale du barrage. H=18m ;

Dans ce cas $L=7+18*(\frac{1}{2/5} + \frac{1}{1/3})=58$ m

– Calcul de la longueur de drain

$$L_d = (1/4 \text{ à } 1/3)*L \quad6.24 \quad [8]$$

On prend $L_d = \frac{1}{3.5} * L = \frac{1}{3.5} * 58 = 16.571$ m

– Calcul de la projection horizontale de la ligne mouillée du talus amont b

$$b = h*(1/tg\alpha_1) \quad6.25 \quad [8]$$

avec h : hauteur de niveau d’eau h=14.6m

Dans ce cas $b = 14.6 * \frac{1}{1/3} = 43.8\text{m}$

– Calcul de d

$$d = L - L_d - 0.7 * b \dots\dots\dots 6.26 \quad [8]$$

Ce qui donne $d = 58 - 16.769 - 0.7 * 43.8 = 10.769 \text{ m}$

– Calcul de y_0 :

$$y_0 = \sqrt{h^2 + d^2} \dots\dots\dots 6.27$$

Dans ce cas $y_0 = \sqrt{14.6^2 + 10.769^2} = 18.11 \text{ m}$

D'où l'équation de la ligne de saturation :

$$y^2 = y_0^2 + 2 x y_0 \dots\dots\dots 6.28$$

Dans ce cas $y^2 = 18.11^2 + 2X * 18.11$

On obtient : $y^2 = 54.316 + 36.22 X$

Représentation graphique de l'équation est montrée sur la figure 6.5 ci-après :

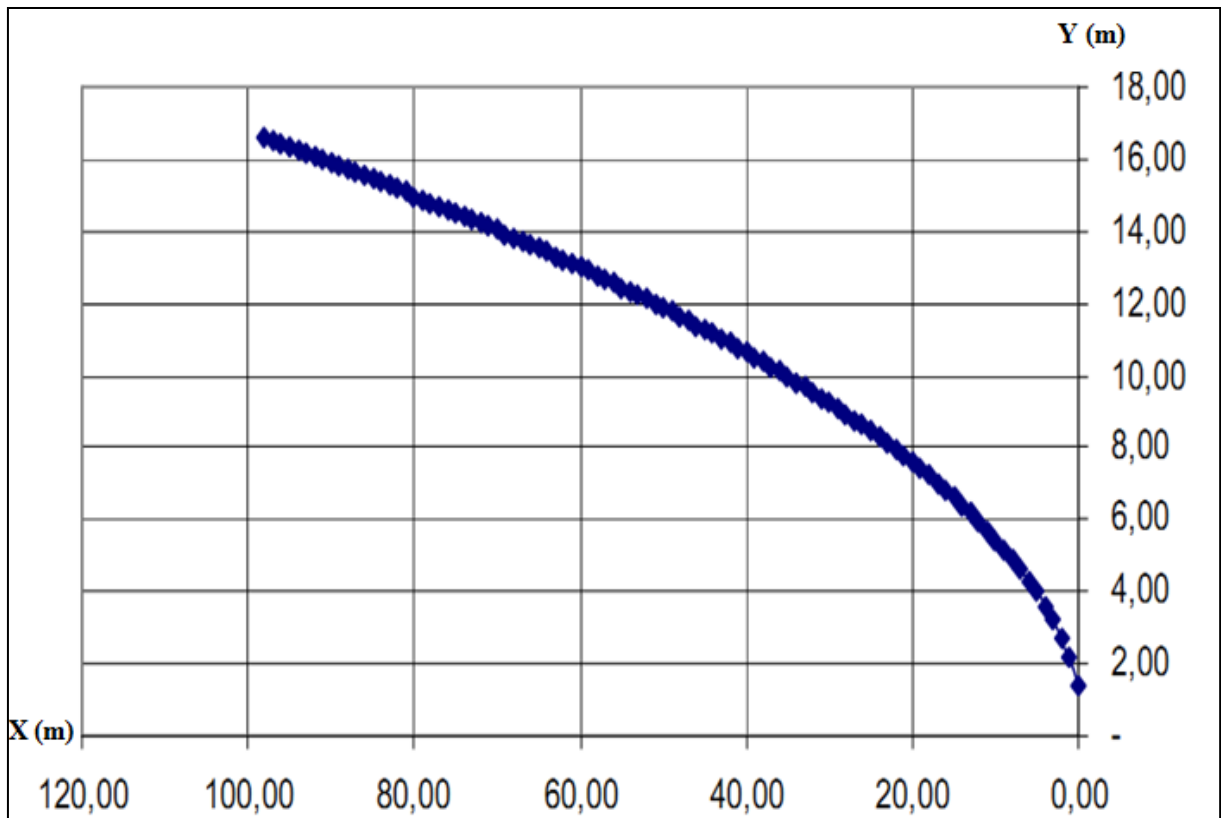


Figure6.5 : Tracé de la parabole de KOZENY

6.4.2. Estimation du débit de fuite

En vertu de la loi de Darcy

$$q = S \cdot k \cdot \frac{h}{L_1} \dots\dots\dots 6.29 \quad [8]$$

h : hauteur d'eau à l'amont du barrage ;

S : longueur mouillée du parement amont du barrage ;

K : coefficient de perméabilité de Darcy, $K = 7.4 \cdot 10^{-06} \text{ m/s}$;

q : débit par mètre linéaire du barrage ;

et L_1 : longueur moyenne des lignes de courant (la distance séparant l'extrémité amont du drain horizontal et le centre de la ligne mouillée du parement amont du barrage).

Calcul de L_1 :

$$L_1 = \sqrt{(d + 0.2 \cdot b)^2 + \left(\frac{h}{2}\right)^2} \dots\dots\dots 6.30 \quad [8]$$

Ce qui donne $L_1 = \sqrt{(10.769 + 0.2 \cdot 43.8)^2 + \left(\frac{14.6}{2}\right)^2} = 20.84 \text{ m}$

– Calcul de S

$$S = \sqrt{b^2 + h^2} \dots\dots\dots 6.31 \quad [8]$$

Ce qui donne $S = \sqrt{43.8^2 + 14.6^2} = 46.16\text{m}$

Le débit de fuite

$$q = S * K * \frac{h}{L_1}$$

ce qui donne : $q = 1.9 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s/ml}$

Tableau 6.15 : débits de fuites

| Paramètres | Valeur | Unité |
|---|---------|----------------------|
| Perméabilité du matériel de remblai k | 7,4E-06 | m/s |
| Le débit de fuite q à travers la digue par mètre linéaire | 1,9E-06 | m ³ /s/ml |
| Longueur d'assise de la fondation de la digue | 3,00 | m |
| Le débit de fuite à travers toute la digue | 4,9E-06 | m ³ /s |
| Le débit de fuite annuel à travers toute la digue | 1,5E+02 | m ³ /an |
| Le débit de fuite journalier à travers toute la digue | 0,4197 | m ³ /jour |

Le débit de fuite obtenu est de 0,42 m³/jour, il est à la limite de débit admissible qui est de l'ordre de 0,5 m³/jour et m² de section.

6.5. Calcul de stabilité

6.5.1. Stabilité des talus

Le calcul de stabilité des talus à pour objet de vérifier les fruits des parements adopté initialement en pré-dimensionnement.

Fruit du talus amont $m_1 = 3$

Fruit du talus aval $m_2 = 2,5$

Sur la base d'une étude de stabilité, il est vérifié que ces pentes présentent réellement une sécurité suffisante. Elles doivent contribuer à atteindre un coefficient de sécurité $F \geq 1.40$.

6.5.1.1. Méthode de calcul

Il n'existe pas de méthode globale permettant de calculer la stabilité d'un système sans faire d'hypothèses. Pour arriver à un résultat, nous sommes dans l'obligation de nous donner la forme de la surface de rupture au contact de laquelle il peut y avoir glissement. Nous prenons en général une forme circulaire qui s'appelle cercle de glissement. Cette hypothèse est bien conforme à ce qu'il a pu être observé sur les glissements des talus. A partir de cette hypothèse, nous découpons le terrain en tranches verticales de faible épaisseur juxtaposées et

nous étudions l'équilibre de l'ensemble. Il existe plusieurs méthodes de calcul suivant la nature des hypothèses faites sur les interactions entre tranches et sur la pression interstitielle. La méthode la plus couramment utilisée est celle de FELLENIUS.

a. Méthode de FELLENIUS [9]

Elle admet que la rupture a lieu suivant une surface de glissement en forme de cylindre. Cette hypothèse, étant faite, plusieurs cercles de glissement sont tracés sur une coupe transversale du talus et le cercle le plus critique est recherché, c'est-à-dire celui qui présente le coefficient de sécurité le plus faible, en appliquant la méthode ci-après exposée (figure 6.5).

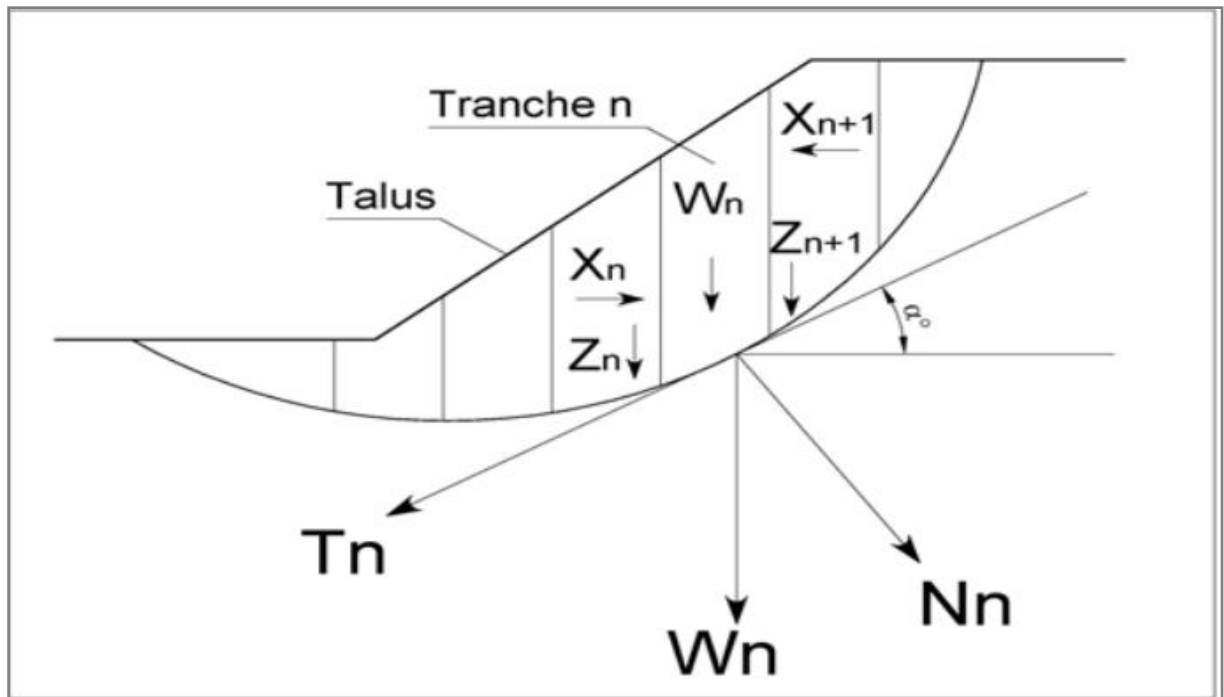


Figure6.6: Schéma de calcul de la tranche verticale sur le talus.

Pour simplifier les calculs, FELLINIUS admet les hypothèses suivantes:

– Au niveau de chaque tranche: $X_{n+1} - X_n = 0$ 6.32

$$Z_{n+1} - Z_n = 0 \text{6.33}$$

Ce qui revient à dire qu'il n'y a pas d'interaction.

- La force tangentielle T a tendance à entrainer le glissement, elle est motrice. T_n est la composante tangentielle du poids de toute la matière contenue dans la tranche n , sol et eau.
- La force N est stabilisatrice car elle mobilise le frottement interne, elle crée une force résistante ($N \cdot \tan \phi$) opposée à T .
- W_n : poids de la tranche d'ordre n
- X_n, Z_n : composantes de l'action de la tranche d'ordre $n-1$ sur la tranche n .

– X_{n+1}, Z_{n+1} : composantes de l'action de la tranche d'ordre $n+1$ sur la tranche n .

Si R est le rayon du cercle de glissement, le moment des forces résistantes M_r est:

$$M_r = (\sum_{i=1}^n N_i \operatorname{tg} \varphi + C * L) * R \dots\dots\dots 6.34$$

Où, L désigne la longueur de l'arc du cercle ;

C : la cohésion ;

et φ : angle de frottement.

Le moment des forces motrices est:

$$M_m = \sum_{i=1}^n T_i * R \dots\dots\dots 6.35$$

Avec $N_i = W_i \cdot \cos \theta_i \dots\dots\dots 6.36$

$T_i = W_i \cdot \sin \theta_i \dots\dots\dots 6.37$

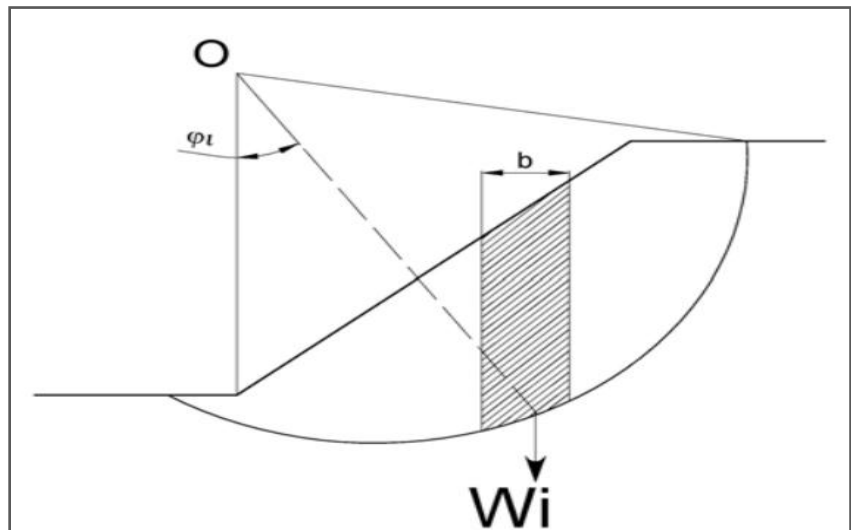


Figure 6.7 : Représentation graphique du cercle de rupture

Dans notre cas, on recherche la stabilité d'un massif homogène de poids volumique γ , des caractéristiques mécaniques cohésions « C » et angle de frottement « φ », qui présente un talus incliné d'un angle β sur l'horizontale et de hauteur verticale H . Le massif n'est soumis à aucune autre force que son propre poids.

L'abaque de Sanglerat (Figure 6.7) permet de déterminer le cercle de glissement critique passant par le pied de talus (figure 6.8).

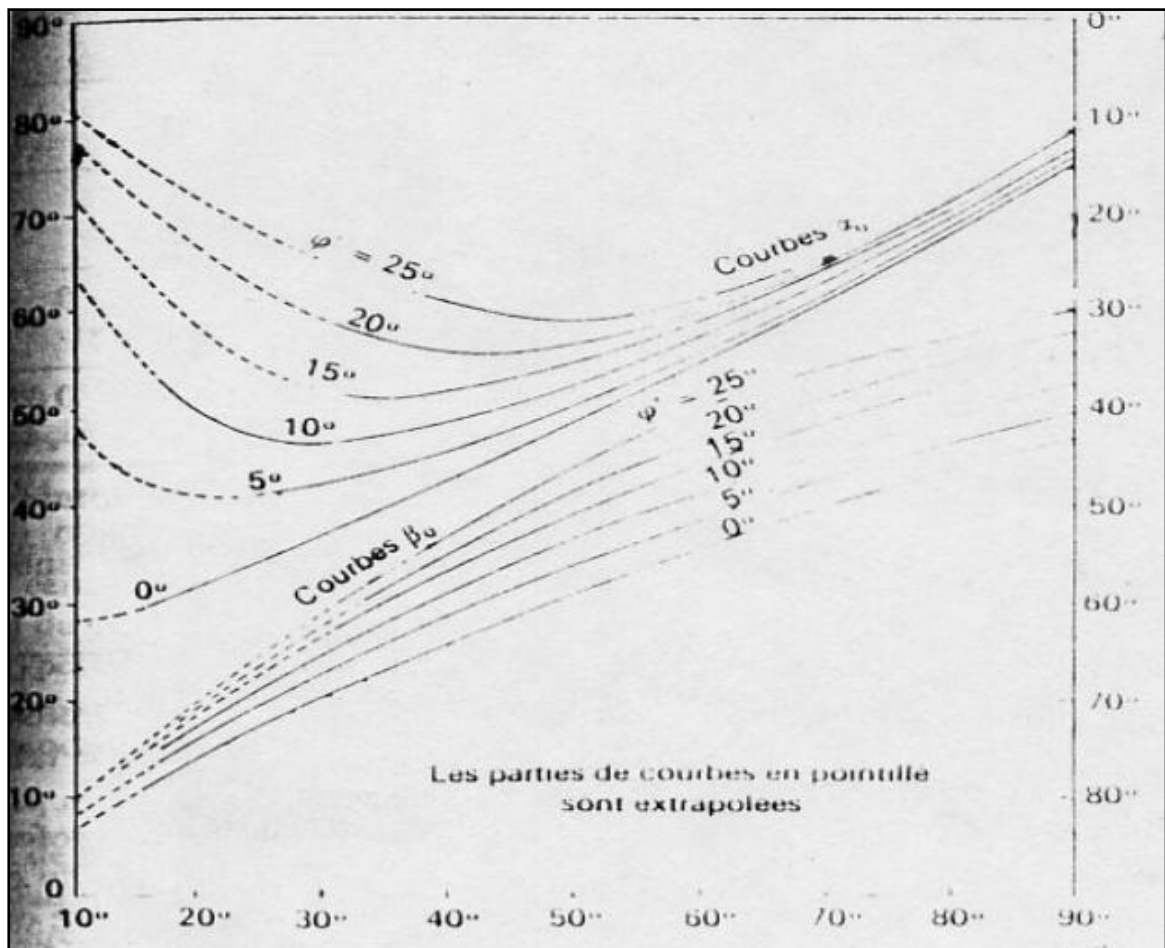


Figure 6.8: Abaque de détermination du cercle de rupture passant par le pied du talus (Extrait de Sanglerat) [10]

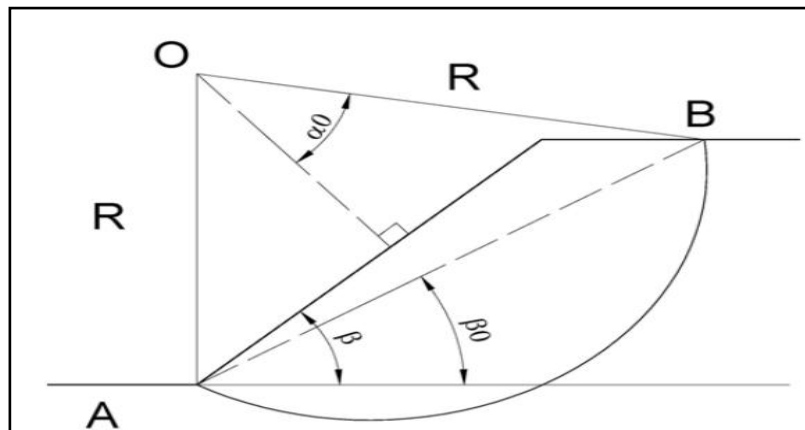


Figure 6.9: Représentation graphique de cercle de glissement critique et de α_0 et β_0 .

La construction graphique du cercle permet d'obtenir le rayon du cercle de glissement.

a) Application de la méthode de FELLENIUS

La zone de glissement est découpée en plusieurs tranches de même longueur b . nous avons:

$$BA = 2 \cdot R \cdot \sin\alpha_0 \quad \longrightarrow \quad R = \frac{BA}{2\sin\alpha_0} \dots\dots\dots 6.38$$

Dans notre cas : $R = \frac{58.50}{2\sin 22} = 78.09 \text{ m}$

La projection horizontale de BA vaut donc $BA \cdot \cos \beta_0$.

En considérant i tranches, le coefficient de sécurité est calculé uniquement à partir de l'équilibre des moments par rapport au centre du cercle de glissement :

$$F = \frac{M_r}{M_m} = \frac{\sum_{i=1}^n (W_i \cos \theta_i \operatorname{tg} \varphi) + C \cdot L}{\sum_{i=1}^n (W_i \sin \theta_i)} \dots\dots\dots 6.39$$

La valeur de F obtenue après calcul doit être supérieure à 1,40 pour être acceptable du point de vue de la sécurité au glissement. Sinon, il faudrait augmenter les fruits des talus et refaire le calcul jusqu'à obtention d'un coefficient de sécurité acceptable. Ce dernier sera encore plus élevé en considérant la protection superficielle du talus amont par le matelas RENO que nous préconisons.

Les caractéristiques géotechniques des matériaux pour remblai sont représentées dans le tableau 6.16:

Tableau6.16 : caractéristiques géotechniques des matériaux pour remblai

| caractère | valeur | unité |
|---|----------|-------------------|
| Masse volumique du terrain | 1 800,00 | kg/m ³ |
| Cohésion interne du sol | 7 000,00 | kg/m ² |
| $\beta =$ Angle beta | 18,44 | ° |
| $\varphi =$ Angle de frottement interne | 20,00 | ° |

D'après l'abaque de Sanglerat nous aurons :

Tableau6.17 : les résultats déduits de l'abaque de Sanglerat

| caractère | valeur | unité |
|------------------|--------|-------|
| Angle α_0 | 22,00 | ° |
| Angle β_0 | 17,92 | ° |
| distance AB | 58,50 | m |

On considérant :

| caractère | valeur | unité |
|---------------------------------|--------|-------|
| Rayon du cercle de rupture | 78,09 | m |
| La projection horizontale de AB | 55,67 | m |
| Prenons des tranches de | 0,30 | m |
| Zone sismique | IIa | |
| Coefficient de zone A | 0,20 | |

Les calculs de stabilité donnent le résultat de coefficient de stabilité f égale à **3.09 > 1.4**

Il est clair que la stabilité des talus est vérifiée avec les valeurs des parements des talus adoptés.

6.5.2. Vérification des contraintes au sol de la digue

D'une manière générale, on peut asseoir un massif en terre sur n'importe quel terrain d'assise. La vérification de la contrainte au sol, s'effectue au niveau d'ancrage qui est la zone la plus sollicitée. Les calculs sont menés au niveau de l'axe de la digue, où la hauteur de la digue est la plus importante pour un mètre de longueur.

6.5.2.1. Méthode de calcul

La largeur de la clé d'ancrage au point de contact digue massif est notée B.

a) A l'état limite ultime (ELU):

La charge totale sur le sol est donnée par :

$$N_u = 1,35 G + 1,50 Q \dots\dots\dots 6.40$$

On trouve : $N_u = 1.35 \cdot 2474628 + 1.5 \cdot 26517 = 2554179 \text{ kg/ml}$

Il faut vérifier que la contrainte sur le sol, obéit à l'inégalité suivante :

$$\sigma_u = \frac{N_u}{B \cdot 1} \leq 2 \cdot \sigma_{sol} \dots\dots\dots 6.41$$

$$\sigma_s = \frac{2554179}{106.08 \times 1} = 2.41 \text{ bars} \leq \sigma_{sol} = 164,52 \text{ bars}$$

b) A l'état limite de service (ELS) :

La charge totale sur le radier est donnée par :

$$N_s = G + Q \dots\dots\dots 6.42$$

On trouve : $N_s = 17678 + 1833058 = 1850736 \text{ kg/ml}$

Il faut vérifier que la contrainte sur le sol, obéit à l'inégalité suivante :

$$\sigma_s = \frac{N_s}{B.1} \leq \sigma_{sol} \dots \dots \dots 6.43$$

Dans ce cas : $\sigma_s = \frac{1850736}{106.08 \times 1} = 1.74 \text{ bars} \leq \sigma_{sol} = 82.26 \text{ bars}$

Pour le calcul des efforts normaux transmis au sol, nous devons tenir compte des éléments suivants :

- surcharge d'exploitation sur la crête due aux piétons ou aux tracteurs ;
- masse volumique du remblai compacté ;
- et poids propre du remblai de la digue.

6.5.2.2. Résultats de calcul

Les résultats de calcul sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 6.18 : résultats de calcul des contraintes

| Désignation de l'élément | Résultat pour l'ELS | Résultat pour l'ELU | Unité |
|---|---------------------|---------------------|-------|
| Surcharge d'exploitation sur la crête due à un camion | 17678 | 26517 | kg/ml |
| Poids propre du remblai de la digue | 1833058 | 2474628 | kg/ml |
| Poids total de l'ouvrage sur le sol | 1850736 | 2554179 | kg/ml |
| Surface total de l'ouvrage | 106,08 | 106,08 | m/ml |
| Le coefficient de fondation du sol | 3 | 3 | |
| Contrainte admissible du sol de fondation q_a | 82,26 | 164,52 | bar |
| Contrainte exercée sur le sol | 1,74 | 2,41 | bar |

La stabilité de la digue au poinçonnement est aussi vérifiée.

6.6. Evacuateur de crues

L'évacuateur de crues est un ouvrage destiné à protéger la digue contre les dommages que peut provoquer une crue. Il permet aussi en temps normal d'évacuer le surplus d'eau de façon à maintenir le niveau de l'eau à la cote désirée dans la digue, soit le niveau de retenue normal. L'évacuateur est conçu pour évacuer une crue hypothétique de fréquence rare.

La crue de projet est la crue maximale que l'évacuateur de crues doit être capable d'évacuer. La crue que nous adoptons dépend de la fréquence choisie.

Le choix de la rive où l'évacuateur sera implanté dépend des conditions topographiques favorables à la réalisation d'un évacuateur latéral à seuil libre. Pour le cas de notre retenue, il sera implanté en rive droite.

6.6.1. Les éléments constituant un évacuateur de crue

Un évacuateur de crue peut être composé des éléments suivant :

- un canal d'approche ;
- déversoir ;
- une Auge ;
- un canal de raccordement ;
- un coursier ;
- un bassin de dissipation ;
- et un canal de restitution.

6.6.1.1. Canal d'approche

Le canal d'approche est destiné à réduire les vitesses d'approche vers le déversoir. Il a une pelle de 1 m (Profondeur en dessous du niveau du seuil déversant) et il est conçu avec une pente inverse de 1 pour 1000.

La vitesse d'approche dans le canal est donnée par la relation suivante :

$$V_0 = \frac{Q}{b \times h} \dots\dots\dots 6.44 \quad [7]$$

Avec : Q : débit déversé égale au débit laminé ; $Q = 99,47 \text{ m}^3/\text{s}$

h : Profondeur d'eau dans le canal ; $h = H_0 + P = 1 + 2,24 = 3,24 \text{ m}$

b : largeur du canal ; $b = 15 \text{ m}$

La vitesse d'approche obtenue sera donc égale à 2,04 m/s

6.6.1.2. Déversoir

Le déversoir situé à l'amont de l'évacuateur contrôle le débit de celui-ci, et les parties situées à l'aval (Chenal, coursier, bassin de dissipation) doivent être conçues pour évacuer le débit du déversoir sans perturber l'écoulement de celui-ci, c'est-à-dire de telle manière que cet écoulement soit dénoyé.

Il existe plusieurs type de déversoir tels que :

- déversoir à crête rectiligne ;
- déversoir à crête non rectiligne ;
- déversoir contrôlé par des vannes et clapets ;

- déversoir tulipe, siphon, marguerite ;
- et déversoir latéral.

Pour le cas de notre retenue, le choix est porté sur un déversoir latéral. Sa largeur obtenue par le calcul de laminage est de 10,2 m.

Le dimensionnement du déversoir consiste à déterminer le coefficient de débit, la charge totale sur le seuil et le débit évacué par le déversoir. Ces paramètres ont déjà été déterminés dans le calcul de laminage.

Les dimensions retenues du déversoir sont :

Tableau 6.19: caractéristiques géotechniques des matériaux pour remblai

| Paramètres | valeur | unité |
|---------------------------------|--------|-------|
| Charge H au dessus du déversoir | 2,24 | m |
| Largeur du déversoir | 10,20 | m |
| Hauteur du déversoir | 3,99 | m |

Les coordonnées du profil du seuil sont données dans le tableau 6.20 suivant :

Tableau 6.20 : coordonnées du profil du seuil

| X | Y | X | Y |
|-------|--------|-------|--------|
| - | - | 1,800 | -0,746 |
| 0,100 | -0,004 | 1,900 | -0,825 |
| 0,200 | -0,013 | 2,000 | -0,907 |
| 0,300 | -0,027 | 2,100 | -0,993 |
| 0,400 | -0,046 | 2,200 | -1,082 |
| 0,500 | -0,070 | 2,300 | -1,175 |
| 0,600 | -0,098 | 2,400 | -1,271 |
| 0,700 | -0,130 | 2,500 | -1,371 |
| 0,800 | -0,167 | 2,600 | -1,474 |
| 0,900 | -0,207 | 2,700 | -1,580 |
| 1,000 | -0,252 | 2,800 | -1,690 |
| 1,100 | -0,300 | 2,900 | -1,804 |
| 1,200 | -0,353 | 3,000 | -1,921 |
| 1,300 | -0,409 | 3,100 | -2,041 |
| 1,400 | -0,469 | 3,200 | -2,164 |
| 1,500 | -0,533 | 3,300 | -2,291 |
| 1,600 | -0,600 | 3,400 | -2,421 |
| 1,700 | -0,672 | 3,500 | -2,554 |

Le tracé du profil du seuil déversant est donné par la figure 6.10 suivante :

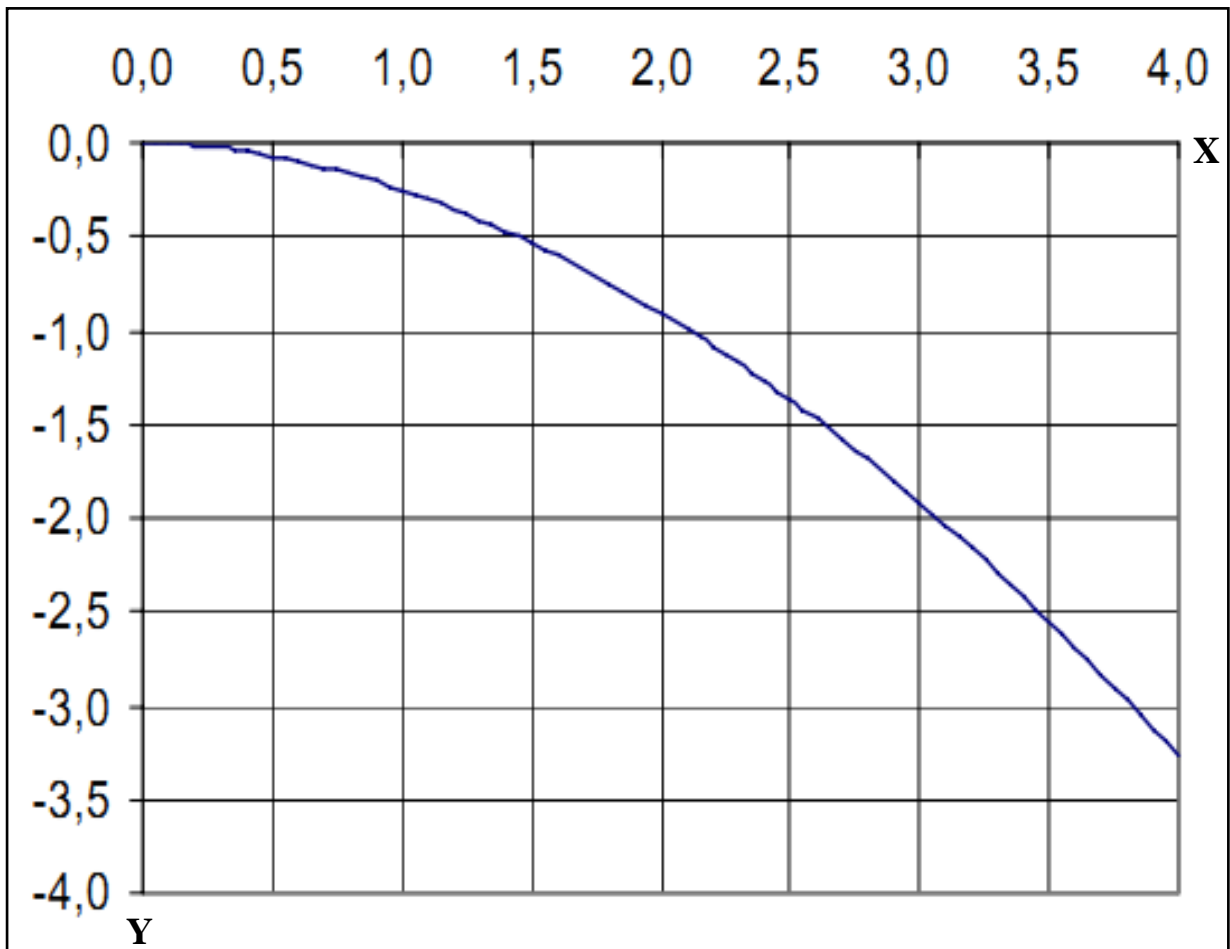


Figure 6.10: Tracé du profil du seuil déversant

6.6.1.3. L'Auge (Bassin de réception)

C'est l'ouvrage qui fait suite au seuil déversant, il permet de changer la direction de l'écoulement. L'auge projetée a une pente de 5%.

6.6.1.4. Le canal de raccordement

Le canal de raccordement ou chenal d'écoulement fait directement suite à l'auge. Sa section est de forme rectangulaire avec une pente assurant un régime de type fluvial.

a. Calcul de la hauteur critique

Afin d'assurer le régime fluvial au niveau du chenal, la condition suivante doit être vérifiée:

$$Y_0 > Y_c$$

Avec Y_0 : Profondeur normale en écoulement uniforme

Y : Profondeur critique, cette profondeur est calculée en résolvant l'équation suivante :

$$Q_e^2 * L = g * S^3 \dots\dots\dots 6.45 \quad [7]$$

Q_e : débit maximal (m^3/s) ;

S : la section mouillée (m^2) ;

L : la largeur du canal ;

et g : Accélération de la pesanteur.

b. Calcul de la pente critique

Elle est donnée par la relation suivante :

$$I_c = \frac{Q_e^2}{S_c^2 \times C_c^2 \times R_c} \dots\dots\dots 6.46 \quad [7]$$

S_c : Section mouillée critique (m^2)

C_c : Coefficient de Chézy critique ; pour le bétonnage des canaux dans des conditions moyennes, on prend 0.014

R_c : Rayon hydraulique critique (m).

Tableau6.21 : résultat de calcul de la pente critique

| Paramètres | valeur | unité |
|---------------------------------------|--------|---------------|
| Section mouillée critique | 21,75 | m^2 |
| Périmètre mouillé critique | 14,47 | m^2 |
| Rayon hydraulique critique | 1,50 | m |
| Coefficient rugosité du canal Manning | 0,014 | |
| Coefficient de Chézy critique | 76,45 | Béton rugueux |
| La pente critique | 0,0024 | |

La pente critique étant faible, on prend un chenal horizontal.

6.6.1.5. Coursier

Le coursier est l'ouvrage de raccordement entre l'amont et l'aval de la retenue. Il prend naissance à l'extrémité aval du chenal et conduit l'eau directement au thalweg. Il est construit en béton et avec un profil rectangulaire

a. La profondeur normale dans le coursier

Elle se déduit à partir de la relation générale reliant débit-section-pente du canal

$$Q_0^2 = C_0^2 \times S^2 \times R_0 \times i \dots\dots\dots 6.47 \quad [7]$$

i étant la pente du coursier

La résolution de cette équation se fait par approximations successives.

Les résultats de calcul sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 6.22 : résultats de calcul

| Paramètres | Valeur | Unité |
|---------------------------------------|---------|-------------------|
| La pente du coursier | 0,1525 | m/m |
| Profondeur normale dans le coursier | 0,50 | |
| Section mouillée dans le coursier | 4,96 | m ² |
| Périmètre mouillé dans le coursier | 10,99 | m ² |
| Rayon hydraulique | 0,45 | m |
| Coefficient de Chézy dans le coursier | 76,45 | Béton rugueux |
| La vitesse dans le coursier | 20,05 | m/s |
| Débit dans le coursier | 99,4660 | m ³ /s |

6.6.1.6. Bassin de dissipation

Il permet le passage de l'eau du coursier à la rivière en dissipant l'énergie cinétique.

a. Calcul de la hauteur du ressaut

La hauteur du ressaut sera calculée en appliquant le principe de la conservation de la quantité de mouvement. Cette conservation de la quantité de mouvement se traduit par la relation suivante :

$$\frac{q^2}{gy_1} + \frac{y_1^2}{2} = \frac{q^2}{gy_2} + \frac{y_2^2}{2} \dots\dots\dots 6.48 \quad [7]$$

q débit spécifique égal au rapport du débit sur la largeur du canal = Q/b

b. Calcul du bassin d'amortissement

Le bassin d'amortissement est destiné à recevoir les eaux issues de la cuvette pour rejoindre l'aval de cette dernière. Son rôle est de réduire la vitesse de sortie à une valeur

compatible avec la stabilité des berges à l'aval. C'est pour cela aussi qu'il est également appelé dissipateur d'énergie.

Une fois les paramètres h_1 et h_2 correspondant respectivement aux hauteurs d'eau amont et aval du ressaut connus, nous procéderons à la détermination de sa longueur (L_s), cette dernière étant calculée par la relation suivante :

$$L_s = 2.5 \times (1.9 \times h_2 - h_1) \dots \dots \dots 6.49 \quad [7]$$

Les résultats de calcul sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 6.23 : résultat de calcul du bassin d'amortissement

| Paramètres | Valeur | Unité |
|---|--------|----------------------|
| Le débit par mètre linéaire de coursier | 9,95 | m ³ /s/ml |
| Hauteur d'eau amont du ressaut h_1 | 0,50 | m |
| Hauteur d'eau aval du ressaut h_2 | 6,13 | m |
| Longueur du bassin d'amortissement | 27,89 | m |

6.6.7. La conduite de vidange

La retenue collinaire peut, pour une raison ou une autre, être appelée à se vidanger, d'où la nécessité du calcul d'un diamètre optimal de la conduite de vidange. Celui-ci étant lié au temps de vidange de la retenue que nous considérons inférieur à 60 heures (Hypothèse de calcul).

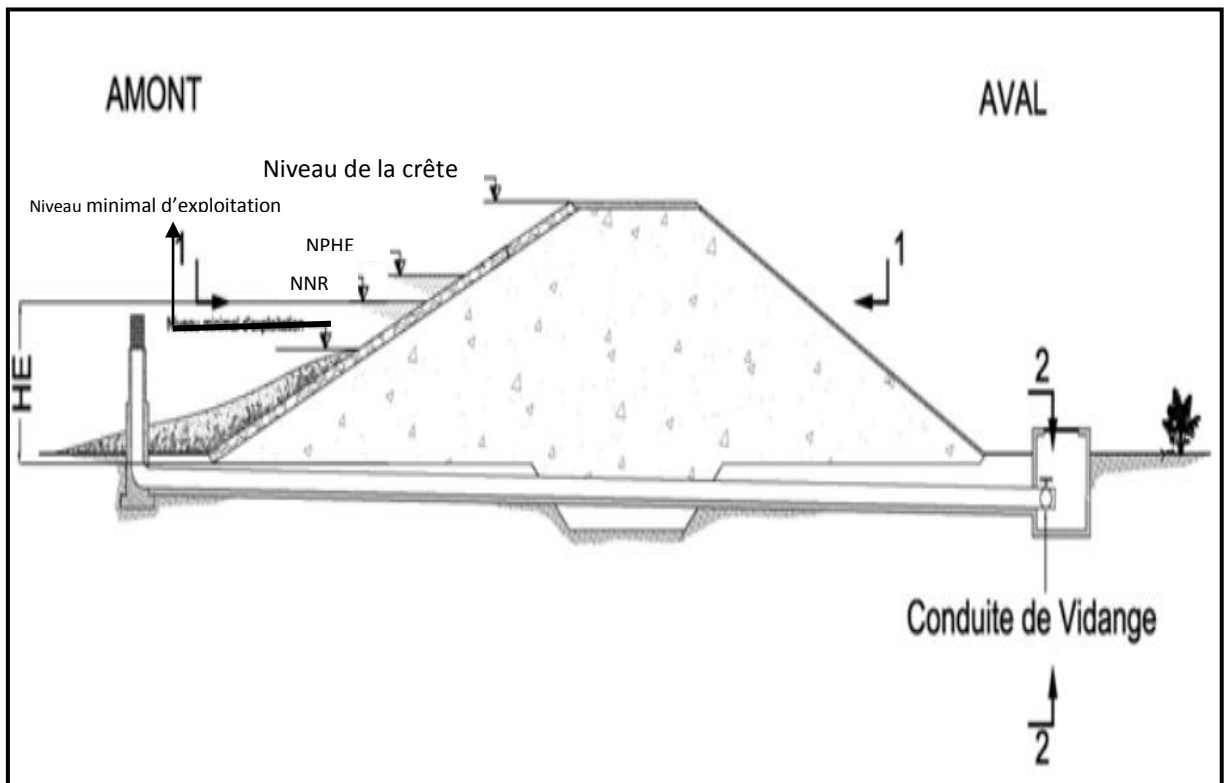


Figure 6.11 : coupe transversal de la digue

En appliquant l'équation de Bernoulli entre les sections (1-1) et (2-2), et Considérant que les pertes de charges négligeables sur cette courte conduite de vidange, nous aurions alors

$$H_1 = H_2 \quad (\text{Charge constante})$$

$$\begin{cases} H_1 = Z_1 + \frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2g} \\ H_2 = Z_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2g} \end{cases} \longrightarrow H_1 = Z_1 + \frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2g} = H_2 = Z_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2g} \dots\dots 6.50 \quad [23]$$

$$Z_1 = HE$$

$$P_1 = 0 \quad (\text{Pression atmosphérique})$$

$$P_2 = 0 \quad (\text{Pression atmosphérique})$$

$$v_1 = 0 \quad (\text{Surface libre d'eau})$$

$$Z_2 = 0 \quad (\text{Plan de référence})$$

Il vient alors :

$$HE = \frac{v_2^2}{2g}$$

$$v_2 = \sqrt{2g \cdot HE}$$

Le débit sortant de la conduite de vidange est donné par l'expression :

$$Q = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times V_2 = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \sqrt{2g \cdot HE} \dots \dots \dots 6.51 \quad [7]$$

D, étant le diamètre de la conduite de vidange.

Au fur et à mesure que la retenue se vide, la hauteur d'eau HE baisse, par la même le débit Q baisse aussi. La vidange se fait alors à hauteur variable, d'où la nécessité de découper la hauteur d'eau en tranche de 10 cm, pour chacune d'elles nous considérons que la hauteur est constante.

Alors le débit de vidange d'une tranche (i) est donné par :

$$Q_i = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \sqrt{2g \cdot H_i} \dots \dots \dots 6.52 \quad [7]$$

Et le temps de vidange d'une tranche d'épaisseur $\Delta H = 10\text{cm}$ est donnée par :

$$\Delta t_i = \frac{\Delta V_i}{Q_i} \dots \dots \dots 6.53$$

Où ΔV désigne le volume évacué pour chaque palier ΔH .

La résolution de ce problème est longue et fastidieuse, elle est solutionnée par un programme informatique. Des simulations s'effectuent en faisant varier le diamètre de la vidange jusqu'à obtenir des conditions de fonctionnement normales (Vitesse et temps, ...).

Les résultats de calcul sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 6.24 : résultats de calcul pour la conduite de vidange

| Paramètres | Valeur | Unité |
|------------------------------------|--------|-------|
| Diamètre de la conduite de vidange | 400 | mm |
| Longueur | 55 | m |
| Temps de vidange | 44 | heure |
| | 1,8 | jour |

Conclusion :

Les résultats obtenus dans ce chapitre sont récapitulés dans le tableau 6.25 suivant :

Tableau 6.45 : récapitulatif des résultats

| Paramètres | Valeur | Unité |
|---|---------------|----------------------|
| Superficie irrigable | 23,1 | ha |
| Volume régularisable | 124 962 | m ³ |
| Hauteur d'eau dans la digue | 14,6 | m |
| Lâcher d'eau | 0 | m ³ |
| Longueur d'assise de la digue | 5,0 | m |
| Longueur en crête de la digue | 145 | m |
| Largeur de la crête de la digue | 7,0 | m |
| Hauteur d'eau dans la digue | 14,6 | m |
| Hauteur de la digue H _d | 18 | m |
| Revanche | 1,2 | m |
| Type de digue | Homogène | - |
| Épaisseur d'enrochement de la digue | 0,4 | m |
| Volume de la digue | 30 952 | m ³ |
| Fruit du talus amont | 3 | - |
| Fruit du talus aval | 2,5 | - |
| Le débit de fuite annuel à travers toute la digue | 1,5E+02 | m ³ /an |
| Le débit de fuite journalier à travers toute la digue | 0,4197 | m ³ /jour |

conclusion générale

Sur la base des résultats des différentes études effectuées relativement à la faisabilité de la retenue collinaire « Chaabet Thrid » sis à Média, nous concluons :

- **Du point de vue topographique :** l'étude révèle le choix du site de la retenue à été effectué d'abord sur la carte d'état-major, afin de localiser les axes de la digue sur l'endroit qui est représenté par des courbes de niveau resserrées sur la carte ; qui correspondent à la section la plus étroite du cours d'eau. ces Coordonnées (WGS84, UTM Zone 31N) sont comme suit
(X, Y, Z) = (484 456,3 980 700,619.7). La cote minimale de l'axe de la digue 617,51m et la Cote maximale de l'axe de la digue 673,22

- **Du point de vue géologie :** l'étude révèle que le terrain est constitué de marne brunâtre à concrétions carbonatées à présence de bloc de calcite recristallisé, et d'une couche de sable limoneux d'un mètre d'épaisseur en surface.
- La région de MEDEA se situe en zone sismique II (RPA, 2003)

- **Du point de vue géotechnique:** nous signalons que la formation marneuse présente une densité moyenne à élevée avec une teneur en eaux moyenne et l'état de sol détrempé. Elle est moyennement compressible. Quant à sa perméabilité elle est très faible. Les matériaux de construction sont relevés à proximité du site de la retenue.

- **Du point de vue d'étude de bassin versant :** notre bassin versant a une superficie de 13.88 km² et un périmètre de 22.10 km avec une forme allongée et un relief très fort.

- **Du point de vue climatique :** l'analyse des données du bassin versant de notre retenue nous a permis de définir deux périodes différentes :
 - une saison sèche avec un climat sec ou les mois les plus chauds sont les mois d'été, (Juin, Juillet, Août et Septembre) durant lesquels les températures moyennes dépassent les 20°C, avec un pourcentage des précipitations faible.
 - une saison froide, avec un climat humide tempéré à près de 70 % entre Novembre et Mars.

- **Du point de vue de des apports**

Notre bassin versant reçoit un volume des apports liquide égal à **0.66hm³**, et un volume des apports solide égal à **5330m³**.

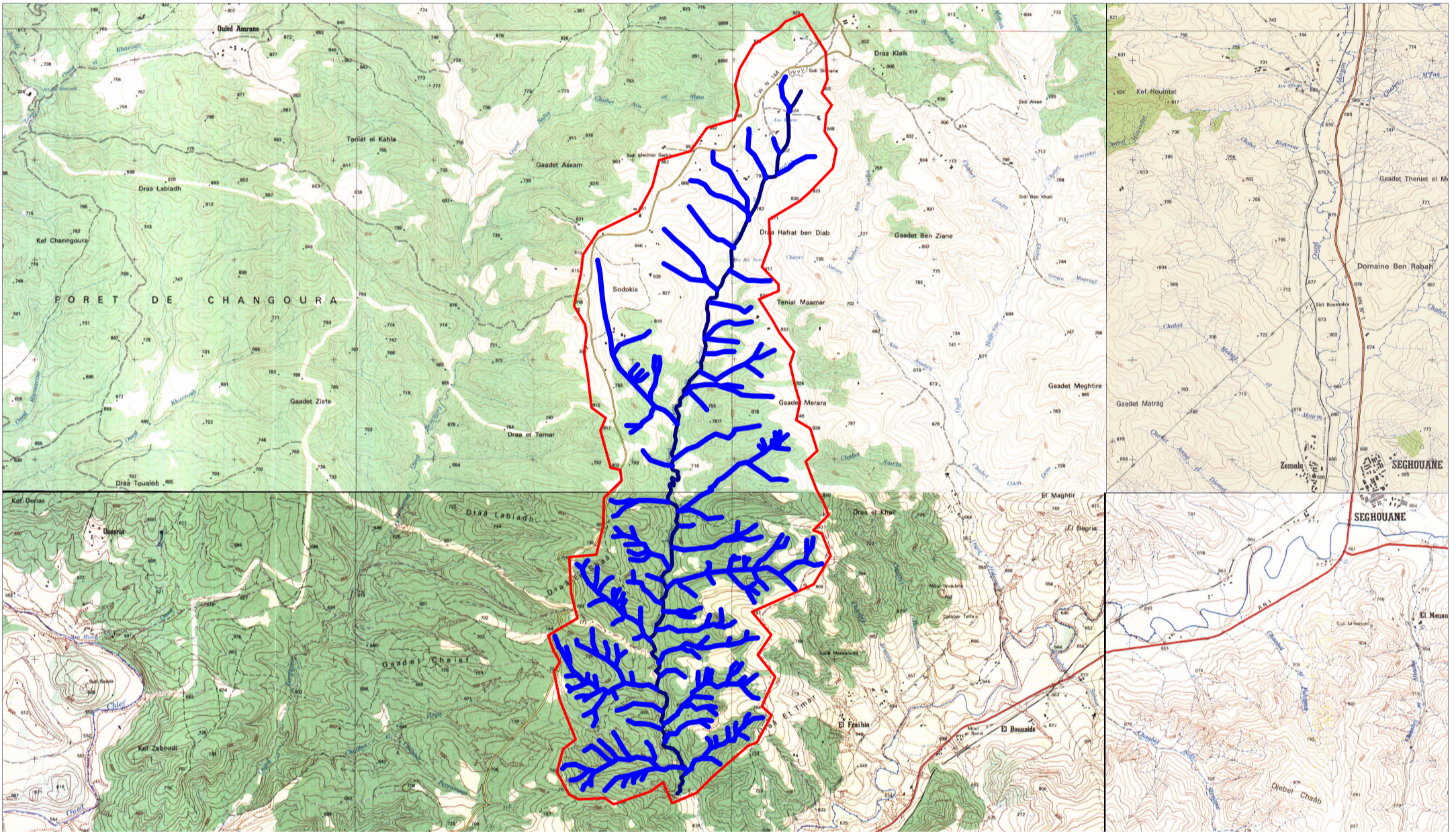
- **Du point de vue des crues** : Nous optons pour une période de retour de centennale, avec un volume de crue de 1 319 494 m³.

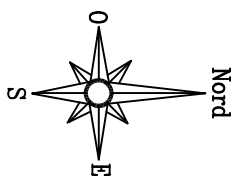
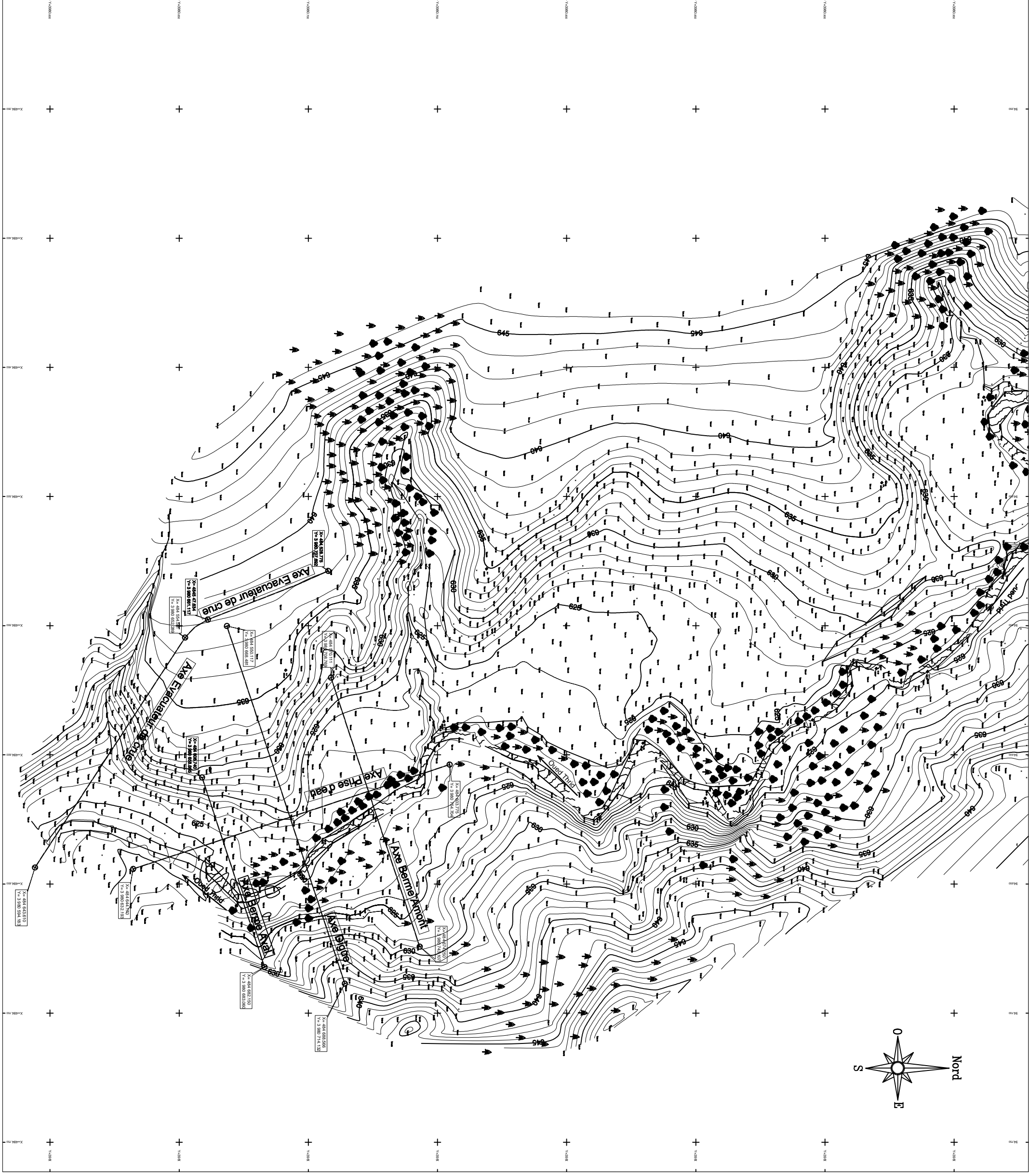
- **Du point de vue d'étude hydrotechnique** : l'étude révèle que La digue de la retenue collinaire sur l'oued Chaabet Thrid est une digue dite homogène avec un drain vertical, constituée avec des marnes.

– Evacuateur de crue latéral sera réalisé sur la rive droite.

– La stabilité des talus de la digue est vérifiée pour les sollicitations normales.

Les résultats obtenus par ce travail sont satisfaisant donc le site proposé pour la réalisation de cette retenue est favorable.





- Notes :
1. Le quadrillage de coordonnées est celui correspondant pour la projection U.T.M. Fuseau 31, Syst. mé Géodésique WGS84.
 2. L'altitude indiquée sur les plans est rattachée au nivellement général de l'Algérie « NGA ».

LEGENDE

| | |
|--|-------------------------|
| | Instrument |
| | Station |
| | Point level |
| | Talus |
| | Coursiers maillonnés |
| | Coursiers sectionnelles |
| | Abris |
| | Arbre |
| | Saphir |
| | Broussaille |
| | Palmier |
| | Réseau Hydro (Oued) |

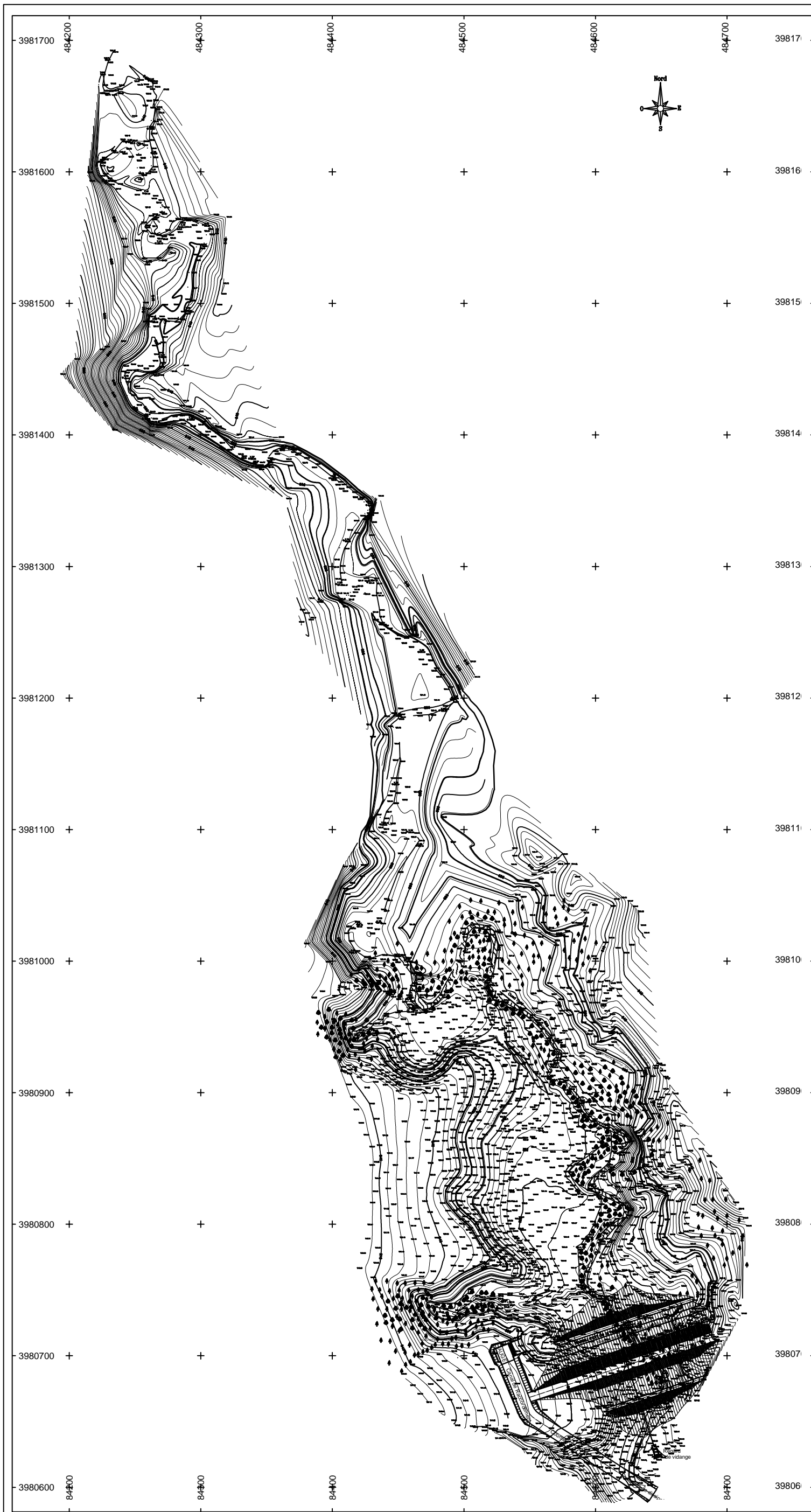
LISTE DES STATIONS TOPOGRAPHIQUES

| NOM | X | Y | Z |
|-----|------------|--------------|--------|
| X1 | 484525.000 | 39807769.000 | 635.00 |
| X2 | 484597.081 | 39807792.548 | 623.45 |
| X3 | 484595.221 | 3980691.243 | 635.52 |
| X4 | 484461.538 | 39803981.473 | 627.36 |
| X5 | 484485.230 | 39803795.966 | 625.44 |
| X6 | 484493.876 | 3981007.380 | 625.07 |
| X7 | 484497.705 | 3981021.521 | 625.56 |
| X8 | 484524.387 | 3981022.505 | 625.11 |
| X9 | 484520.593 | 39803982.123 | 624.26 |
| X10 | 484567.715 | 39803989.705 | 623.60 |
| X11 | 484568.546 | 39803919.857 | 623.37 |
| X12 | 484605.718 | 39803974.048 | 622.57 |
| X13 | 484616.633 | 39803829.618 | 622.45 |
| X14 | 484595.452 | 39803829.538 | 621.67 |
| X15 | 484623.117 | 39803812.284 | 621.22 |
| X16 | 484602.116 | 39807765.818 | 620.90 |

DGF REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
DIRECTION GENERALE DES FORETS

Etude spécifique de la retenue collinaire de Chabet Thid (W.Médée)
 MISSION II: ETUDE D'EXECUTION
 Phase 4: Etude d'exécution et DAO

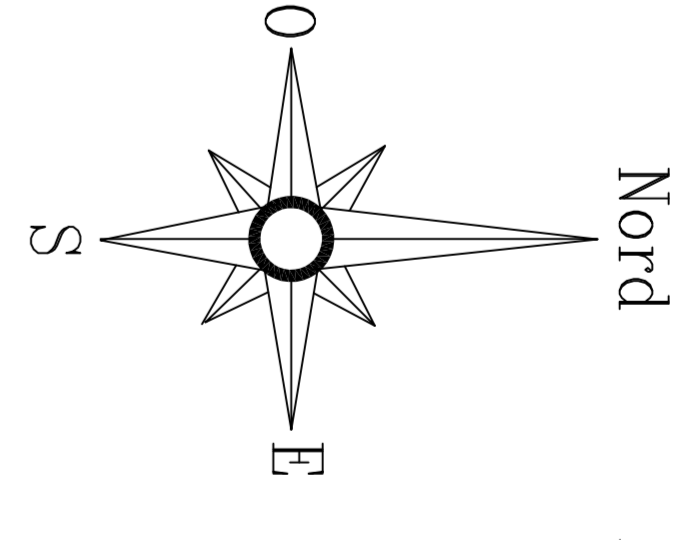
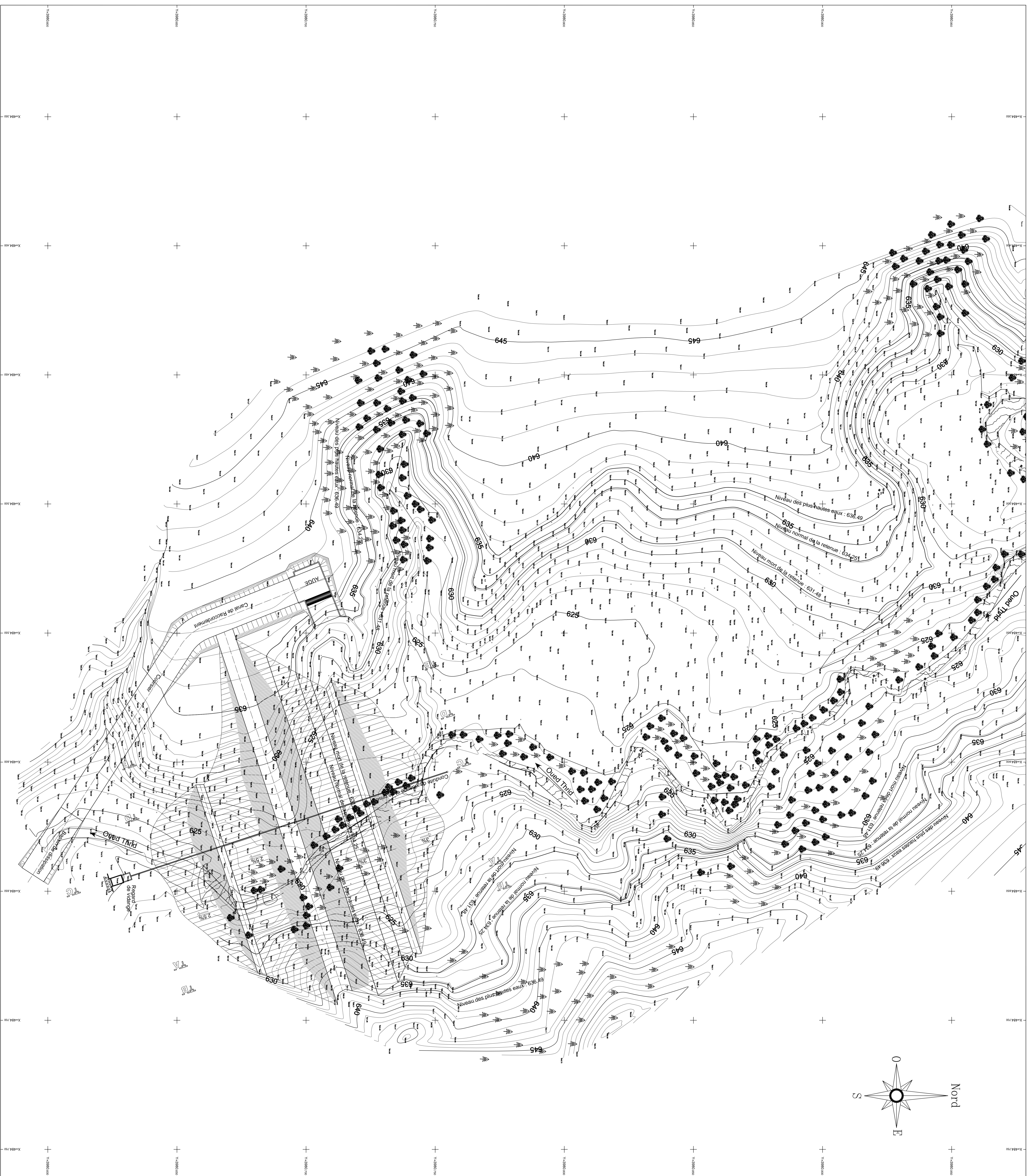
Établi par : **ALBERT**
 PLAN N° 1
 Echelle: 1:5000ème
 Plan d'implantation des axes



Notes :

1. Le quadrillage de coordonnées est celui correspondant pour la projection U.T.M. Fuseau 31, Système Géodésique WGS84.
2. L'altitude indiquée sur les plans est rattachée au nivellement général de l'Algérie « NGA ».

| | | |
|---|--|----------------|
| DGF | REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE | |
| | DIRECTION GENERALE DES FORETS | |
| Etude spécifique de la retenue collinaire de Chaabet Thrid (W.Médéa) MISSION II: ETUDE D'EXECUTION Phase 4: Etude d'exécution et DAO | Etabli par : ALEXTE <small>ALGERIA EXTRAIT DE L'UNIVERSITE</small> PLAN N° 2 Echelle: 1/1000 à m. | 14 01 2011 |
| Vue en plan de l'aménagement | | |



- Notes :
1. Le quadrillage de coordonnées est celui correspondant pour la projection U.T.M. Fuseau 31, Système Géodésique WGS84.
 2. L'altitude indiquée sur les plans est rattachée au nivellement général de l'Algérie « NGA ».

LEGENDE

| | |
|--|---------------------|
| | Instrument |
| | Station |
| | Point levé |
| | Talus |
| | Cours maitresses |
| | Cours secondaires |
| | Abre1 |
| | Abre2 |
| | Sapin |
| | Broussaille |
| | Périmètre |
| | Réseau Hydro (Oued) |

LISTE DES STATIONS TOPOGRAPHIQUES

| Num | X | Y | Z |
|-----|------------|--------------|--------|
| X1 | 484528.000 | 38907768.000 | 635.00 |
| X2 | 484587.081 | 38907752.548 | 623.45 |
| X3 | 484587.221 | 38906891.243 | 635.52 |
| X4 | 484494.640 | 3890922.004 | 637.29 |
| X5 | 484461.558 | 3890961.473 | 627.96 |
| X6 | 484485.290 | 3890976.986 | 625.44 |
| X7 | 484489.876 | 3891001.380 | 625.07 |
| X8 | 484499.070 | 3891025.565 | 625.56 |
| X9 | 484524.387 | 3891022.565 | 625.56 |
| X10 | 484520.583 | 3890982.123 | 624.26 |
| X11 | 484567.715 | 3890939.705 | 623.60 |
| X12 | 484565.546 | 3890919.657 | 623.37 |
| X13 | 484585.435 | 3890985.223 | 622.81 |
| X14 | 484605.718 | 3890874.046 | 622.57 |
| X15 | 484616.833 | 3890853.618 | 622.45 |
| X16 | 484585.452 | 3890829.538 | 621.67 |
| X17 | 484623.177 | 3890812.284 | 621.22 |
| X18 | 484602.116 | 3890785.818 | 620.80 |

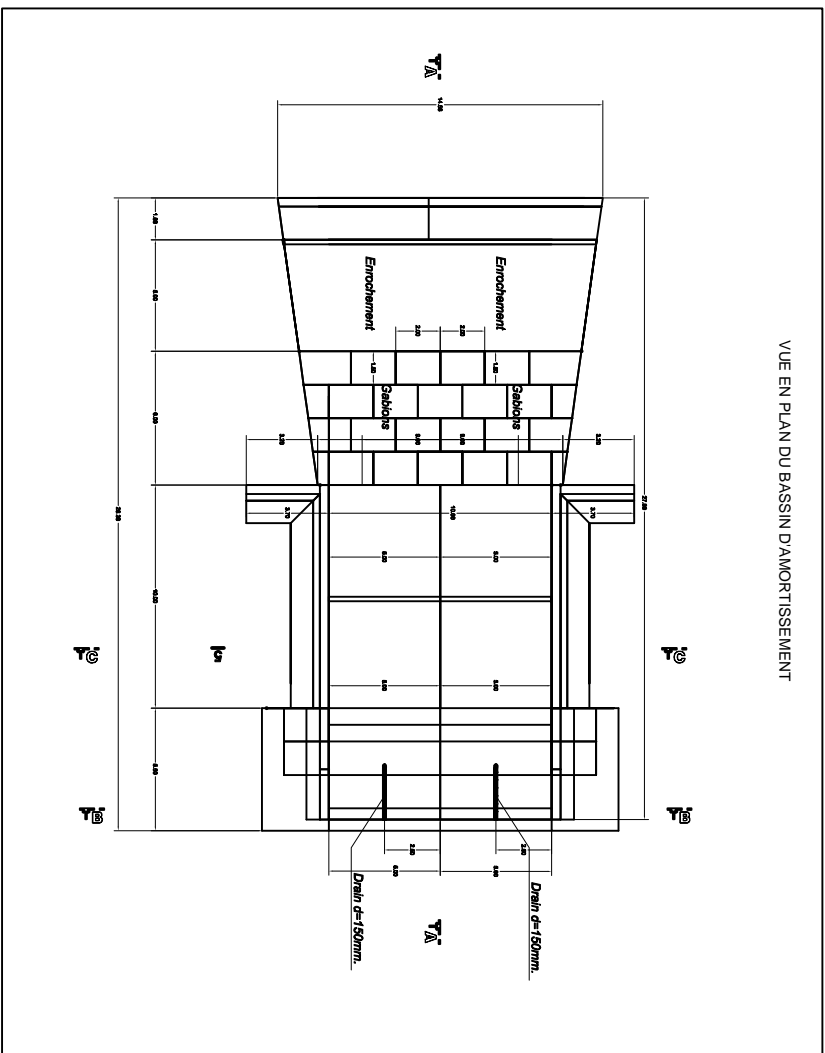
DGF REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
DIRECTION GENERALE DES FORETS

Etude par : **ALEXTEP**
 ALGERIE, ETUDES & RECHERCHES
 Tél. 021 28 25 18

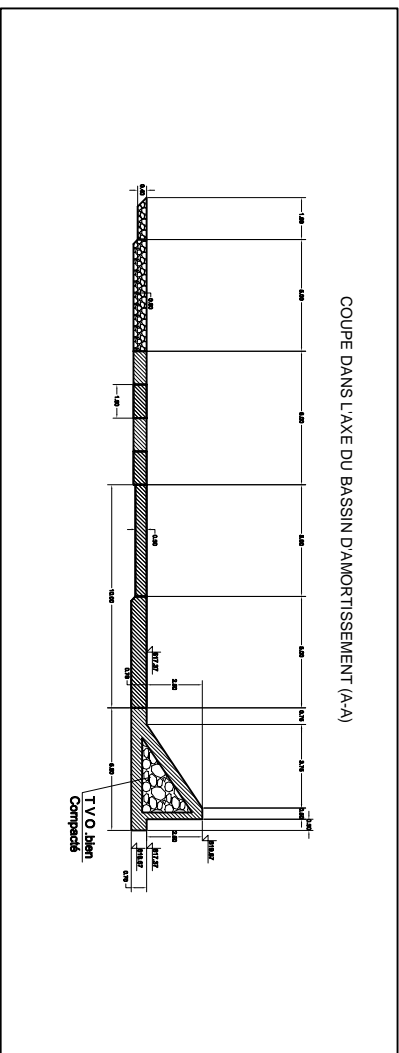
Etude spécifique de la retenue collinaire de Chabab Thrid (W/Médecia)
PLAN N° 3
 Mission II: ETUDE D'EXECUTION
 Phase 4: Etude d'exécution et DAO

Échelle: 1/50000
 Vue en plan des ouvrages

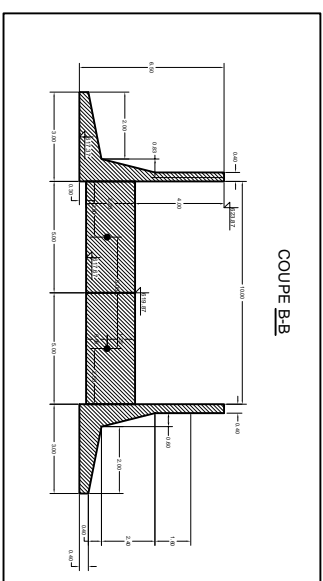
VUE EN PLAN DU BASSIN DAMORTISSEMENT



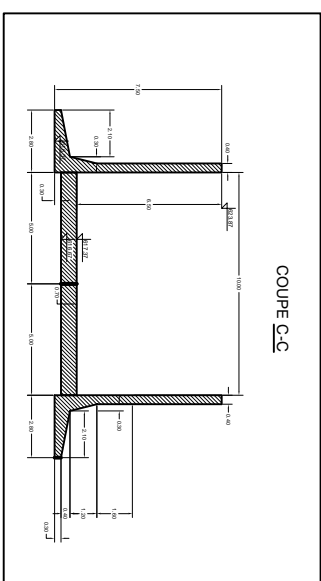
COUPE DANS L'AXE DU BASSIN DAMORTISSEMENT (A-A)



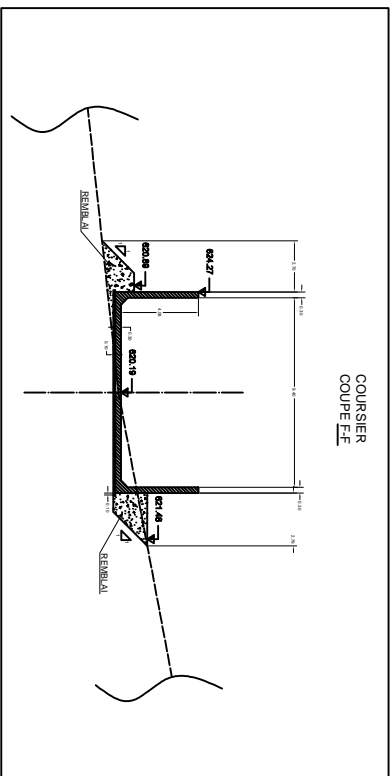
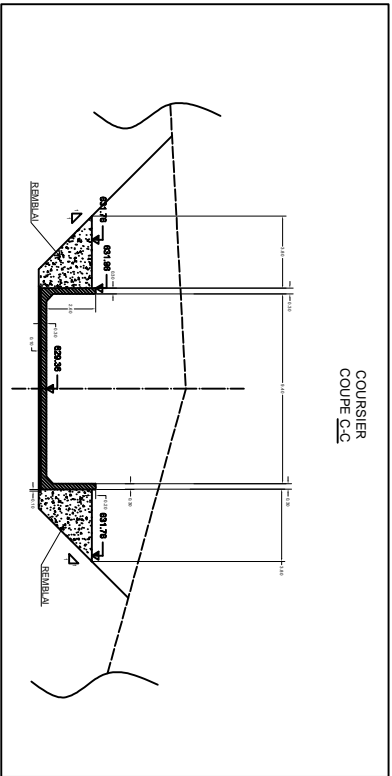
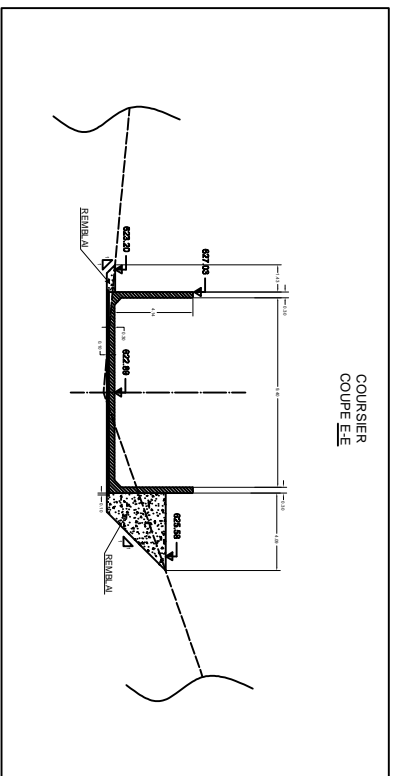
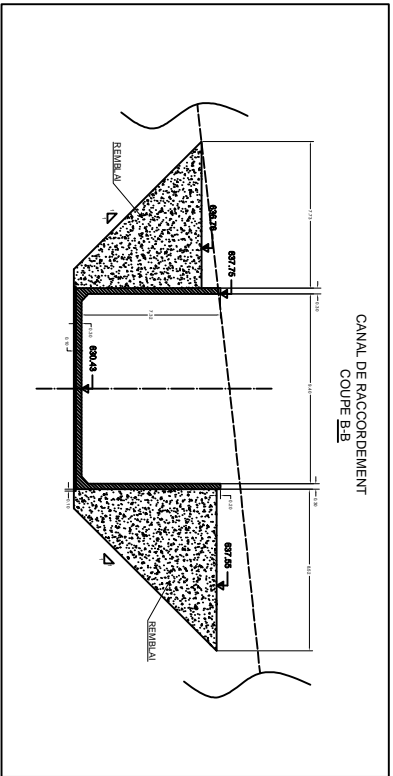
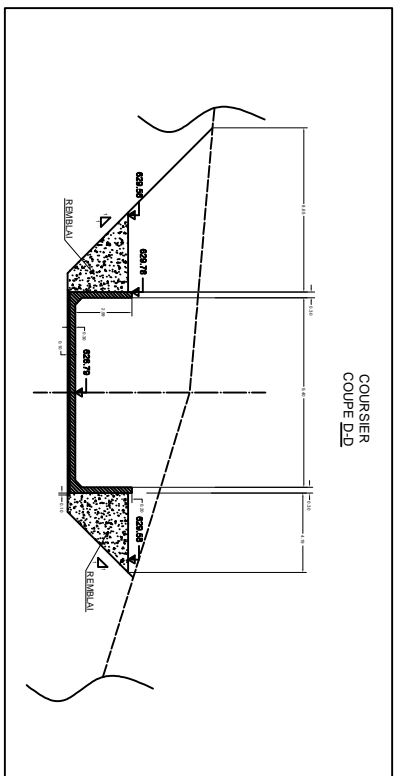
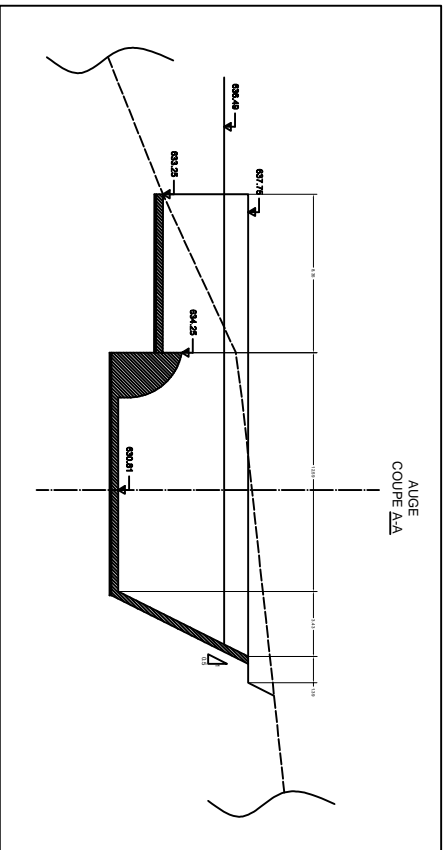
COUPE B-B



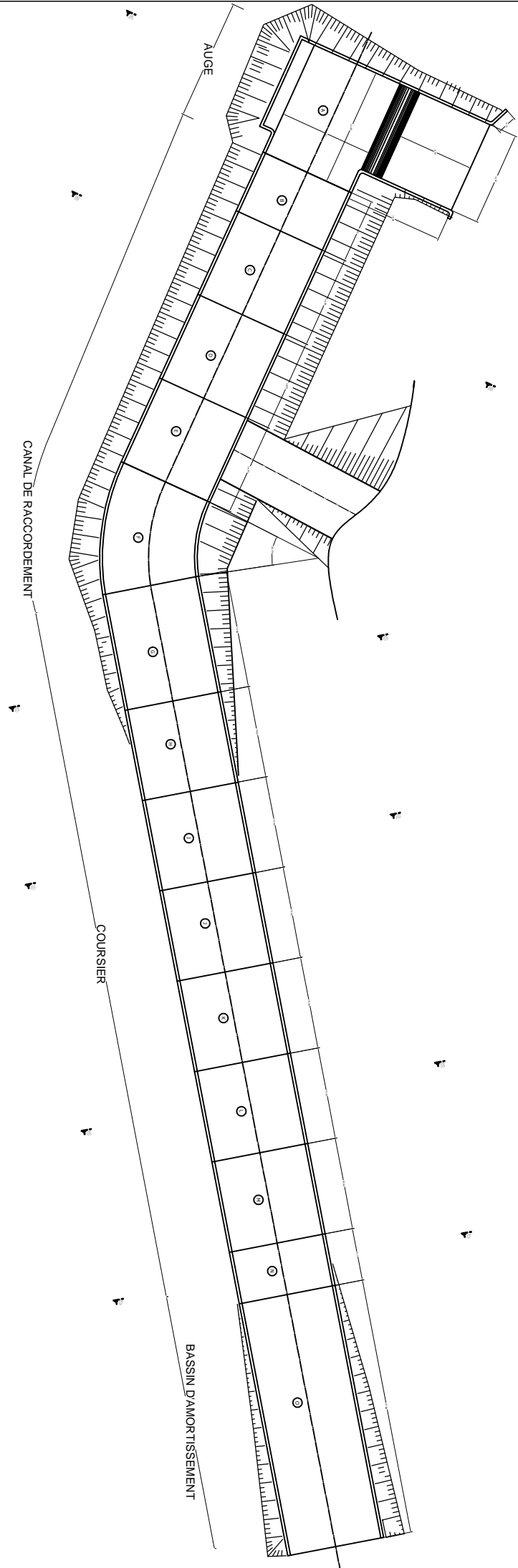
COUPE C-C



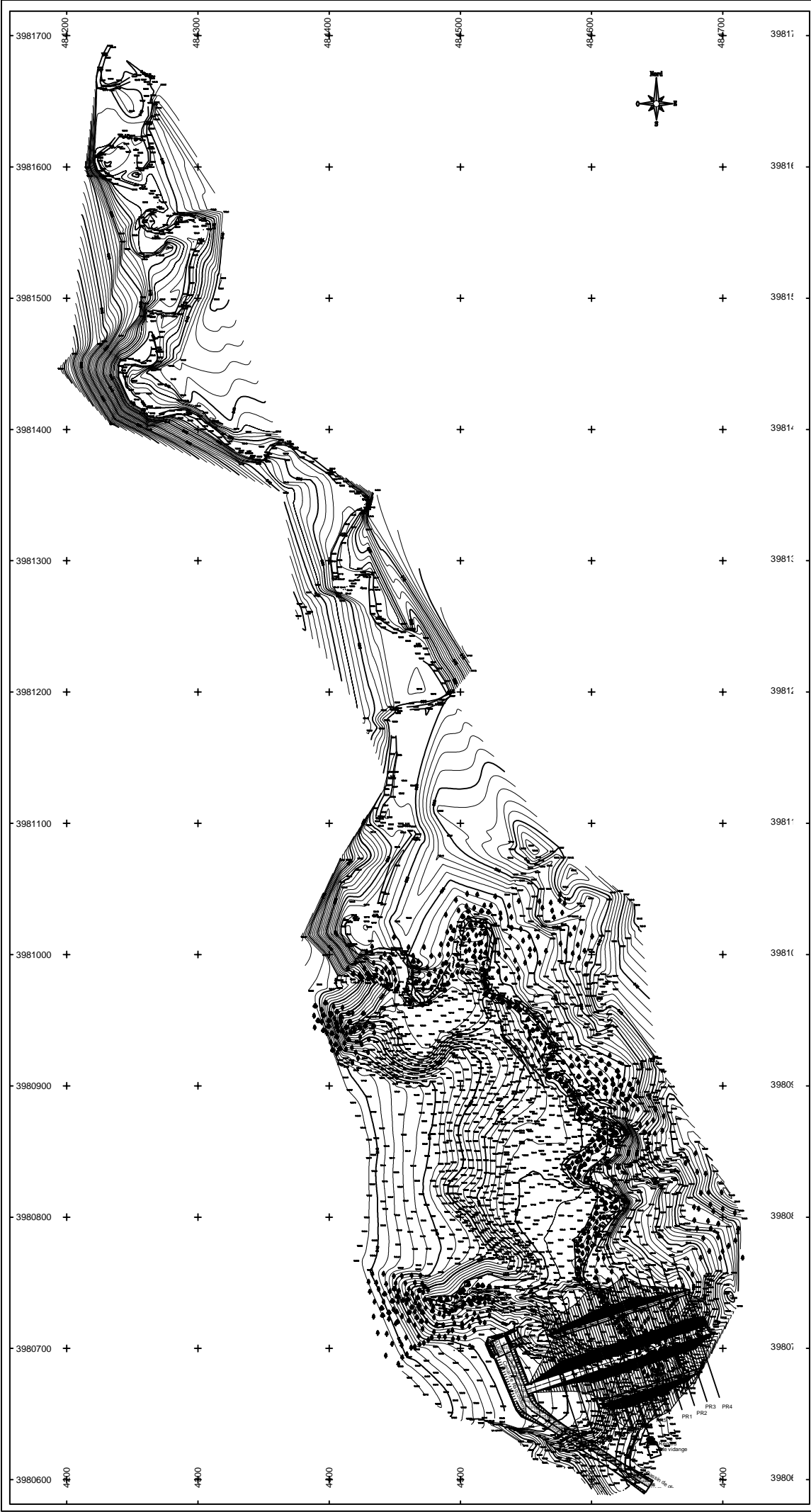
| | |
|---|---|
| <p>DGPF</p> <p>REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE</p> <p>DIRECTION GENERALE DES FORETS</p> | <p>Étude spécifique de la retenue collinaire de Chrabouf (Tindj (W.Maddeh))</p> <p>MISSION II: ETUDE D'EXECUTION</p> <p>Phase 4: Etude d'exécution au DAO</p> |
| | <p>ALGERIE</p> <p>ALGER</p> <p>ALGERIE</p> |
| <p>Plan N°11</p> <p>Bassin d'amortissement</p> <p>Vue en plan et coupes</p> | <p>ALGERIE</p> <p>ALGER</p> <p>ALGERIE</p> |



VUE EN PLAN DE LEVACUATEUR DE CRUE



| | | | |
|---|---|--|--|
| DGER Direction Générale des Ponts et Chaussées Direction Générale des Ponts et Chaussées Direction Générale des Ponts et Chaussées | Bureau technique de la Direction Générale des Ponts et Chaussées (Toulon (Midi)) Mission: ETUDE PRELIMINAIRE Canal de raccordement | PLAN N° 1 1/500 1955 | Service de Ponts et Chaussées Direction Générale des Ponts et Chaussées |
| | Direction Générale des Ponts et Chaussées Direction Générale des Ponts et Chaussées Direction Générale des Ponts et Chaussées | Direction Générale des Ponts et Chaussées Direction Générale des Ponts et Chaussées Direction Générale des Ponts et Chaussées | Direction Générale des Ponts et Chaussées Direction Générale des Ponts et Chaussées Direction Générale des Ponts et Chaussées |



LEGENDE

| | |
|--|---------------------|
| | Instrument |
| | Station |
| | Point level |
| | Talus |
| | Courbes maitresses |
| | Courbes secondaires |
| | Arbre1 |
| | Arbre2 |
| | Sapin |
| | Brousaille |
| | Piramide |
| | Rivou Hydro (Oud) |

LISTE DES STATIONS TOPOGRAPHIQUES

| STATION | COORDONNEE X | COORDONNEE Y | HAUTEUR |
|---------|--------------|--------------|---------|
| T1 | 484528.822 | 3980561.437 | 635.91 |
| T2 | 484533.658 | 3980718.152 | 636.82 |
| T3 | 484504.437 | 3980785.973 | 638.35 |
| T4 | 484460.811 | 3980866.655 | 641.93 |
| T5 | 484496.399 | 3980524.418 | 637.14 |
| T6 | 484395.416 | 3980285.627 | 646.92 |
| K1 | 484525.000 | 3980769.000 | 636.00 |
| K2 | 484587.081 | 3980752.548 | 623.45 |
| K3 | 484567.221 | 3980691.243 | 635.52 |
| K4 | 484484.640 | 3980922.004 | 637.26 |
| K5 | 484481.558 | 3980961.473 | 627.98 |
| K6 | 484485.290 | 3980976.988 | 625.44 |
| K7 | 484499.876 | 3981007.390 | 625.07 |
| K8 | 484497.705 | 3981021.521 | 625.56 |
| K9 | 484524.387 | 3981022.505 | 625.11 |
| X10 | 484520.593 | 3980982.123 | 624.26 |
| X11 | 484567.715 | 3980939.705 | 623.60 |
| X12 | 484586.546 | 3980919.857 | 623.37 |
| X13 | 484586.435 | 3980895.223 | 622.81 |
| X14 | 484605.718 | 3980874.046 | 622.57 |
| X15 | 484618.833 | 3980855.618 | 622.45 |
| X16 | 484595.452 | 3980829.538 | 621.67 |
| X17 | 484623.117 | 3980812.264 | 621.22 |
| X18 | 484602.116 | 3980785.818 | 620.90 |
| X19 | 484454.995 | 3981000.666 | 626.25 |
| X20 | 484413.278 | 3981006.933 | 626.76 |
| X21 | 484418.773 | 3981027.843 | 627.10 |
| X22 | 484333.586 | 3981029.540 | 627.29 |
| X23 | 484463.978 | 3981087.877 | 628.10 |
| X24 | 484456.700 | 3981095.417 | 628.09 |
| X25 | 484436.335 | 3981103.955 | 628.48 |
| X26 | 484445.735 | 3981134.500 | 628.87 |
| X27 | 484447.230 | 3981186.714 | 629.86 |
| X28 | 484481.491 | 3981190.640 | 629.89 |
| X29 | 484490.770 | 3981200.228 | 630.04 |
| X30 | 484465.432 | 3981234.696 | 630.80 |
| X31 | 484436.090 | 3981256.062 | 630.95 |
| X32 | 484426.586 | 3981286.002 | 631.41 |
| X33 | 484402.696 | 3981286.620 | 631.62 |
| X34 | 484408.596 | 3981319.796 | 631.83 |
| X35 | 484425.910 | 3981346.726 | 632.09 |
| X36 | 484366.844 | 3981389.407 | 632.85 |
| X37 | 484336.664 | 3981381.990 | 633.26 |
| X38 | 484290.055 | 3981411.555 | 633.87 |
| X39 | 484255.823 | 3981412.282 | 634.30 |
| X40 | 484240.619 | 3981443.549 | 634.49 |
| X41 | 484268.524 | 3981455.401 | 635.03 |
| X42 | 484282.144 | 3981488.338 | 635.09 |
| X43 | 484287.888 | 3981494.826 | 635.51 |
| X44 | 484301.587 | 3981555.791 | 636.22 |
| X45 | 484283.708 | 3981558.001 | 636.44 |
| X46 | 484265.713 | 3981545.703 | 637.18 |
| X47 | 484256.146 | 3981555.695 | 637.30 |
| X48 | 484228.181 | 3981593.267 | 637.62 |
| X49 | 484222.305 | 3981607.652 | 637.90 |
| X50 | 484243.231 | 3981620.402 | 638.47 |
| X51 | 484261.593 | 3981600.369 | 638.44 |
| X52 | 484262.615 | 3981614.384 | 638.68 |
| X53 | 484259.590 | 3981630.860 | 639.00 |
| X54 | 484260.318 | 3981669.398 | 639.58 |
| X55 | 484225.374 | 3981659.927 | 639.82 |

Echelle : 1/1000 s. Septembre 2009.

| | |
|--|--|
| LOGO DGF | REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE |
| | DIRECTION GENERALE DES FORETS |
| MISSION II: ETUDE D'EXECUTION Etude spécifique de la retenue collinaire de Chaabot Thrid (W.Médée) | ALSTEA Société Algérienne de Travaux d'Etudes et d'Aménagement |
| Phase 4: Etude d'exécution au DAF | Plan topographique du site de la retenue Chaabot Thrid |



Laboratoire National de l'Habitat et de la Construction

Unité KOLEA - FAX : 024.48.63.48 - TEL: 024.48.63.46 - 024.48.63.47

ETUDE : RETENUE COLLINAIRE
LIEU : CHAABET THRID
CLIENT : ALEXTE

Sondage N°: SC 1

DATE DEBUT : 09/2010
DATE FIN :
NIVEAU NAPPE : m

PROFONDEUR TOTALE : 7 ML
COORDONNEES : X = Y =
Z =

BOUE DE FORAGE : A L'EAU CLAIRE
TYPE FORAGE: ROTATIF VERTICAL
TYPE DE MACHINE : T 1000

| Prof (m) | Récupération | | | | | S.P.T | R.Q.D | φ Tub | φ Carottier | Echant | Profond Ech (m) | Coupe | DESCRIPTION | Cu Bar | Φu (°) | W _n % | γ _d T/m ³ | I _p % | Class. LPC | Type Essai |
|----------|--------------|----|----|----|-----|-------|-------|-------|-------------|--------|-----------------|-------|--|--------|--------|------------------|---------------------------------|------------------|------------|------------|
| | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,5 | | | | | | | | | | | | | TERRE VEGETALE | | | | | | | |
| 1,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4,0 | | | | | | | | | | | | | MARNE BRUNATRE A CONCRETIONS CARBONATEES A PRESENCE D'UN BLOC DE CALCITE RECRISTALISE (2.90-3.00) | | | | | | | |
| 4,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |





Laboratoire National de l'Habitat et de la Construction

Unité KOLEA - FAX : 024.48.63.48 - TEL: 024.48.63.46 - 024.48.63.47

ETUDE : RETENUE COLLINAIRE
 LIEU : CHAABET THRID
 CLIENT : ALEXTE

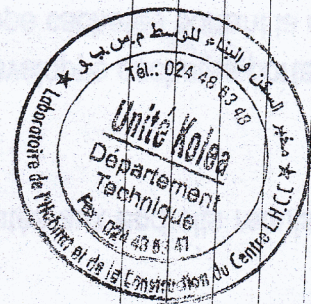
Sondage N°: SC 2

DATE DEBUT : 09/2010
 DATE FIN :
 NIVEAU NAPPE : m

PROFONDEUR TOTALE : 7 ML
 COORDONNEES : X = Y =
 Z =

BOUE DE FORAGE : A L'EAU CLAIRE
 TYPE FORAGE : ROTATIF VERTICAL
 TYPE DE MACHINE : T 1000

| Prof (m) | Récupération | | | | | S.P.T | R.Q.D | φ Tub | φ Carottier | Echant | Profond Ech (m) | Coupe | DESCRIPTION | Cu Bar | φ _u (°) | W _n % | γ _d T/m ³ | I _p % | Class. LPC | Type Essai | |
|----------|--------------|----|----|----|-----|-------|-------|-------|-------------|--------|-----------------|-------|---|--------|--------------------|------------------|---------------------------------|------------------|------------|------------|--|
| | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,5 | | | | | | | | | | | | | TERRE VEGETALE | | | | | | | | |
| 1,0 | | | | | | | | | | | | | SABLE LIMONEUX A MATRICE ARGILEUSE | | | | | | | | |
| 1,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4,5 | | | | | | | | | | | | | MARNE GRISATRE SCHISTEUSE A PASSAGE GRESEUX (2.90-3.00) | | | | | | | | |
| 5,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |





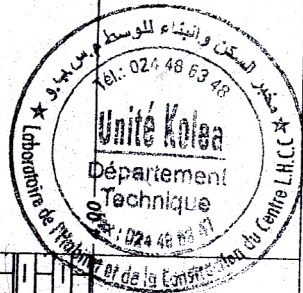
Laboratoire National de l'Habitat et de la Construction

Unité KOLEA - FAX : 024.48.63.48 - TEL: 024.48.63.46 - 024.48.63.47

| ETUDE : RETENUE COLLINAIRE CHAABET THRID LIEU : CHAABET THRID MEDEA CLIENT : ALEXTE | | Puits N° : PUITIS 1 COORDONNEES : X = Y = Z = DATE : 09/2010 | | | | | | Classification LPC | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|---|-----------|----------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|----|------------|----------------------|---------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Profondeur (m) | Coupe Lithologique | Granulométrie | | | Essais d'identification | | | Proctor | | Indice CBR | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | < 2mm (%) | < 80µ (%) | < 2µ (%) | γ _d (g/cm ³) | W _N (%) | W _L (%) | IP (%) | IC | | W _{opt} (%) | γ _{opt} (g/cm ³) | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,5 | 0,50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

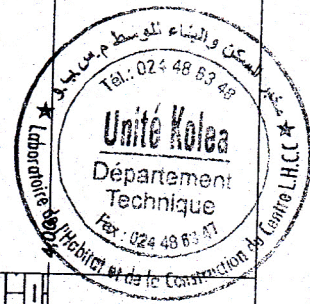
TERRE VEGETALE

MARNE SCHISTEUSE BARIOLEE A
ELEMENTS GROSSIERS





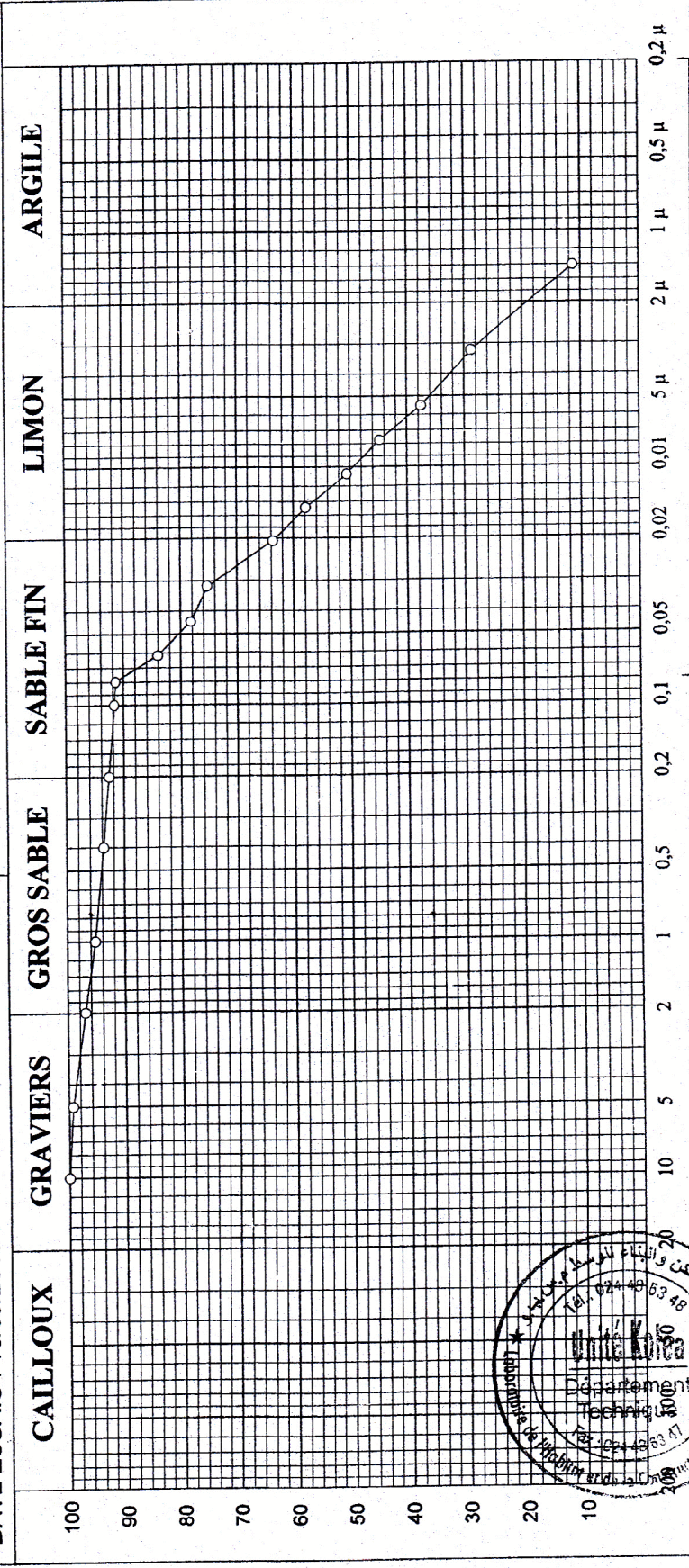
| | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|------------------------|--------------------------------|---|------------------------|--|--|--|--|------------|--|
| ETUDE : RETENUE COLLINAIRE CHAABET THRID LIEU : CHAABET THRID MEDEA CLIENT : ALEXTE | | Puits N° : PUIITS 2 COORDONNEES : X = Y = Z = DATE : 09/2010 | | 484 508 3980 844 033, 59 | | Classification LCPc | | | | | | |
| Profondeur (m) Coupe Lithologique | DESCRIPTION GEOTECHNIQUE TERRE VEGETALE MARNE SCHISTEUSE JAUNATRE | | Echantillon Profondeur | | Granulométrie < 2mm (%) > 80 μ (%) < 2 μ (%) | | Essais d'identification γ _d (g/cm ³) W _N (%) W _L (%) IP (%) IC | | Proctor W _{opt} (%) γ _{opt} (g/cm ³) | | Indice CBR | |
| | 0,5 1,0 1,5 2,0 2,5 3,0 3,5 4,0 4,5 5,0 | 0,60 | | | | | | | | | | |



ANALYSE GRANULOMETRIQUE Selon NFP 94-056 & NFP 94-057

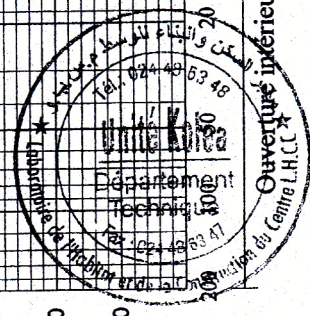
ETUDE : RETENUE COLLINAIRE CHAABET THERID
 CLIENT : ALEXTE
 LIEU : MEDEA
 DATE ESSAIS : 13/09/2010

—○— S1 Prof : 2.30-2.80



Diamètre équivalent (sédimentométrie)

Ouverture inférieure des mailles des tamis (Tamisage)

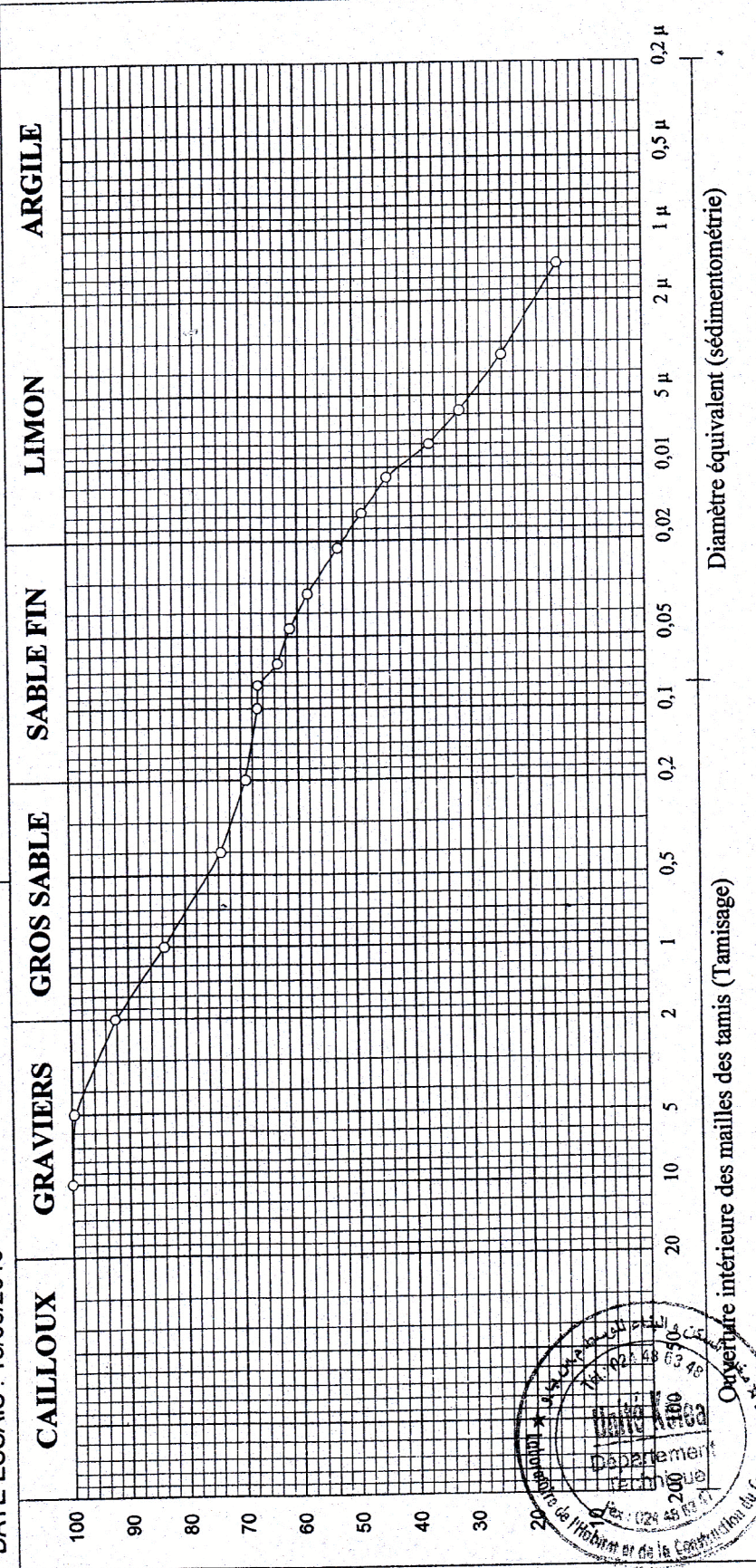


| Echantillon | LIMITES D'ATTERBERG | | Classificat | D60 (mm) | D30 (mm) | D10 (mm) | Cc | Cu |
|-------------|---------------------|---------|-------------|----------|----------|----------|----|----|
| | W.L (%) | I.P (%) | | | | | | |
| Ech 1 | 91,45 % | 0 % | | 0,017 | 0,003 | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

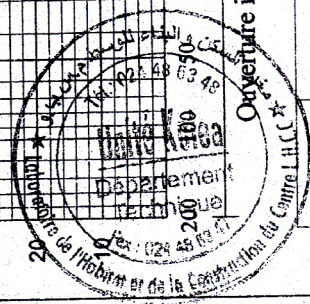
ANALYSE GRANULOMETRIQUE Selon NFP 94-056 & NFP 94-057

ETUDE : RETENUE COLLINAIRE CHAABET THERID
 CLIENT : ALEXTE
 LIEU : MEDEA
 DATE ESSAIS : 13/09/2010

—○— PUIITS N° 02 Prof : 4.00 m



| Echantillon | LIMITES D'ATTERBERG | | Classificat | D60 (mm) | D30 (mm) | D10 (mm) | Cc | Cu |
|-------------|---------------------|---------|-------------|----------|----------|----------|----|----|
| | W.L (%) | I.P (%) | | | | | | |
| Ech 4 | 66,92 % | 0 % | | 0,040 | 0,005 | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |



ANALYSE GRANULOMETRIQUE Selon NFP 94-056 & NFP 94-057

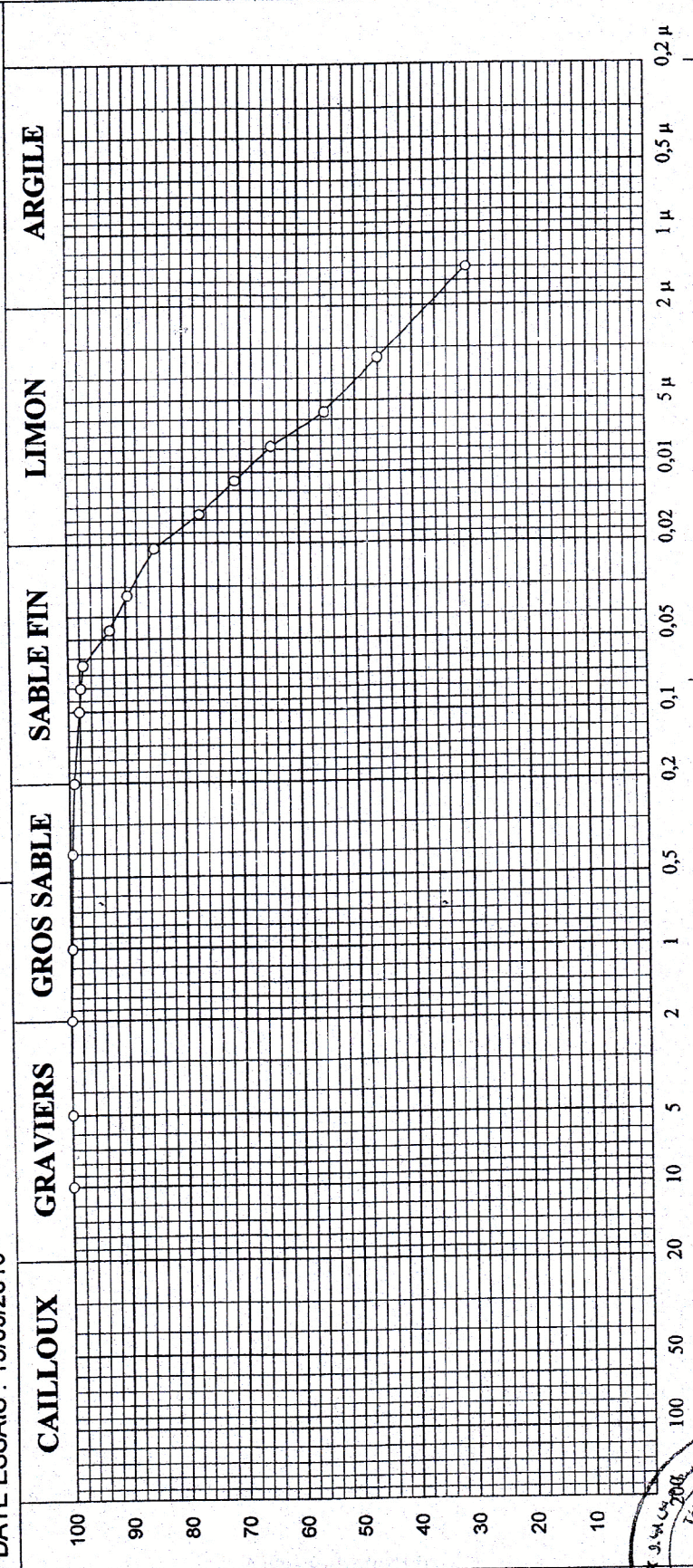
ETUDE : RETENUE COLLINAIRE CHAABET THERID

CLIENT : ALEXTE

LIEU : MEDEA

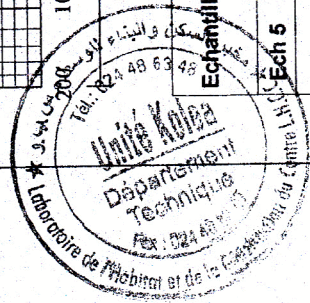
DATE ESSAIS : 13/09/2010

—○— PUIITS N° 03 Prof : 4.00 m



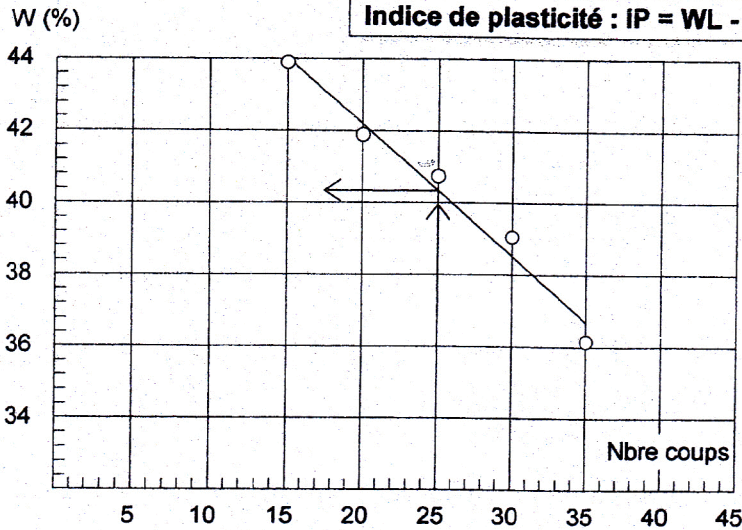
Ouverture intérieure des mailles des tamis (Tamisage) / Diamètre équivalent (sédimentométrie)

| Echantillon | LIMITES D'ATTERBERG | | Classification | D60 (mm) | D30 (mm) | D10 (mm) | Cc | Cu |
|-------------|---------------------|---------|----------------|----------|----------|----------|----|----|
| | W.L (%) | W.P (%) | | | | | | |
| Ech 5 | 97.84 % | 0 % | | 0,007 | | | | |



Limites d'Atterberg

| | |
|--|-------------------------|
| Etude : RETENUE COLLINAIRE CHABET THERID | Référence Sondage : P1 |
| Lieu : W. DE MEDEA | Profondeur : 4.00 |
| Client: ALEXTE | Date essai : 12/10/2010 |
| Nature : | Opérateur : |

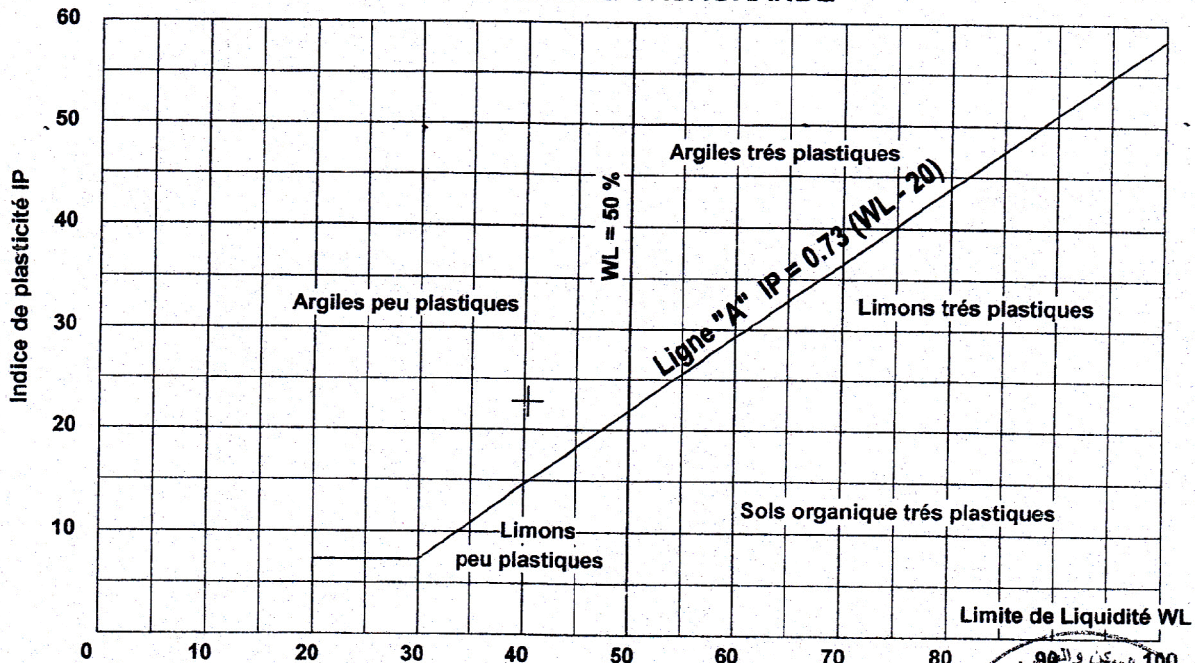


| Essai N° | W (%) |
|----------|-------|
| 1 | 17,6 |
| 2 | 17,5 |
| 3 | 17,6 |
| | |
| | |
| | |

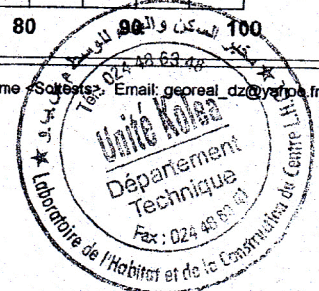
**Limite de Plasticité
WP = 17,57 %**

Limite de Liquidité (WL) = 40,35 %

ABAQUE DE CASAGRANDE

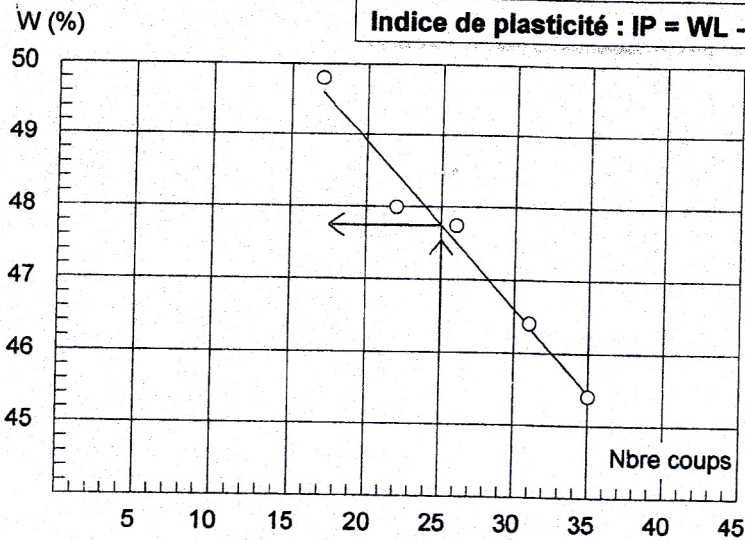


Programme Sols et Fondations Email: georeal_dz@yahoo.fr



Limites d'Atterberg

| | |
|--|-------------------------|
| Etude : RETENUE COLLINAIRE CHABET THERID | Référence Sondage : P2 |
| Lieu : W. DE MEDEA | Profondeur : 4.00 |
| Client: ALEXTE | Date essai : 12/10/2010 |
| Nature : | Opérateur : |

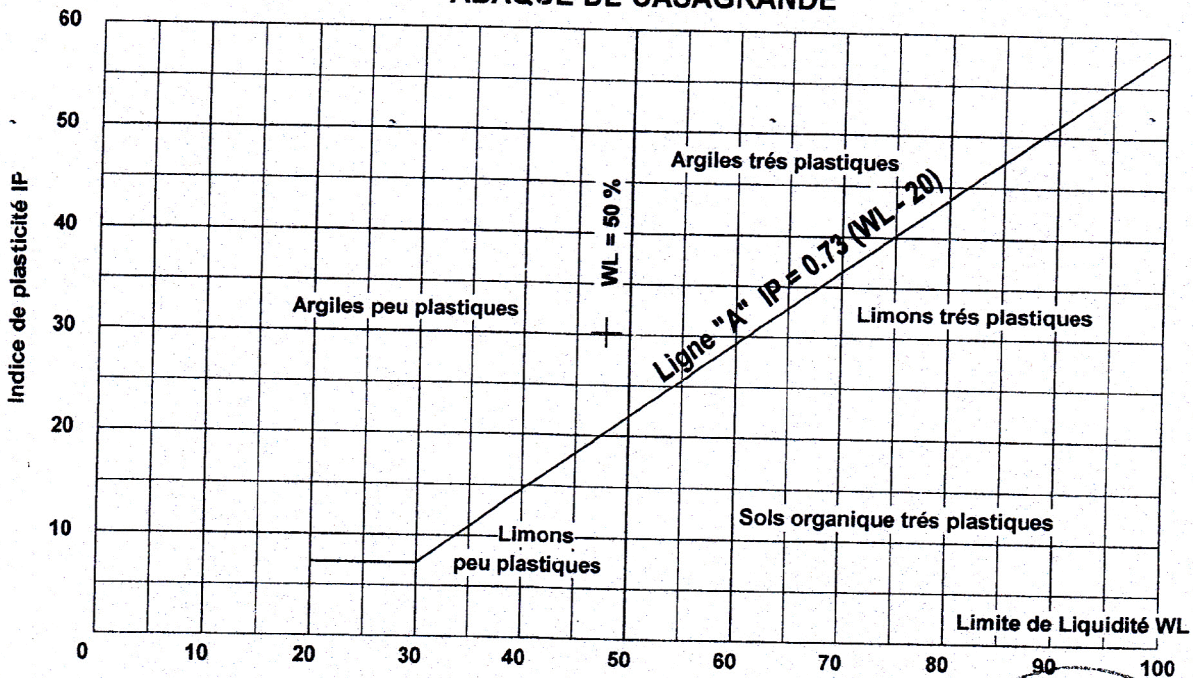


| Essai N° | W (%) |
|----------|-------|
| 1 | 18,97 |
| 2 | 19,3 |
| 3 | 14,44 |
| | |
| | |
| | |

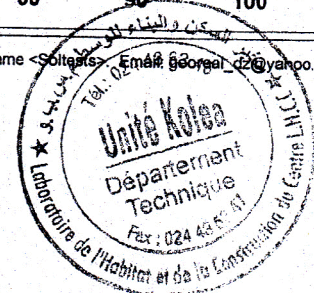
Limite de Liquidité (WL) = 47,75 %

**Limite de Plasticité
WP = 17,57 %**

ABAQUE DE CASAGRANDE



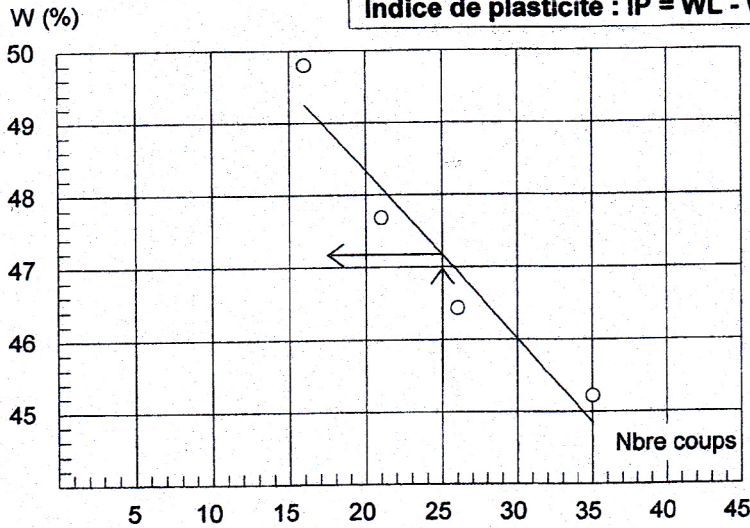
Programme <Soltane> Email: georgal.22@yahoo.fr



Limites d'Atterberg

| | |
|--|-------------------------|
| Etude : RETENUE COLLINAIRE CHABET THERID | Référence Sondage : P3 |
| Lieu : W. DE MEDEA | Profondeur : 4.00 |
| Client: ALEXTE | Date essai : 12/10/2010 |
| Nature : | Opérateur : |

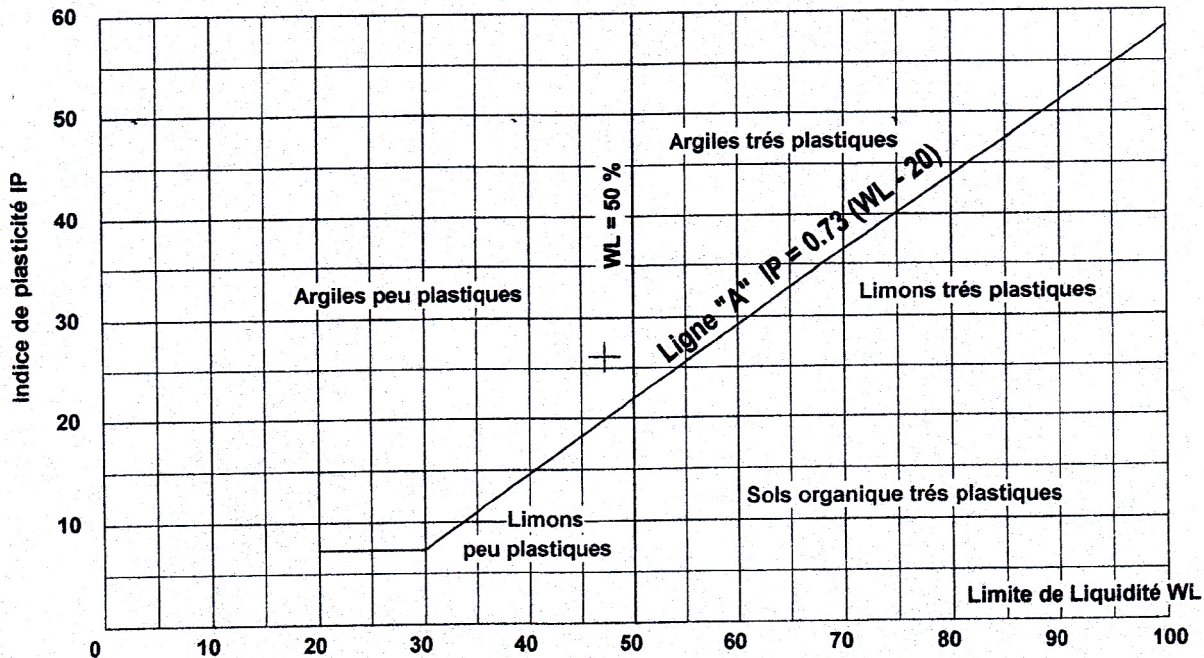
Indice de plasticité : $IP = WL - WP = 26,08\%$



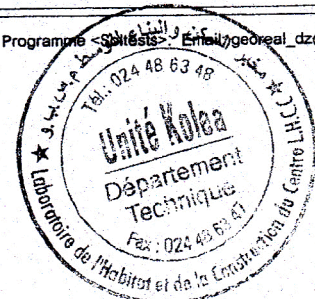
| Essai N° | W (%) |
|----------|-------|
| 1 | 20,3 |
| 2 | 21,38 |
| 3 | 21,59 |
| | |
| | |
| | |
| | |

**Limite de Plasticité
WP = 21,09 %**

ABAQUE DE CASAGRANDE



Programme : البرنامج Email: georeal_dz@yahoo.fr



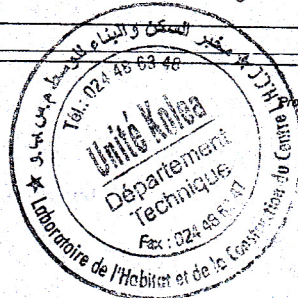
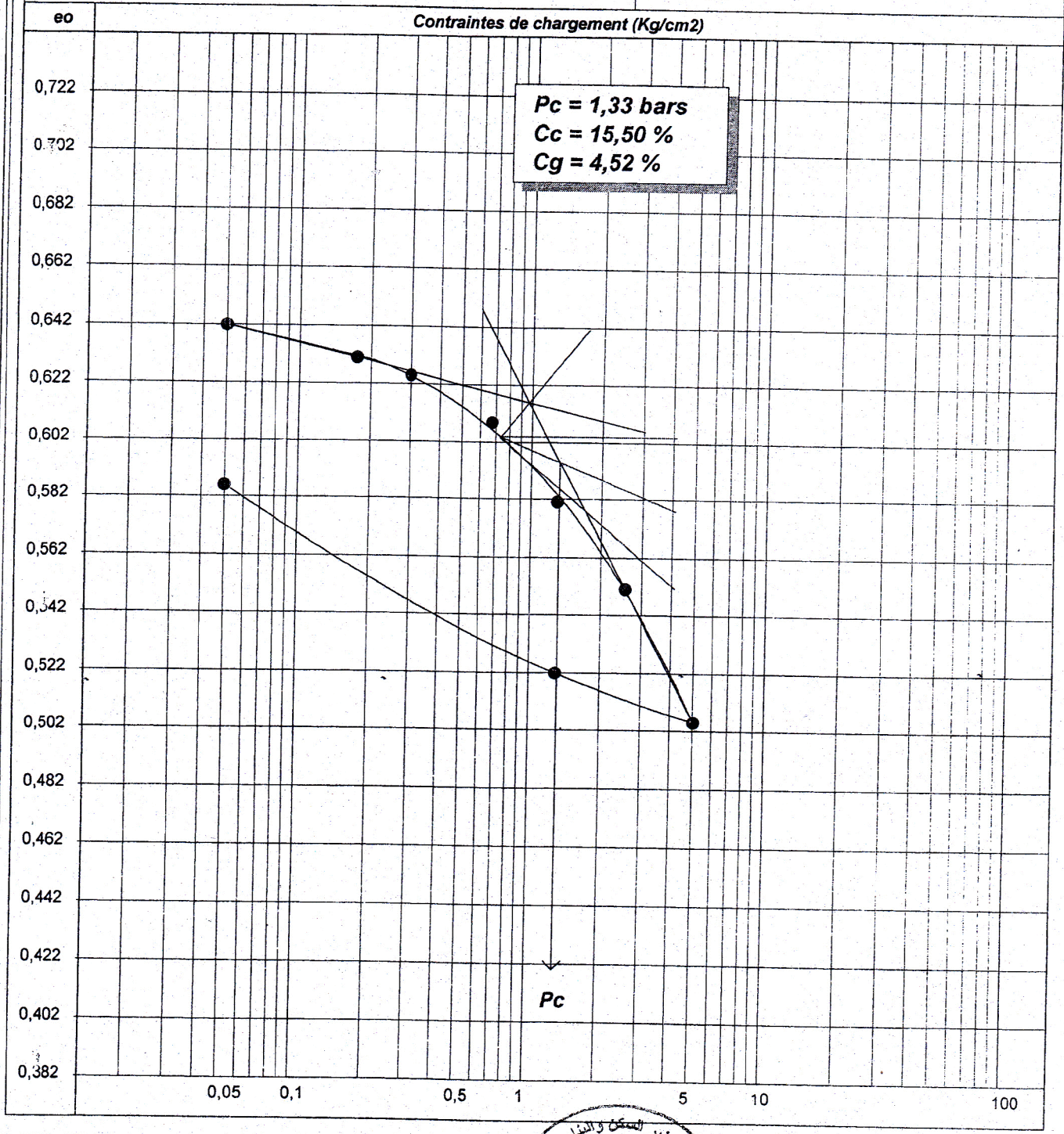
LHCC Unité de Oued Smar

ESSAI OEDOMETRIQUE

(Selon XP P 94-090-1)

Etude : Retenue collinaire cherabet
Lieu : Medea
Client : LHCC unité Koléa
Nature :

Réf Sondage : Sc-01
Profondeur : 2,30 à 2,80 m
Date essai : 27/09/2010
Opérateur :





COEFFICIENT DE PERMEABILITE A L'OEDOMETRE

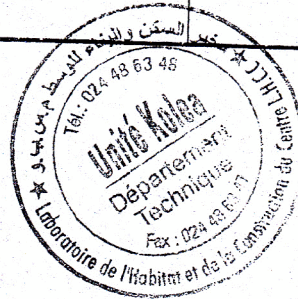
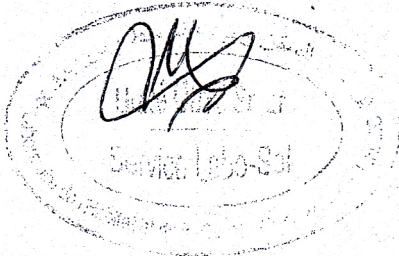
N° Dossier : 23IL-2010 Projet : Retenue collinaire cherabet Médéa
 Sondage / Puits : Sc-01 Profondeur : 2.30 à 2.80 m Nature :

Bâti M&O N° : 297
 Bâti WF N° :
 Section perméamètre s (10⁻² cm²) : 3.29 10⁻²
 Section de l'échantillon S (cm²) : 38.5
 h - m (cm) : 1.2420
 Pression (bar) : 0.675 bar

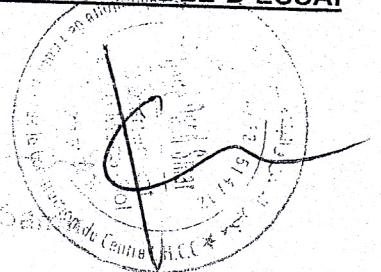
| t (s) | Δh (cm) | Log (h) | Perméabilité K (cm/s) |
|----------------|---------|---------|-----------------------|
| 0 | 60 | 1,778 | 0 |
| 5 | 55,2 | 1,742 | 1,768E-05 |
| 10 | 50,2 | 1,701 | 1,891E-05 |
| 15 | 45,2 | 1,655 | 2,002E-05 |
| 20 | 41,3 | 1,616 | 1,980E-05 |
| 25 | 37,2 | 1,571 | 2,027E-05 |
| 30 | 34,2 | 1,534 | 1,986E-05 |
| 35 | 31,1 | 1,493 | 1,990E-05 |
| 40 | 28,4 | 1,453 | 1,982E-05 |
| 45 | 25,1 | 1,400 | 2,053E-05 |
| 50 | 23,1 | 1,364 | 2,024E-05 |
| 55 | 21,7 | 1,336 | 1,960E-05 |
| 60 | 19,2 | 1,283 | 2,013E-05 |
| 65 | 17,5 | 1,243 | 2,010E-05 |
| 70 | 15,8 | 1,199 | 2,021E-05 |
| 75 | 14,2 | 1,152 | 2,037E-05 |
| Moyenne (cm/s) | | | 1,983E-05 |

$$K = 2.3 \cdot \frac{s}{S} \cdot \frac{\text{Log}(h - m)}{t}$$

LE CHARGÉ D'ESSAI



LE RESPONSABLE D'ESSAI



COEFFICIENT DE PERMEABILITE A L'OEDOMETRE

N° Dossier : 23IL-2010 Projet : Retenue collinaire cherabet Médéa
 Sondage / Puits : Sc-01 Profondeur : 2.30 à 2.80 m Nature :

Bâti M&O N° : 297
 Bâti WF N° :
 Section perméamètre s (10⁻² cm²) : 3.29 10⁻²
 Section de l'échantillon S (cm²) : 38.5
 h - m (cm) : 1.2205
 Pression (bar) : 1.300 bar

| t (s) | Δh (cm) | Log (h) | Perméabilité K (m/s) |
|----------------|---------|---------|----------------------|
| 0 | 60 | 1,778 | 0 |
| 5 | 56 | 1,748 | 1,463E-05 |
| 10 | 52 | 1,716 | 1,517E-05 |
| 15 | 46,2 | 1,665 | 1,847E-05 |
| 20 | 45,5 | 1,658 | 1,466E-05 |
| 25 | 35,2 | 1,547 | 2,262E-05 |
| 30 | 32,5 | 1,512 | 2,167E-05 |
| 35 | 31 | 1,491 | 2,000E-05 |
| 40 | 29,5 | 1,470 | 1,882E-05 |
| 45 | 26,2 | 1,418 | 1,952E-05 |
| 50 | 24,1 | 1,382 | 1,934E-05 |
| 55 | 22,8 | 1,358 | 1,865E-05 |
| 60 | 20,4 | 1,310 | 1,906E-05 |
| 65 | 18,5 | 1,267 | 1,919E-05 |
| 70 | 16,3 | 1,212 | 1,974E-05 |
| 75 | 15,2 | 1,182 | 1,941E-05 |
| Moyenne (cm/s) | | | 1,873E-05 |

$$K = 2.3 \cdot \frac{s}{S} \cdot \frac{\text{Log}(h - m)}{t}$$

LE CHARGÉ D'ESSAI

LE RESPONSABLE D'ESSAI



COEFFICIENT DE PERMEABILITE A L'OEDOMETRE

N° Dossier : 23IL-2010 Projet : Retenue collinaire cherabet Médéa
Sondage / Puits : Sc-01 Profondeur : 2.30 à 2.80 m Nature :

Bâti M&O N° : 297
 Bâti WF N° :
Section perméamètre s (10⁻² cm²) : 3.29 10⁻²
Section de l'échantillon S (cm²) : 38.5
h - m (cm) : 1.1972
Pression (bar) : 2.550 bars

| t (s) | Δh (cm) | Log (h) | Perméabilité K (m/s) |
|----------------|---------|---------|----------------------|
| 0 | 60 | 1,778 | 0 |
| 5 | 56 | 1,748 | 1,463E-05 |
| 10 | 53,5 | 1,728 | 1,216E-05 |
| 15 | 50,5 | 1,703 | 1,218E-05 |
| 20 | 46,8 | 1,670 | 1,317E-05 |
| 25 | 44 | 1,643 | 1,315E-05 |
| 30 | 41,2 | 1,615 | 1,328E-05 |
| 35 | 38,8 | 1,589 | 1,320E-05 |
| 40 | 36,5 | 1,562 | 1,317E-05 |
| 45 | 34,5 | 1,538 | 1,304E-05 |
| 50 | 32,5 | 1,512 | 1,300E-05 |
| 55 | 30,2 | 1,480 | 1,323E-05 |
| 60 | 28,5 | 1,455 | 1,315E-05 |
| 65 | 26,8 | 1,428 | 1,314E-05 |
| 70 | 25,2 | 1,401 | 1,314E-05 |
| 75 | 23,8 | 1,377 | 1,307E-05 |
| Moyenne (cm/s) | | | 1,312E-05 |

$$K = 2.3 \cdot \frac{s}{S} \cdot \frac{\text{Log}(h-m)}{t}$$

LE CHARGÉ D'ESSAI



LE RESPONSABLE D'ESSAI

COEFFICIENT DE PERMEABILITE A L'OEDOMETRE

N° Dossier : 23IL-2010 Projet : Retenue collinaire cherabet Médéa
 Sondage / Puits : Sc-01 Profondeur : 2.30 à 2.80 m Nature :

Bâti M&O N° : 297
 Bâti WF N° :
 Section perméamètre s (10⁻² cm²) : 3.29 10⁻²
 Section de l'échantillon S (cm²) : 38.5
 h - m (cm) : 1.1620
 Pression (bar) : 5.050 bars

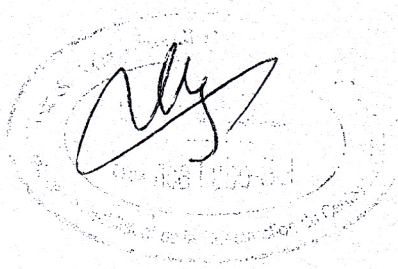
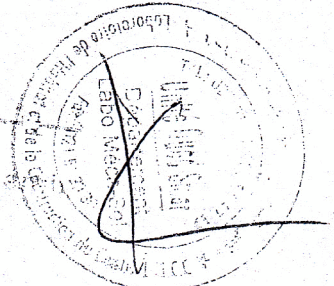
| t (s) | Δh (cm) | Log (h) | Perméabilité K (m/s) |
|----------------|---------|---------|----------------------|
| 0 | 60 | 1,778 | 0 |
| 5 | 57 | 1,756 | 1,088E-05 |
| 10 | 55,2 | 1,742 | 8,840E-06 |
| 15 | 53,1 | 1,725 | 8,634E-06 |
| 20 | 51,9 | 1,715 | 7,687E-06 |
| 25 | 50,5 | 1,703 | 7,310E-06 |
| 30 | 49,2 | 1,692 | 7,013E-06 |
| 35 | 47,8 | 1,679 | 6,886E-06 |
| 40 | 46,2 | 1,665 | 6,927E-06 |
| 45 | 44,5 | 1,648 | 7,041E-06 |
| 50 | 43,5 | 1,638 | 6,819E-06 |
| 55 | 42,3 | 1,626 | 6,738E-06 |
| 60 | 41,5 | 1,618 | 6,514E-06 |
| 65 | 40,2 | 1,604 | 6,532E-06 |
| 70 | 39 | 1,591 | 6,524E-06 |
| 75 | 37,8 | 1,577 | 6,531E-06 |
| Moyenne (cm/s) | | | 7,391E-06 |

$$K = 2.3 \cdot \frac{s}{S} \cdot \frac{\text{Log}(h-m)}{t}$$

LE CHARGÉ D'ESSAI



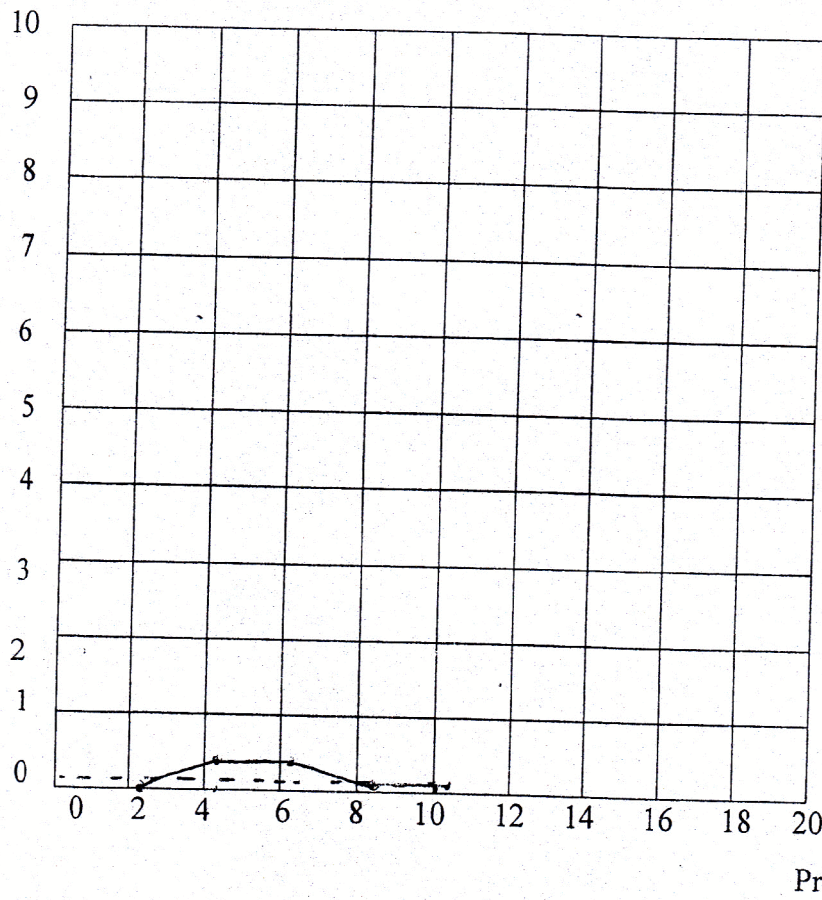
LE RESPONSABLE D'ESSAI



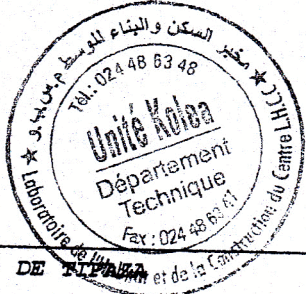


| Etude : retenue collinaire Localisation : chaab et thrid Base du forage : 5m Niveau d'eau avant essai :2m Hauteur du manomètre :0.5m Date de l'essai : 07/09/2010 | | | | | Essai d'eau Lugeon Sondage : SC01 Profondeur : 5.00-6.00m | | | |
|--|----------------------------|----------------|----------------|-----|---|------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Pression (bar) | Pression d'injection (min) | Niveau eau (m) | Compteur litre | | Débit injecté L/min | Pression hydrostatique | Perte de charge (bar) | Pression corrigée (bar) |
| | | | début | fin | | | | |
| 2 | 10 | | 48 | 48 | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 2.25 |
| 4 | 10 | | 58 | 62 | 0.40 | 0.25 | 0.00 | 4.25 |
| 6 | 10 | | 66 | 70 | 0.40 | 0.25 | 0.00 | 6.25 |
| 8 | 10 | | 75 | 76 | 0.10 | 0.25 | 0.00 | 8.25 |
| 10 | 10 | | 76 | 77 | 0.10 | 0.25 | 0.00 | 10.25 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Débit (L/min)



Résultat de l'essai
 L= 1m
 Q(10bar)= 0.1L/min
 UL= 0.1 lugeon





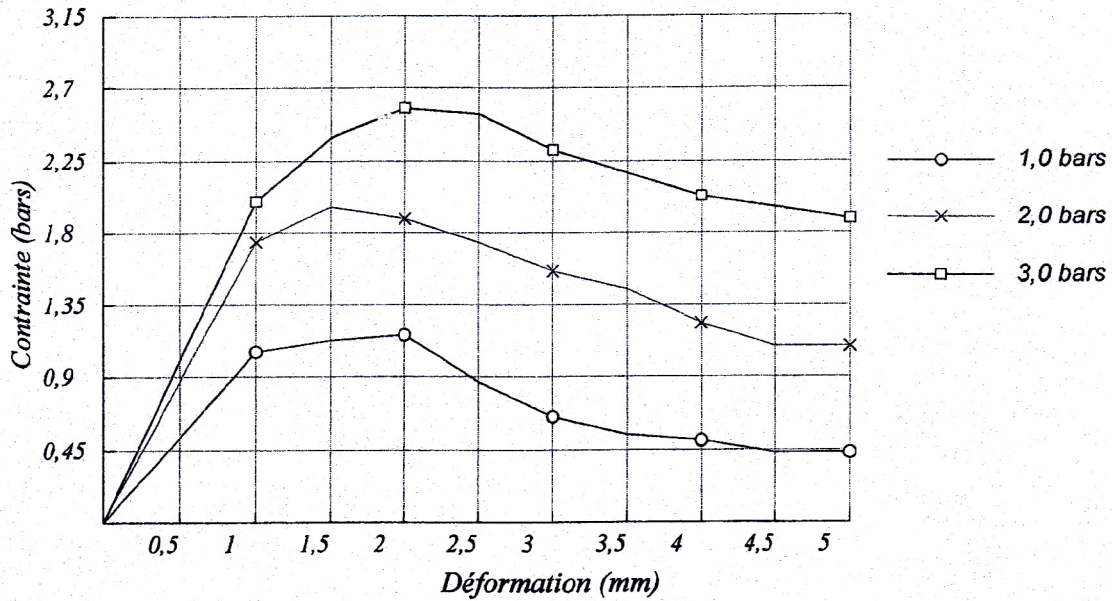
ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE

Selon NF P94-071-1

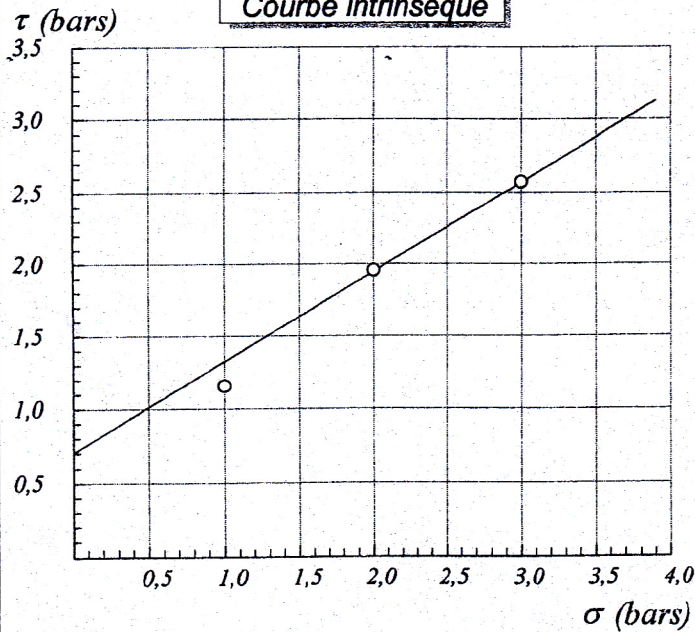
Etude : RETENUE COLLINAIRE
Dossier N° : 109/2010
N° Sond : S 2
Prof : 2.30-2.80
Nature sol :

Date essai : 27/09/2010
Type d'essai : CU
Vitesse de cisaillement : 0,5 mm/mn
Opérateur : DRICI

Contrainte / Déformation



Courbe intrinsèque

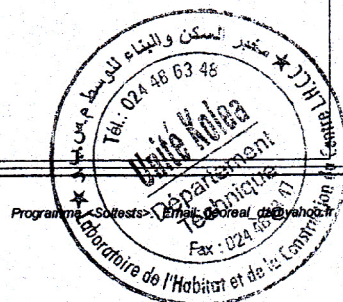


Cohésion = 0,7 bars
Frottement = 31,87 degrés

$\sigma_1 = 1,0 \text{ bars} \rightarrow \tau_1 = 1,16$

$\sigma_2 = 2,0 \text{ bars} \rightarrow \tau_2 = 1,96$

$\sigma_3 = 3,0 \text{ bars} \rightarrow \tau_3 = 2,57$



ESSAI PROCTOR

Selon NF P94-093 Octobre 1993

ETUDE : RETENUE D'UNE COLLINE CHAABET THERIC Puits N° : PUIITS N° 01

LIEU : MEDEA

Profondeur : 4.00 m

CLIENT : ALEXTE

Nature :

DATE : 07/10/10

Opérateur :

Type Proctor : Modifié

$\gamma_d \text{ max} = 2,00 \text{ (T/m}^3\text{)}$

$W_{opm} = 11,4 \text{ (\%)}$

$S_r = 93,45 \text{ (\%)}$

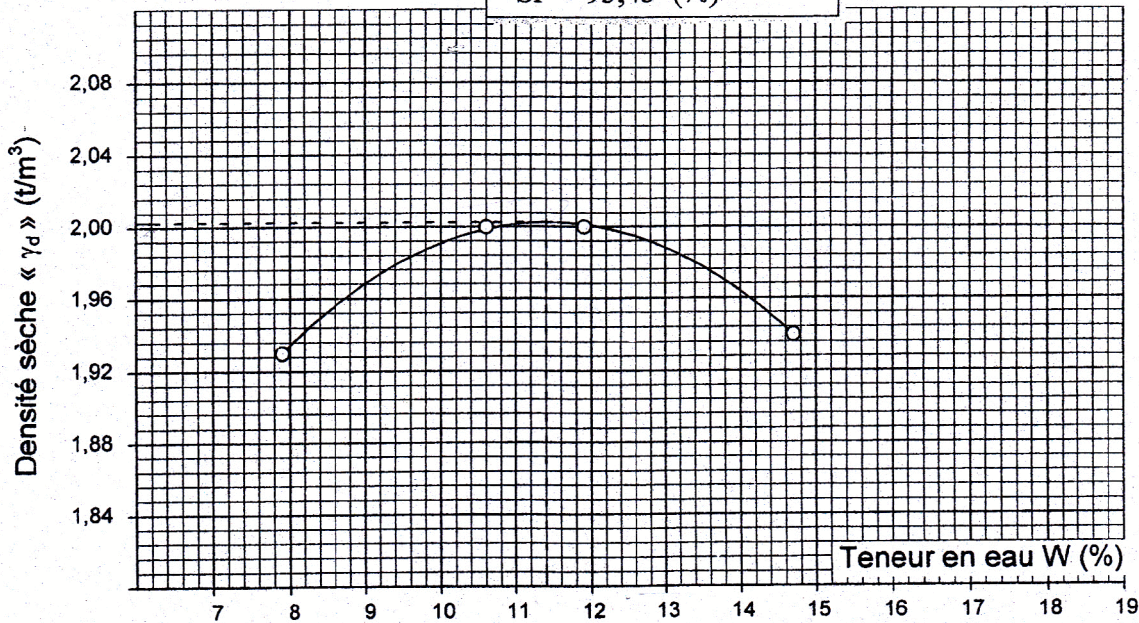
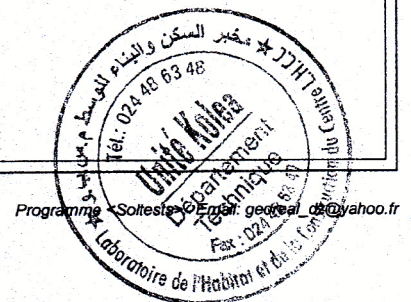


TABLEAU DES RESULTATS DES ESSAIS DE COMPACTAGE

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|------|------|------|------|--|--|--|--|
| W (%) | 7,9 | 10,6 | 11,9 | 14,7 | | | | |
| Densité (T/m ³) | 1,93 | 2 | 2 | 1,94 | | | | |



ESSAI PROCTOR

Selon NF P94-093 Octobre 1993

ETUDE : RETENUE D'UNE COLLINE CHAABET THERIC [Puits N° : P2

LIEU : MEDEA

Profondeur : 4.00 M

CLIENT : ALEXTE

Nature :

DATE : 07/10/10

Opérateur :

Type Proctor : Modifié

$\gamma_d \text{ max} = 1,90 \text{ (T/m}^3\text{)}$

$W_{opm} = 14,9 \text{ (\%)}$

$S_r = 99,12 \text{ (\%)}$

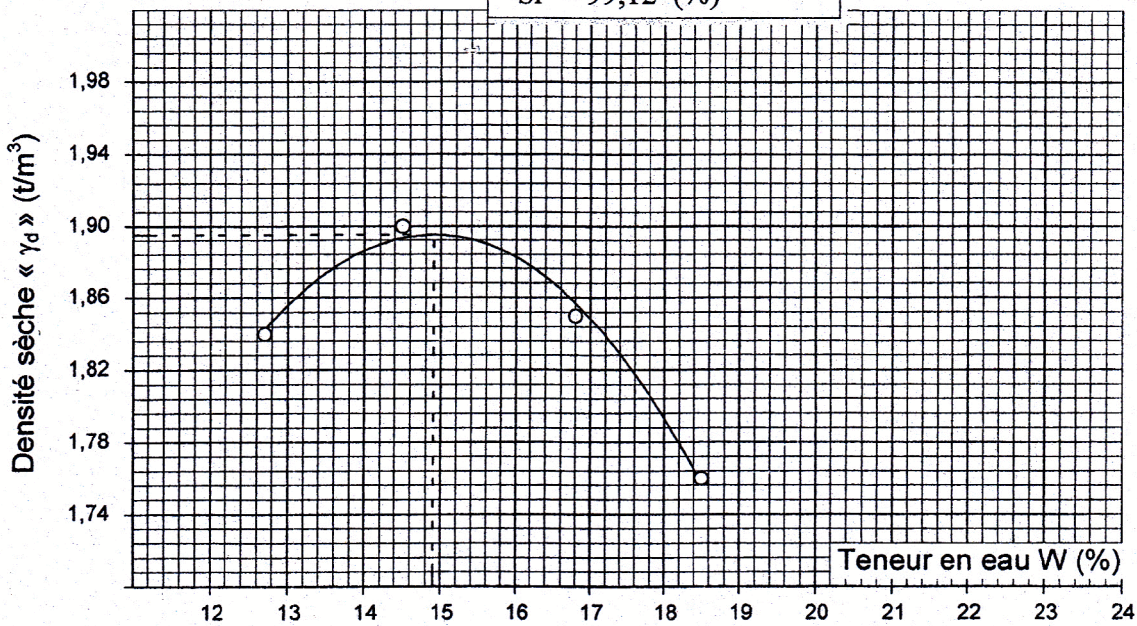
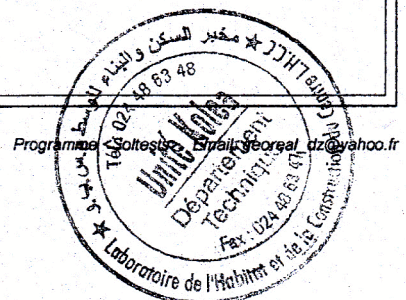


TABLEAU DES RESULTATS DES ESSAIS DE COMPACTAGE

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|------|------|------|------|--|--|--|--|
| W (%) | 12,7 | 14,5 | 16,8 | 18,5 | | | | |
| Densité (T/m ³) | 1,84 | 1,9 | 1,85 | 1,76 | | | | |



Programme de Coltest - Email: georal_dz@yahoo.fr

ESSAI PROCTOR

Selon NF P94-093 Octobre 1993

| | |
|---|---|
| ETUDE : RETENUE D'UNE COLLINE CHAABET THERI LIEU : MEDEA CLIENT : ALEXTE DATE : 07/10/10 | Puits N° : P3 Profondeur : 4.00 Nature : Type Proctor : Modifié Opérateur : |
|---|---|

$\gamma_d \text{ max} = 1,83 \text{ (T/m}^3\text{)}$
 $W_{opm} = 15,1 \text{ (\%)}$
 $S_r = 89,1 \text{ (\%)}$

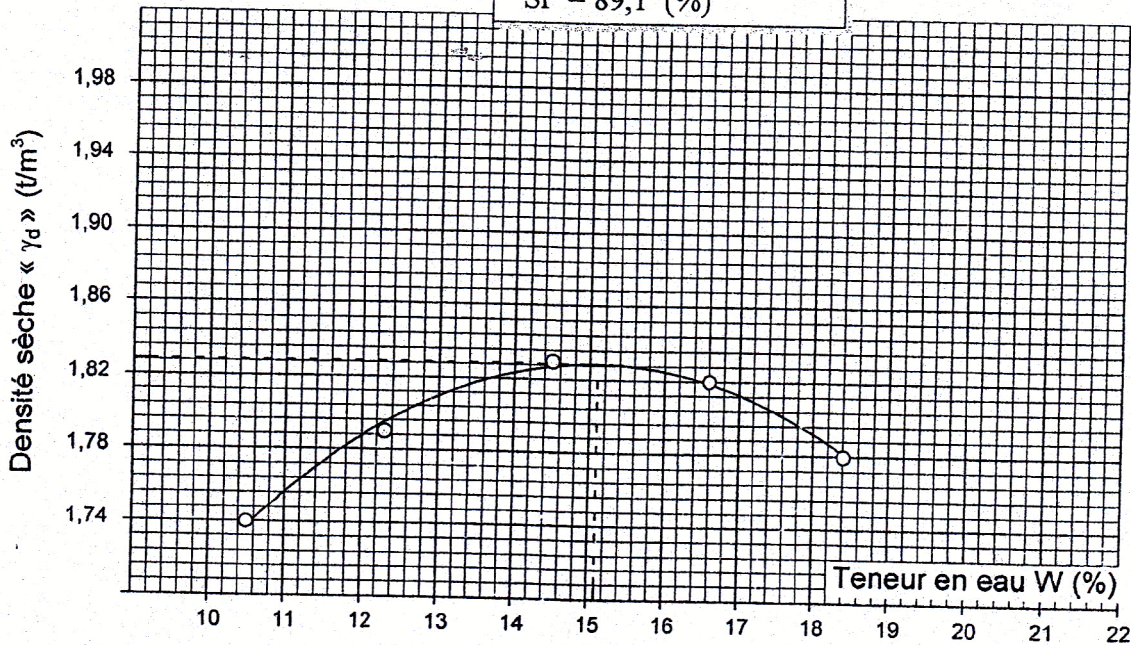


TABLEAU DES RESULTATS DES ESSAIS DE COMPACTAGE

| | | | | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|--|--|--|
| <i>W (%)</i> | 10,5 | 12,3 | 14,5 | 16,6 | 18,4 | | | |
| <i>Densité (T/m3)</i> | 1,74 | 1,79 | 1,83 | 1,82 | 1,78 | | | |

