Université Sidi Mohammed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques
www.fst-usmba.ac.ma

Année Universitaire : 2014-2015

Licence Sciences et Techniques : Géoressources et Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

Etude d'aménagement d'un barrage hydro-agricole et de l'efficacité des géo-matériaux
-BARRAGE KHARROUB-

Présenté par:

BENZBIR Amine
HOQBA Fatima zahrae

Encadré par:

Pr. S. Hinaje

Soutenu Le 15/06/2015 devant le jury composé de:

- **Pr. S. Hinaje**
- **Pr. D. El Azzab**
- **Pr. M. Charroud**

Stage effectué à : Société d'Entreprise Houar

-SEH-

Logo :

Faculté des Sciences et Techniques - Fès
B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES
212 (0) 535 60 29 53 Fax : 212 (0) 535 60 82 14

Liste des abréviations

SEH : Société d'Entreprise Houar

DAH : Direction des Aménagements Hydrauliques

LPEE : Laboratoire public des essais et des études

BCV : Béton Conventionnel Vibré

NGM : Nivellement Général du Maroc

H /V : Horizontal / Vertical

CPJ 45 : Ciment Portland Composé, classe de résistance 45 Mpa

CPS : Cahier de Prescription spéciales

CAB : Centrale à Béton

STM : Station de traitement des matériaux

FV : Fond de vallée

RG : Rive gauche

RD : Rive droite

Cc : Concassé criblé

Cr : Concassé roulé

TV : Tout venant

TN : Terrain Naturel

BV : Bassin versant

S : Sondage

Dmax : Diamètre maximal

dmax : Densité maximale

Liste des figures

Figure 1: Triangle DSEE 10
Figure 2: Coupe d'un barrage-poids 12
Figure 3: Vue panoramique du barrage 13
Figure 4: Coupe d'un barrage en voûte 13
Figure 5: localisation du site du barrage 14
Figure 6: Vue dégagée du barrage 14
Figure 7: Barrage Hassan II 14
Figure 8: Schéma fonctionnel du barrage en Terre 15
Figure 9:Plan du barrage en Terre à noyau argileux 15
Figure 10:Schéma fonctionnel des adjuvants 18
Figure 11: Produit en liquide et en poudre des adjuvants 18
Figure 12: Barrage homogéne 20
Figure 13: Barrage à noyau argileux 21
Figure 14: barrage à masque 22
Figure 15: Le bassin Tahaddart au nord du Maroc 28
Figure 16: Les cours d'eau (classe1) du bassin de Tahaddart. 28
Figure 17:Carte des pentes et failles du bassin de Tahaddart 29
Figure 18: Carte topographique de la région Ayacha, site du barrage 31
Figure 19: image représentatif de la structure du sol argileux 32
Figure 20: Station de traitement des matériaux (site du barrage) 36
Figure 21: Schéma de fonctionnement du concasseur principal 37
Figure 22: Schéma de fonctionnement du HAZMEG 38
Figure 23:Schéma de fonctionnement du MINOBRA 39
Figure 24: le prélévement des échantillons 40
Figure 25: Les prélèvements sous tapis 41
Figure 26: La courbe granulométrique des matériaux 42
Figure 27: l'équivalent de sable 43
Figure 28: Essai à la tâche 44
Figure 29: manipulation de l'essai Proctor 45

Liste des tableaux

Tableau 1: Les barrages en BCR au Maroc 12
Tableau 2: la classificationde la taille des granulats 16
Tableau 3:Le pourcentage des matériaux de fabrication du béton classique 19
Tableau 4: Donées des précipitations et température mensuelles de 2014 33
Tableau 5: le pourcentage des granulats pour la formulation des remblais 42

Table des matières :

Liste des abréviations 1

Liste des figures 2

Liste des tableaux 2

Table des matières : 3

Remerciements 5

Résumé 7

Introduction générale 8

Première partie : Généralités sur les barrages au Maroc

Définition : 10

Historique et types des barrages existants au Maroc : 11

Types de barrages existants au Maroc : 11

Barrage en maçonnerie : 11

Barrage poids : 11

Barrage voûte : 13

Les barrages en remblais : 14

Matériaux de fabrication des barrages en maçonnerie : 16

Les granulats : 16

Liant hydraulique : 17

L'adjuvant : 17

Matériaux de fabrication des barrages en remblais : 19

Conclusion 23

Deuxième partie : Projet d'aménagement du barrage Kharroub

Fiche synoptique du barrage Kharroub : 25

Cadre géologique 27

Aperçu stratigraphique et structurale du bassin de Tahaddart 27

Le relief 29

La fracturation 29

Hydrologie de surface : 30

Conclusion 33

Troisième partie : fabrication et étude de l'efficacité des géo-matériaux

Introduction : 35

La station de traitement des matériaux (STM) : 35

Matériaux grossiers : 36

Matériaux fins : fillers-sable fin et sable grossier..... 37

Les sables fins et les sables grossiers : 38

La cadence de la production des matériaux :..... 39

Les critères du prélèvement des échantillons et la démarche des essais au sein du laboratoire :..... 39

Le prélèvement du sol : 40

-Au stockage : (colline du sol)..... 40

-Sous tapis : 40

Le stockage des échantillons : 41

Les essais géotechniques sur les géo-matériaux :..... 41

Analyse granulométrique : 41

La teneur en eau W%:..... 43

L'équivalent de sable ou propreté du sable :..... 43

Essai au bleu de méthylène : 44

Essai proctor: 44

Conclusion :..... 45

Conclusion générale 46

Bibliographie :..... 47

Webographie : 47

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à remercier vivement la direction de ***Société d'Entreprise Houar*** de nous avoir accordé ce stage d'application et de nous avoir accueilli *au sein de ses services.*

Il nous est également agréable de nous acquitter d'une dette de *reconnaissance auprès* de toutes les personnes, dont l'intervention au cours de ce projet, a favorisé son *aboutissement.*

Ainsi, nous tenons à remercier tout le personnel de S.E.H et plus précisément : Monsieur ***Mohamed BENZBIR*** *chef de terrassement du barrage, pour son accueil, la* confiance qu'il nous a accordée et pour la chance qu'il nous a donnée afin d'intégrer son *service.*

Nos remerciements les plus sincères vont à notre encadrant Mr ***Said HINAJE*** pour les conseils qu'il nous a prodigués, leur *judicieux encadrements ainsi que son assistance pour la rédaction du rapport.*

Aussi pour ***les techniciens*** *de* ***LPEE****, qui ont enrichit notre appétence de connaissance et de savoir, on ne peut dédaigner d'adresser nos sincères remerciements à eux.*

Que tous ceux qui nous ont aidés, de près ou de loin, trouvent ici l'expression de nos *sentiments les meilleurs.*

Avant-propos

Le projet de fin d'étude où un stage d'application au sein des sociétés professionnelles, est une étape importante pour notre formation GRE.

Il offre la possibilité de mettre en application toutes les connaissances acquises et d'évaluer les compétences professionnelles.

Il est aussi une période de transition de la formation à la profession et l'occasion de créer au stagiaire l'esprit de recherches et de collaborations.

En effet, les objectifs de notre stage, sont :

- L'étude globale sur le terrain de fondation des barrages ;
- Décrire les étapes principales de la station de traitement des matériaux ;
- Participer aux travaux des essais au sein du laboratoire ;

En terme générale, le déroulement du stage s'effectue sur bureau et chantier :

- Au bureau :

Analyses des données de formulation des matériaux ;

Traitement des données et reconstitution des résultats ;

Effectuer une synthèse globale sur le terrain de fondation et calcul de stabilité du barrage ;

- Au chantier :

Le suivi des travaux du creusement de la galerie de dérivation provisoire ;

Participation aux travaux d'application des essais sur matériaux au laboratoire externe du LPEE ;

La reconstitution des résultats obtenus après les essais physiques et mécaniques sur les sols et le ciment, bien que le paramètre de résistance des bétons projetés et BCV ;

Résumé

L'étude de la géoscience appliquée à l'environnement, nous a confirmé que le choix du type de barrage en remblais est le plus convenable à la forme du bassin versant d'**Oued KHARROUB,** effectué par la méthode du coefficient de compacité, puisque la morphologie du bassin n'est pas arrondie, alors, si on choisit un autre type de barrage en maçonnerie qui nécessite des matériaux principales de haute performance (béton armé), donc cela conduit à un budget énorme.

La production des matériaux de construction du barrage en remblais est très sophistiquée, tant que le CPS exige un volume énorme de 60 000 m^3 de remblais, et d'ailleurs c'est le point négatif de ce type de barrage, et l'un de difficulté aussi, c'est la dérivation provisoire de l'Oued, par la réalisation de deux galeries de la montagne située au mur de la fondation, bien que la nature soit de type de« Pélite »

Par contre la présence des matériaux n'est pas suffisante pour la réalisation du projet, cela permet d'importer des quantités assez grande provenant des carrières avoisinantes, aussi pour compenser la production institue par la STM, bien que de gagner le temps.

Le suivi et le contrôle des matériaux de construction est une étape très fatiguante pour le laboratoire, puisque le rôle est très important, si on veut une qualité pour notre projet, et de performance, il faut réaliser plusieurs essais, tels que : l'étude mécanique des sols, des ciments, et la résistance des bétons armés sous pression effectuée par l'ensemble des matériels existent au laboratoire externe de LPEE

Introduction générale

La construction des barrages est une activité très ancienne, qui date depuis la préhistoire et servait généralement pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation et la production de l'électricité. De toute façon le rôle des barrages est d'assurer la sécurité contre les inondations et pour conserver l'écosystème.

Cependant, une construction de ces types d'ouvrage d'art de qualité et de performance, est le rôle de la géotechnique des bâtiments pour une sélection des géo-matériaux les plus aptes à la réalisation du projet (résistance et étanchéité)

Le Maroc, depuis des années suit une politique de la construction des barrages, pour des besoins socio-économiques (alimentation en eau potable, agriculture, l'industrie…), avec un potentiel de construction de 3 barrages par an.

En outre l'étude d'aménagement des barrages permette de sélectionner des paramètres physiques, morphologiques, géologiques et topographiques du bassin versant pour choisir le type du barrage. Donc c'est de la géoscience appliquée à l'environnement qui permette d'étudier ces paramètres.

L'étude qui a été effectué sur le bassin versant d'**Oued KHARROUB** est commencée par l'ensemble des disciplines des géosciences, qui sont :

- la topographie, pour donner un aperçu globale sur les lignes de crêtes, afin de délimiter le bassin versant …. ;

- la géomorphologie, pour décrire et expliquer les formes des reliefs de la zone étudiée…,

- l'hydrologie de surface, pour calculer la lame d'eau tombée dans le bassin…,

- la géologie appliquée, pour déterminer la nature des terrains, bien que la détermination de la zone d'installation du barrage dite mur…

La géotechnique est la base de la construction de ce barrage, pour déterminer les paramètres physiques et mécaniques des géo-matériaux de la construction de cet ouvrage, on se basant sur plusieurs essais effectué au laboratoire du chantier.

Première partie : Généralités sur les barrages au Maroc

Définition :

Un barrage est définit en génie civil, comme un ouvrage d'art, réalisé sur un cours d'eau situé dans une vallée.

Son but est de réguler les débits contre les inondations ou/et de stocker le maximum d'eau et pour l'alimentation en eau potable.

Par contre les nouveaux barrages, sont destinés pour la production de l'hydroélectricité, ainsi que pour divers activités économiques, tels que l'agriculture, la pisciculture, irrigation et l'industrie.

La figure ci-dessous, montre l'importance de la gestion des aménagements des projets de construction des barrages, par la durabilité de cet ouvrage, et son impact sur les domaines qui l'entoure.

Figure 1: Triangle DSEE

Pour l'environnement, la gestion des eaux superficielles est le but principal de la réalisation du barrage, bien que de la protection contre les inondations, par les crues, et aussi la conservation de l'écosystème.

Pour le domaine économique, on constate que le rôle d'un barrage n'est pas compris juste pour la protection de l'environnement, mais aussi pour des besoins économiques, tels que la production de l'électricité, l'industrie, donc on peut dire que la construction des barrages a des buts multicritères.

Pour le domaine social, la construction des barrages, surtout que le Maroc est l'un des pays qui suit la politique de la réalisation des grands projets, alors que la réalisation de ces projets donnent de l'opportunité de travail, alors la diminution du chômage.

Historique et types des barrages existants au Maroc :

Types de barrages existants au Maroc :

Les barrages qui sont construit au Maroc, sont divers, et on constate que notre pays suit une politique de la gestion des ressources en eaux dans toutes les régions du Royaume. En outre, la topographie marocaine est complexe, alors c'est un paramètre indispensable de la décision du choix du type de barrage.

Alors les types des barrages existant au Maroc, sont les suivant :

Barrage en maçonnerie :

Les barrages construits en béton, pierre ou maçonnerie sont appelés respectivement barrage-poids, barrages voûtes ou barrage à contreforts.

Barrage poids :

Système de fonctionnement :

Un barrage poids est un barrage dont la propre masse suffit à s'opposer à la pression exercée par l'eau. Ce sont des barrages souvent relativement épais, dont la forme est généralement simple (leur section s'apparente dans la plupart des cas à un triangle rectangle).

Même si les barrages voûtes ou à contrefort nécessitent moins de matériaux que les barrages poids, ces derniers sont encore très utilisés de nos jours. Le barrage-poids en béton est choisi lorsque le rocher du site (vallée, rives) est suffisamment résistant pour supporter un tel ouvrage (sinon, on recourt aux barrages en remblais), et lorsque les conditions pour construire un barrage voûte ne sont pas réunies

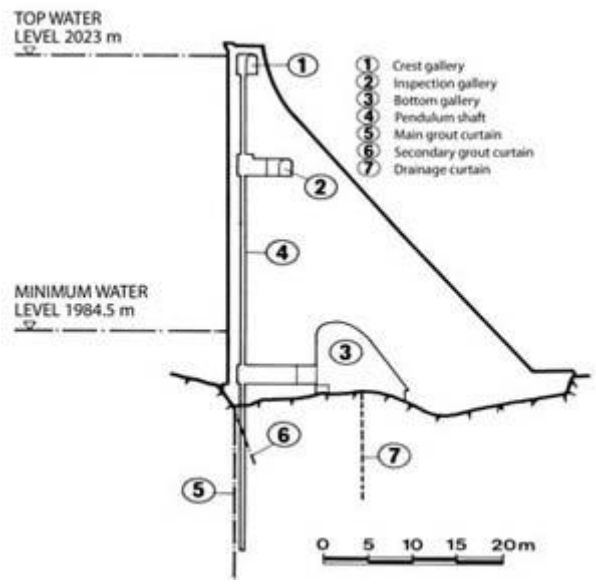

Figure 2: Coupe d'un barrage-poids (cours GC,base de l'ingénieur,p34)

Les barrages poids au Maroc :

Le tableau ci-dessous, résume les barrages poids réalisés au Maroc.

Barrage	Oued	Hauteur du barrage (m)	Volume de la retenue (Mm^3)	Année de mise en service
Rwuidat	Rouidat	24	2.92	1987
Ain Koriema	Akrech	26	1.31	1987
Aoulouz	Souss	79	110	1991
Joumoua	Joumoua	57	6.50	1992
Imin Elkhang	Oued berhil	39	12.0	1993
Sahla	Sahla	55	62.0	1994
Engil	Taghoucht	36	12.0	1996
Bouhouda	Sra	56	56.0	1999
Bab Louta	Bab Louta	55	37.0	2000
Ahl Souss	Izig	49	5.00	2004
Tamesna	Melleh	67	57.0	2005
Hassan II	Moulouya	120	400	2005
Tanger Med	Rmel	79	25.0	2008
Wirgane	N'fis	70	70	2008

Tableau 1: Les barrages en BCR au Maroc (Réf : Rapport de stage, EMI)

Barrage voûte :

La poussée de l'eau est reportée sur les flancs de la vallée au moyen d'un mur de béton arqué horizontalement, et parfois verticalement (on la qualifie alors de voûte à *double courbure*).

La technique de barrage-voûte nécessite une vallée plutôt étroite (même si des barrages-voûtes ont été parfois construits dans des vallées assez larges, poussant cette technologie à ses limites) et un bon rocher de fondation. Même lorsque ces conditions sont réunies, le barrage-voûte est aujourd'hui souvent concurrencé par les barrages-poids en béton ou le barrage en enrochements, dont la mise en œuvre peut être davantage mécanisée.

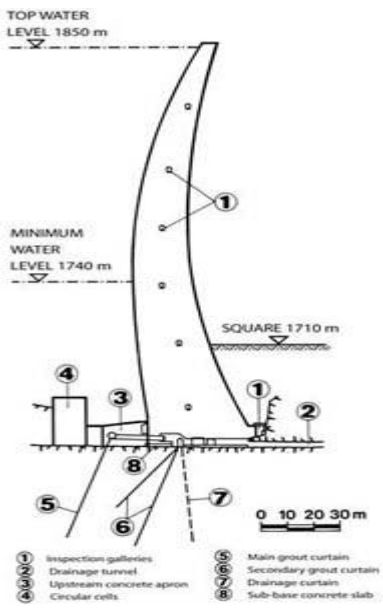

Figure 3: Vue panoramique du barrage

Figure 4: Coupe d'un barrage en voûte (Réf : la structure des barrages en maçonneries, uni Dijon, edition Richard)

Les barrages en voûtes au Maroc :

Barrage Bin el Ouidane :

Le barrage construit en voûte est le barrage de Bin el Ouidane situé à la province de Beni Mellal. Ce barrage est hydroélectrique.

Figure 5: localisation du site du barrage (google maps)

Figure 6: Vue dégagé du barrage (google image)

Barrage Hassan II :

Le **barrage Hassan II** est un barrage aménagé sur l'oued Za, dans la région de L'Oriental, au Maroc. Il est situé à 54 km en amont de la ville Taourirt.

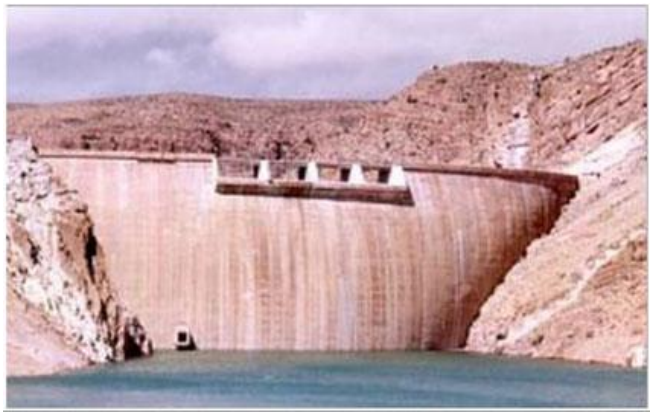

Figure 7: Barrage Hassan II (Réf : cours géotechnique de Salim Amrani, EMI 2009)

Les barrages en remblais :

Système de fonctionnement :

On appelle barrages en remblais tous les barrages constitués d'un matériau meuble, qu'il soit très fin (argile) ou très grossier (enrochements).

Cette famille regroupe plusieurs catégories, très différentes. Les différences proviennent des types de matériaux utilisés, et de la méthode employée pour assurer l'étanchéité.

Le barrage homogène est un barrage en remblai construit avec un matériau suffisamment étanche (argile, limon). C'est la technique la plus ancienne de barrages en remblai.

Le barrage à noyau argileux comporte un noyau central en argile (qui assure l'étanchéité), épaulé par des recharges constituées de matériaux plus perméables. Cette technique possède au moins deux avantages sur le barrage homogène : (1) les matériaux de recharge sont plus résistants que les matériaux argileux, on peut donc construire des talus plus raides et (2) on contrôle mieux les écoulements qui percolent dans le corps du barrage.

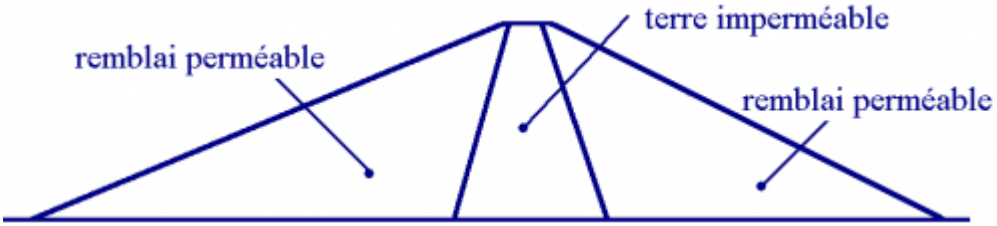

Figure 8: Schéma fonctionnel du barrage en Terre (Réf : la construction des barrages, bruno Louis)

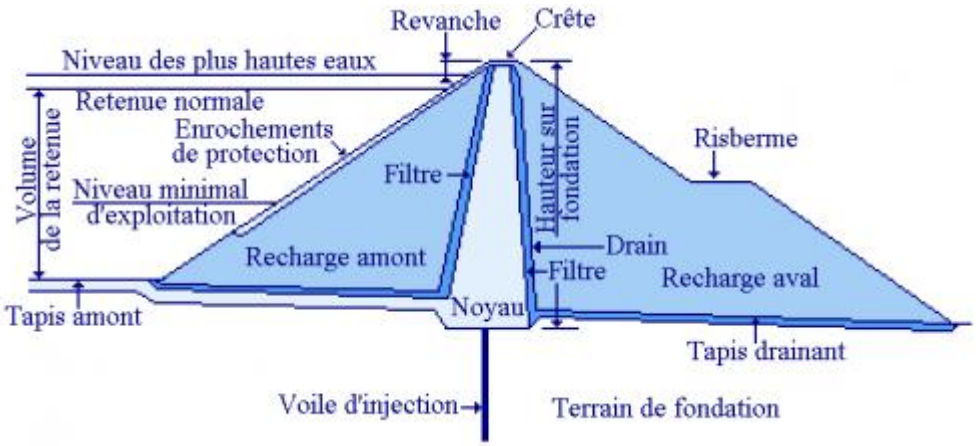

Figure 9:Plan du barrage en Terre à noyau argileux (Réf : la construction des barrages, bruno Louis)

Les barrages en remblais existants au Maroc :

Barrage Moulay Youssef

Barrage Moulay Hassan 1er

Barrage Kharroub (en cours de réalisation)

Matériaux de fabrication des barrages en maçonnerie :

Pour assurer une bonne qualité d'un ouvrage, il faut bien choisir soigneusement la formulation pour fabriqué un béton performant.

En général, en génie civil, les barrages sont réalisés à partir d'une formulation simple à très complexe.

En revanche le type des barrages est un paramètre indispensable pour la formulation, en tenant compte du terrain de fondation, qui est la base de ce genre d'ouvrage. En règne, la topographie, la géologie des terrains sont des paramètres qui entre du choix du type, ainsi que le choix de la recette exacte pour l'installation d'un barrage.

Les matériaux de fabrication pour chaque ouvrage d'art, sont les suivants : les granulats, liant, adjuvant, eau de gâchage ou de malaxage.

Les granulats :

Les granulats occupent dans chaque formulation un pourcentage très grande du volume des bétons et mortiers selon la norme et les exigences de chaque CPS, allant de 55%(pour le mortier) jusqu'au 85%(pour les BCR).

Le sous-sol est un composé complexe, contient de différent genre et types des matériaux, du friable aux matériaux rigides, pour le premier paramètre physique, c'est la classe du sable, sable mélange (modifié), sable grossier, gravillons, gravette….

Le tableau ci-dessous, résume la classe granulaire des matériaux employés dans la fabrication de divers types de béton.

APPELLATION		Dimension de la maille des tamis en (mm)
Pierres cassées et cailloux	Gros	50 à 80
	Moyens	31,5 à 50
	Petits	20 à 31,5
Gravillons	Gros	12,5 à 20
	Moyens	8 à 12,5
	Petits	5 à 8
Sable	Gros	1,25 à 5
	Moyens	0,31 à 1,25
	Petits	0,08 à 0,31

Tableau 2: la classificationde la taille des granulats

(Réf : cours de géotechniques des BTP, EHTP, Salim Benhachem)

La classe granulaire est très importante pour la qualité du béton, dont la formulation de la recette de fabrication, le mélange est constitué de 2 à 4 types de classe, du sable jusqu'à le gravette GII par exemple, pour la fabrication du BCV (un béton de performance), les classe granulaires sont : sable fin (taille inférieur à 2mm), sable grossier (taille comprise entre 2mm à 4 mm) et les gravette GII (8-16mm).

Liant hydraulique :

Pour rendre les matériaux compacts, il est nécessaire d'ajouter le ciment, qui est le lien entre les particules de la formulation des bétons.

Le pourcentage du ciment dans la fabrication des bétons, est très petit, cela est à cause du coût, mais en général, le volume est de l'ordre 8 à 12% du volume total du béton.

L'adjuvant :

Les **adjuvants pour matériaux de construction** sont des produits chimiques ajoutés au béton ou au ciment pour modifier leurs caractéristiques. Les ajouts d'adjuvants du béton, réalisés lors du malaxage, sont le plus souvent inférieurs à 5 % en masse de ciment

En général, La modification du bétonnage, est une propriété modifiée par des compléments, dites les adjuvants, dont les types fréquents, sont l'adjuvant retardateur de prise du béton, et accélérateur de la prise en place.

Les types d'adjuvants (ou additifs) les plus courants sont les suivants :

- les *accélérateurs* **(en)** : ils accélèrent l'hydratation (le durcissement) du béton ;
- les *retardateurs* : ils ralentissent l'hydratation du béton et sont utilisés lorsque les conditions de mise en place sont difficiles (où le durcissement partiel du béton avant que la coulée ne soit terminée est indésirable) ;
- les *entraîneurs d'air* : ils ajoutent et entraînent de minuscules bulles d'air dans le béton, ce qui réduit les dommages au cours des cycles de gel-dégel et augmente la durabilité. Cependant, l'air entraîné implique un compromis avec la résistance (1 % d'air entraîné peut diminuer la résistance en compression de 5 %) ;

- les *plastifiants* : ils augmentent la maniabilité du béton frais, ce qui lui permet d'être mis en place plus facilement. Les plastifiants peuvent également être utilisés pour réduire la teneur en eau du béton et améliorer la résistance et les caractéristiques de durabilité. Les super plastifiants sont une classe de plastifiants qui ont moins d'effets nuisibles et peuvent être utilisés pour augmenter davantage la maniabilité par rapport aux plastifiants traditionnels ;
- les *pigments* : ils peuvent être utilisés pour changer la couleur du béton, pour l'esthétique ;
- les *agents de mouture* : ajoutés lors du broyage du ciment, ils permettent de lutter contre le phénomène de ré agglomération. Les ajouts se situent entre 0,01 % et 0,25 % en masse.

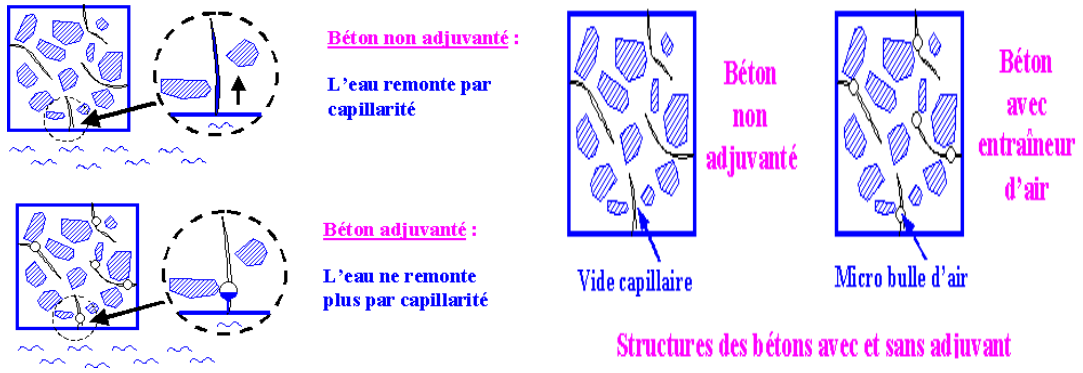

Figure 10:Schéma fonctionnel des adjuvants (Réf : cours géotechniques, DUT :GME, Boumshouli)

Figure 11: Produit en liquide et en poudre des adjuvants

D'une part, la construction de roches industrielles (bétons) de qualité, est une responsabilité de tous les disciplines scientifiques, et d'autre part, la fabrication des bétons nécessite une précision lors du malaxage des matériaux, puisque le pourcentage est diffère de chaque

formulation, mais en gros, le béton classique à une recette spécial et le tableau ci-dessous englobe le pourcentage des matériaux de fabrication.

	Eau	Air	Ciment	Granulats
Volume	14%-22%	1%-6%	7%-14%	60%-78%
Masse	5%-9%	N/A	9%-18%	63%-85%

Tableau 3:Le pourcentage des matériaux de fabrication du béton classique

(Réf : Cahier de Prescription Spécial, Barrage Tiouine, Ouarzazat)

Matériaux de fabrication des barrages en remblais :

Les barrages en remblais, sont des types dont lesquels, les matériaux dominant son meubles. Ce type est choisi selon un bassin versant de type ouvert (basse altitudes) pour minimiser le coût de réalisation du barrage.

Les matériaux de construction des barrages en remblais, sont réalisés généralement par des matériaux naturels. Principalement par des composés situés au voisinage du cours d'eaux, dont les matériaux grossiers s'installent toujours au lit de l'oued par la force de gravité et paramètre de la pente, cependant les autres matériaux tels que les sables fins sont fabriqués dans la STM de l'entreprise pilote du chantier, alors que les géo ressources de ces matériaux sont liés toujours par le fait de l'étude des géo-matériaux par des spécialistes en géotechniques.

En outre, les barrages en remblais ont une forte emprise au sol qui leur permet d'être construits sur des fondations de qualité médiocre. Ils résistent à la pression de l'eau grâce à leur poids. Trois catégories principales de barrages en remblais existent.

Les barrages en remblais sont des barrages constitués d'un matériau meuble qui peut être fin (terre) ou grossier (enrochements).

De forme trapézoïdale, les barrages en remblais sont des barrages à forte emprise au sol. Grâce à leur forte emprise au sol, ils peuvent reposer sur des fondations de qualité moyenne, là où un barrage en béton ne pourrait pas être construit.

Les barrages en remblais résistent à la pression de l'eau grâce à leur poids, une caractéristique qu'il partage avec les barrages poids.

La pente des barrages en remblais est généralement faible, mais elle peut évoluer en fonction du matériau utilisé.

Il existe trois types de barrages en remblais, qui diffèrent en fonction des matériaux utilisés et de la méthode utilisée pour assurer l'étanchéité du barrage.

- Le barrage homogène est construit avec un seul matériau étanche l'argile ou le limon. Il s'agit du type de barrage le plus ancien.

Certains barrages homogènes ont été réalisés il y a plus de 2.000 ans, en Chine, en Inde ou au Sri Lanka.

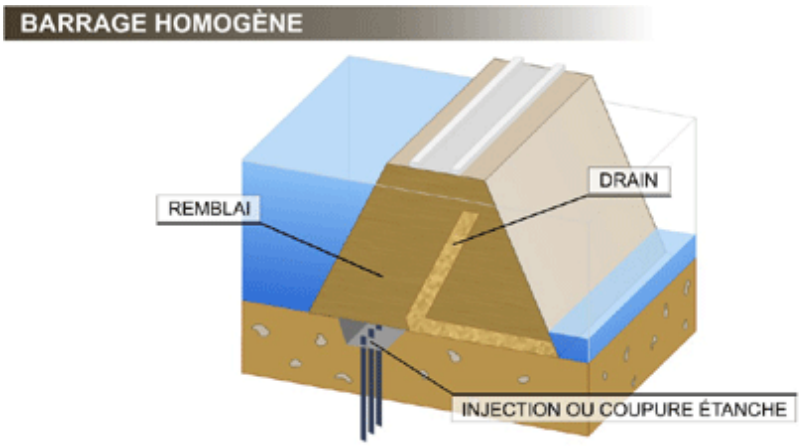

Figure 12: Barrage homogéne

(Réf : planète du GC, edition Lahor, Paris 11)

N.B : Ce barrage est dit homogène lorsqu'il est constitué d'un même matériau à dominante argileuse, relativement imperméable. Selon les ouvrages, la pente des talus sera plus ou moins forte, en fonction notamment des caractéristiques du matériau employé.

- Le barrage à noyau est composé d'un noyau central, constitué d'un matériau imperméable, et de recharges, c'est-à-dire une couche supérieure qui recouvre les flancs du noyau.

Les recharges peuvent être constituées d'enrochements ou d'alluvions. Elles permettent d'assurer la stabilité du barrage, alors que le noyau central assure son étanchéité.

Plus stable qu'un barrage homogène, grâce aux recharges, les barrages à noyaux permettent de construire des talus plus raides.

De plus le risque d'écoulement dans le corps du barrage est plus limité grâce à ces enrochements.

Dans les régions de glaciers, le noyau du barrage en noyau peut être constitué d'une moraine (« barrage en noyau à moraine»), c'est à dire d'un amas de débris minéral transporté par un glacier.

Le noyau peut également être remplacé par une paroi centrale étanche en béton.

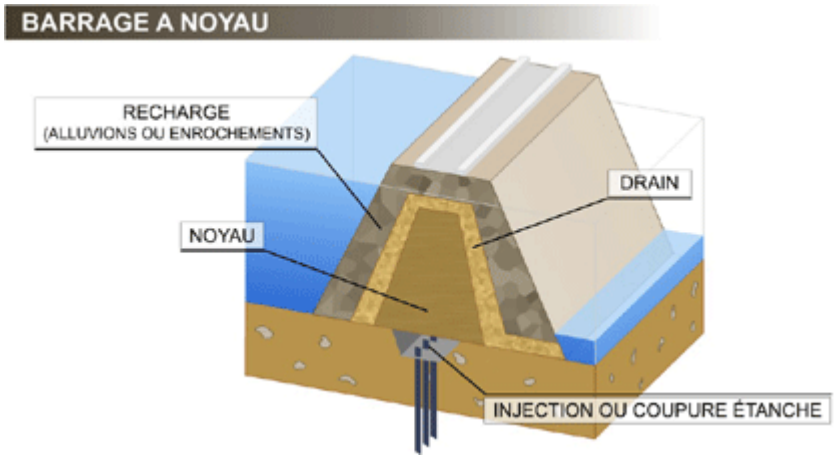

Figure 13: Barrage à noyau argileux

(Réf : planète du GC, edition Lahor, Paris 11)

NB : Dans un barrage à noyau, les fonctions de résistance et d'étanchéité sont en quelque sorte séparées. La résistance est assurée par les recharges placées sur les flancs de l'ouvrage, et l'imperméabilité par le noyau central.

Le noyau au centre de l'ouvrage va être constitué de la terre la plus imperméable possible. Il sera tenu de part et d'autre par des recharges composées, selon les cas, de terre plus perméable, d'alluvions ou d'enrochements.

- Les barrages à masque sont la catégorie la plus récente de barrage en remblais. Cette technique permet de construire un barrage remblais sans terre imperméable. Le corps du barrage est constitué d'enrochement.

En amont, l'étanchéité de l'ouvrage est assurée par un masque posé sur le corps du barrage.

Le masque peut être en béton (armé ou bitumineux) ou simplement constitué d'une membrane mince (en PVC ou bitumineuse).

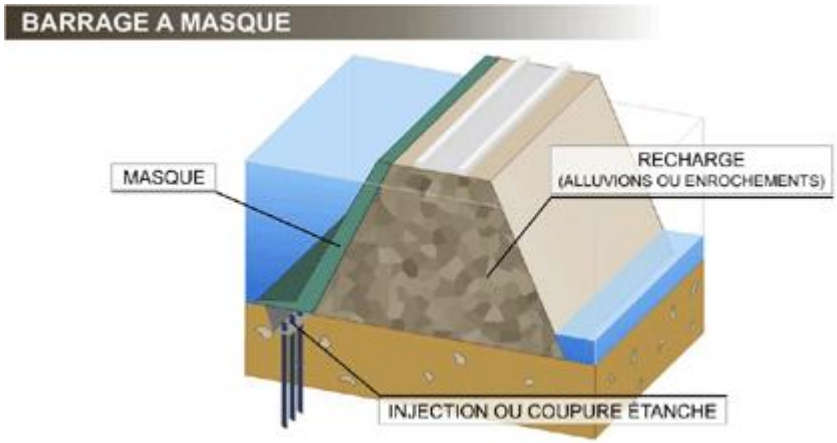

Figure 14: barrage à masque

(Réf : planète du GC, edition Lahor, Paris 11)

N.B : Il peut aussi exister des sites où aucune terre n'est disponible, mais seulement des enrochements. Ceux-ci sont alors employés pour réaliser le corps du barrage, tandis que l'étanchéité est assurée par un masque de béton, ciment ou béton bitumineux posé sur l'ouvrage lui-même, côté amont.

Conclusion

Les barrages sont des ouvrages de BTP, qui servent à la gestion de la vie humaine, par la gestion des ressources en eaux, surtout les eaux superficielles, dont le stockage est très important.

Cependant la construction des barrages au Maroc est une chose essentielle pour l'économie marocaine, surtout qu'il est un pays agricole en excellence.

Alors la construction des barrages partout le Maroc, est une étape très complexe, tandis que notre pays à une topographie divers, et c'est l'un des paramètres principal pour le choix du type de barrage, bien que la géologie, pour déterminer les structures du sol et du sous-sol, et d'améliorer le coût des matériaux de fabrication des granulats, par une étude globale (physique) des matériaux qui constituent la subsurface.

Deuxième partie : projet d'aménagement du barrage KHARROUB

Fiche synoptique du barrage Kharroub :

BARRAGE SUR OUED KHARROUB

A. Données générales

-Maître d'Ouvrage : Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement

-Maître d'œuvre : Direction Des Aménagements Hydrauliques

-Projeteur : NOVEC ingénieurs conseils

-Cours d'eau : Kharroub

-Province : Tanger

-Ville la plus proche : Tanger

-Situation : Le site du barrage Kharroub se situe sur l'oued Kharroub dans la Wilaya de Tanger à environ 22 Km à l'Est de la ville d'Asilah, et à environ 9Km à l'Est du village Arba ayacha.

-Destinations principales du barrage :

- Alimentation en eau potable ;
- Protection contre inondation ;

C. Caractéristiques principales de la retenue

□Altitude de la retenue normale : 85 NGM

□Aire de la retenue au niveau normal : 11 km²

□Capacité à retenue normale : 185 Mm³

□Volume envasé en 50 ans : 23 Mm³

D. Caractéristiques principales des ouvrages

1) Barrage

-Type : Digue homogène à noyau central argileux

-Pentes du parement amont : 4.8 H/1V

-Pentes du parement aval : 4.5 H/1V

-Terrain de fondation : pélite

-Hauteur maximale sur fondation : 56 m

-Volume du barrage : 6.3 Mm³

2) Dérivation provisoire

□Fonctions : Dérivation provisoire en phase de dérivation, vidange en phase finale,

□Description : Galerie

□Type : circulaire

□Diamètre : 6.5 m

□Longueur de la galerie : 640 m

□Cote amont : 46.50 NGM

□Cote aval : 41 NGM

□Débit évacué au passage de la crue de chantier : 210 m³/s

3) Evacuateurs de crue

□Type : Tulipe en rive gauche (Rs=8.5 m)

□Longueur du seuil déversant : 33 m

□Cote du seuil : 85 NGM

□Cote de calage du pertuis de fond : 54.40 NGM

□Dimensions du pertuis du fond : 7 x 6.5 (L x h)

□Diamètre et longueur du puits aval : 8.5 m ; l = 480 m

□Débit évacué : 270 m³/s (1/10 000)

,650m³/s (CMP).

-Cote des PHE : 87.33 NGM

-Cote des PHEE : 89.81 NGM

□

4) Vidange de fond

-Type : Galerie de 6.5 m de diamètre

-Section de contrôle : 1 pertuis

-Cote du seuil : 45.5 NGM

-Dimensions des pertuis : 2.90 x 3.90 m

-Capacité maximale sous RN : 270 m³/s

5) By pass

-Type : 2 conduites

-Cote du seuil : 46.70 NGM

-Diamètre : 400 mm

-Capacité maximale sous RN : 3 m³/s

6) Prises d'eau potable

-Type : Puits vertical

-Equipement : 3 prises □□1000mm

-Cotes de calage : 80 ; 73 ; 66 NGM

-Débit maximum prélevé : 10 m³/s

7) Digue de col

-Type : Digue homogène à noyau central argileux

-Longueur en crête : 600 m

-Largeur en crête : 8.00 m

-Hauteur maximale : 30 m

-Pentes du parement amont : 4.5 H/1V

-Pentes du parement aval : 4.2 H/1V

-Volume de remblai : 815 000 m³

Cadre géologique

La chaine rifaine se présente à l'extrême Nord du Maroc sous forme d'un arc bordant la cote sud occidentale de la méditerranée. Il est caractérisé par un déversement et un écoulement de nappes superficielles, qui se font des zones internes vers les zones externes. Notamment au nord de l'axe larache-tetoun.

L'oued Kharroub situé au Nord occidentale du rif. Il appartient aux réseaux hydrographiques du bassin de Tahaddart. Le bassin s'étend sur une superficie d'environ 2740km2 avec des directions d'écoulement variées, placés a l'ouest et SW de la dorsale calcaire .Il est occuper par des terrains géologiques drainées représenté par des lithologies essentiellement marno argileuse et des grésso_quartzitique , appartenant à des formations géologiques d'âges méso-cénozoique .Cette formations géologique complexe qui s'installe le réseaux hydrographique du bassin de Tahaddart à une compétence et perméabilité différentes .Il est affecté par une importance tectonique cassante contrôle le réseaux hydrographique, caractérisé par un ensemble de reliefs dont la topographie diffère de l'est a l'ouest .

Aperçu stratigraphique et structurale du bassin de Tahaddart

La structuration du bassin de Tahaddart dont le quelle l'oued Kharroub s'intègre à une évolutions tectonique rifaine essentiellement méso_cénosoique.Il est caractérisé notamment par les mouvement de charriages et de tectonique cassante mio_plio_quaternaire, tient rigoureusement sur le domaine externe et le domaine des nappes des flysches.

Le bassin comprennent 4 principaux nappes qui forment des ensembles lithologiques cartographiques ;

1) Les nappes de grés a faciès numidienne (Aquitanienne oligocène) situées au nord de l'oued mharhar et entre celui-ci et l'oued haricha et l'oued el hachef .Il côtoie presque la région du oued Kharroub.

2) Les nappes de Melloussa composés de pélites calcaire argileux, très loin du oued kerroub .Il se situé au NE du bassin de Tahaddart.

3) Les nappes de Beni Ider composé de flysch argilo_calcaire (sénonien), et des alternances de grés et de pélites (oligocènes).

4) La zones intra rifaine dite autochtones .Il comprennent une série volcano sédimentaire et des argiles à lentilles quartzitiques (crétacés supérieure_ miocènes) qui règne au oued Kharroub.

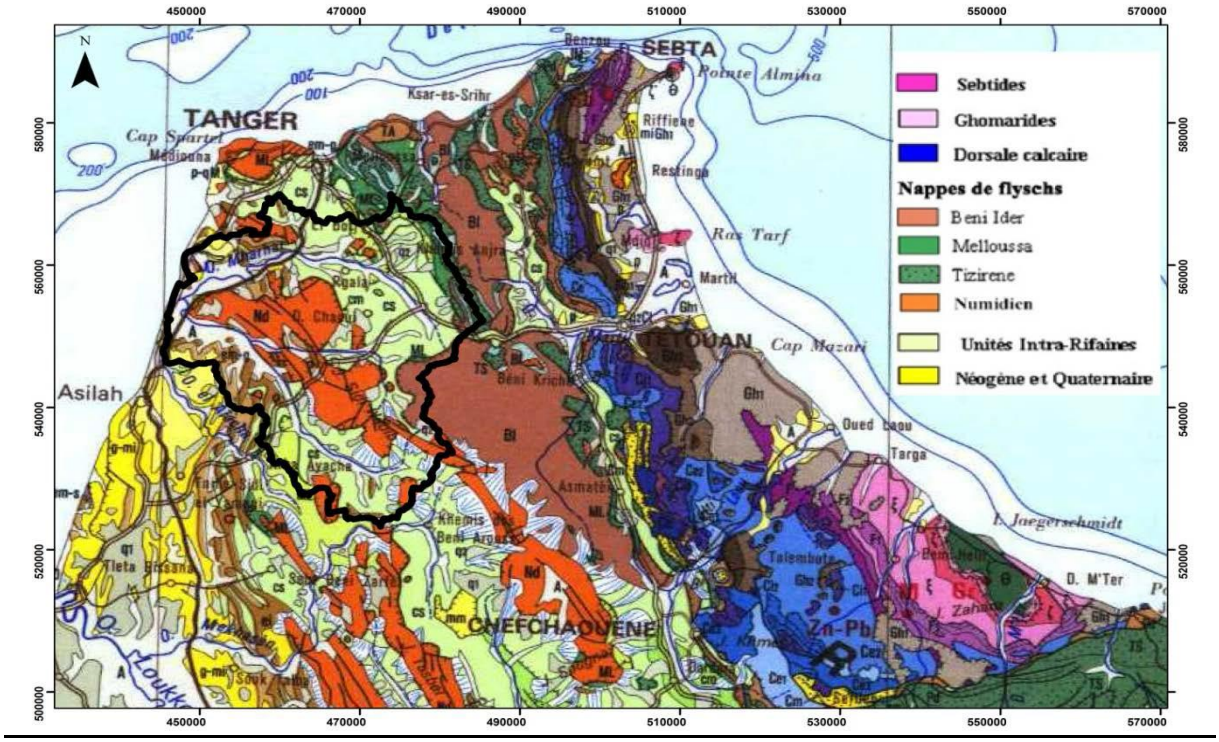

Figure 15: Le bassin Tahaddart au nord du Maroc dans un extrait simplifié de la carte géologique du Maroc à 1/1000.000 « Trait noir : limites du bassin »

(Réf : ScienceLib Editions Mersenne)

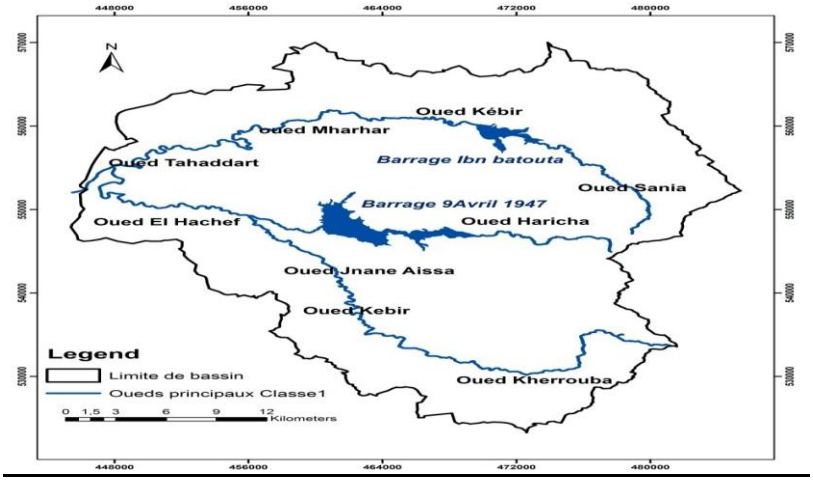

Figure 16: Les cours d'eau (classe1) du bassin de Tahaddart.

(Réf : ScienceLib Editions Mersenne)

Le relief

Les reliefs présentent au niveau du bassin de tahhddart ont des niveaux d'altitudes plus hautes .Il sont essentiellement au SE du bassin, tel que (1065m Jebel Ez Zaouia, 1020m Sehan Daria), ainsi que les basses altitudes de 50 a228 m.

Le bassin caractérisé vers l'est par des pentes plus raides dans la partie amont (orientale et sud orientale), et par des pentes faibles à l'aval (occidentale et nord occidentale) .Néo moins les zones à pentes raides sont orientés selon les directions privilèges ; les directions des principales failles en particuliers les directions NW_SE du bassin, dans la bordure orientale du bassin et le long de la bordure sud de la nappe numidienne.

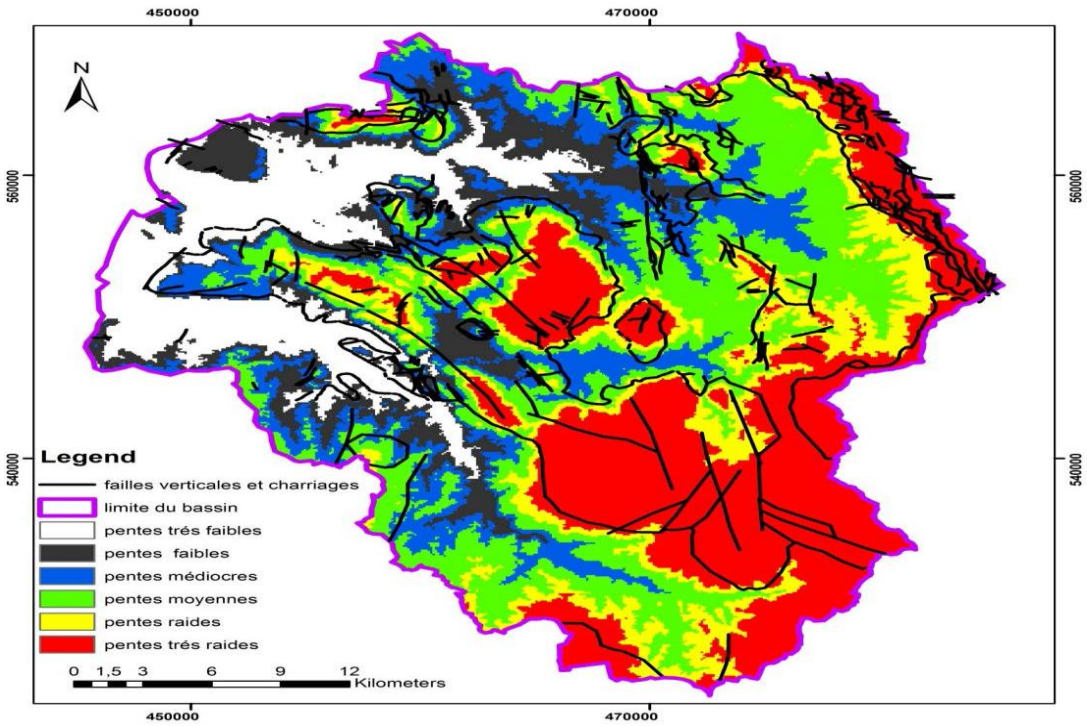

Figure 17:Carte des pentes et failles du bassin de Tahaddart

(Réf : ScienceLib Editions Mersenne)

La fracturation

Les formations géologique des différentes nappes de la région ont été affecté par une importance tectonique cassante .La cartographie montre les principaux failles au jeu vertical de la région étudié, représenté par des décrochements dextres et senestres, des failles de chevauchement et ou de charriages à vergences ouest et / ou est .Ces limites faillés des formations géologique contrôle une plus grande proportion du réseau hydrographique.

Toutes les directions des failles analysées se retrouvent aussi à l'est immédiat du bassin dans la dorsale calcaire et le reste du domaine du Rif, au nord dans la région de Tanger et au sud dans les secteurs d'Asilah et Larache.

Le but prévu du barrage

L'étude montre que la majorité des cours d'eau situé au niveau de Tahaddart, prennent naissance dans la parti sud-est ou il y a l'emplacement du oued Kharroub .Cela due à la forte altitude qui existent au sud-est du bassin, l'écoulement ainsi se fait au nord du sein des argiles et marnes de l'unité de Tanger le long des directions NW_SE.

La tectonique cassante représente l'un de paramètre déterminant qui guide les réseaux hydrographique, puisqu' en facilitant l'érosion et l'altération. Elle permet le développement rapide du cours d'eau celle du oued Kharroub.

Les réseaux hydrographiques de l'oued Kharroub tendance à utiliser les zones de faibles reliefs de direction ouest, et à s'établir pRéférentiellement sur les fractures principales, minimisant ainsi l'énergie nécessaire à son écoulement.

L'abondance des précipitations associées à l'imperméabilité de la majorité du terrain situé à la région de l'oued Kharroub ainsi qu'au relief accidenté, favorise l'apparition du réseau de ruissellement de surface dense et important.

Hydrologie de surface :

L'objectif d'un barrage étant de stocker un certain volume d'eau pour diverses utilisations, il faut donc se préoccuper, d'une part, des conditions de remplissage de la réserve envisagée et, d'autre part, de veiller à ce que l'ouvrage ne soit pas un obstacle au passage des crues qui risqueraient de le submerger. Pour cela, il faut étudier les apports mensuels, saisonniers et annuels et les débits instantanés pour définir les crues maximales pouvant entrer dans la retenue. Si les données sont suffisantes, on utilise des méthodes statistiques directes. Si cela n'est pas le cas, il faut étendre l'information par corrélation avec d'autres données disponibles comme la pluviométrie ou le régime de bassins similaires. Toutes ces études demandent de grandes précautions pour couvrir les incertitudes des données.

Pour étudier le comportement de ce bassin versant, on doit faire une étude hydrologique concernant les caractéristiques physiques et morphologiques, ainsi une étude climatique, concernant les précipitations et le mode du climat de la région par le bilan hydrique.

Caractéristiques physiques du bassin versant Kharroub :

Pour une étude hydrologique, il est nécessaire de déterminer certains paramètres physiques, tels que :

La forme : est un paramètre estimé par le coefficient de compacité ou coefficient de Gravelius Kc.

Le bassin de Kharroub à un indice de compacité de l'ordre :

$Kc=0.28\ P/\sqrt{A}$ avec $P=65$ km et $A=187$ km²

=1.33

Ce bassin à une forme carrée.

La pente : ce paramètre influence sur le débit de la retenue d'eau vers l'exutoire. Ci-dessous une assimilation de topographie du bassin versant.

La géologie : est un paramètre influence sur l'écoulement et le ruissellement, par exemple la perméabilité du sol.

Le bassin versant de l'oued Kharroub est occupée par l'argile noiratre, un type de sol imperméable, favorise le ruissellement et la concentration du débit.

La topographie : Il a été montré que la topographie agit fortement sur le temps de concentration d'un bassin versant, à savoir le temps que va mettre une goutte qui tombe dans un endroit situé le plus loin possible de l'exutoire pour atteindre celui-ci.

Ainsi, lorsque le temps de concentration est atteint, ceci veut dire que toutes les régions du bassin participent au débit.

Pour le cas du bassin versant d'oued Kharroub, la topographie n'est pas complexe, dont la retenue calculé par le bureau d'étude est très importante, ceci confirme que le temps de séjour des gouttes de précipitation est très faible.

Ci-dessous une carte topographique simplifié, montre une basse altitude des reliefs constituent ce bassin.

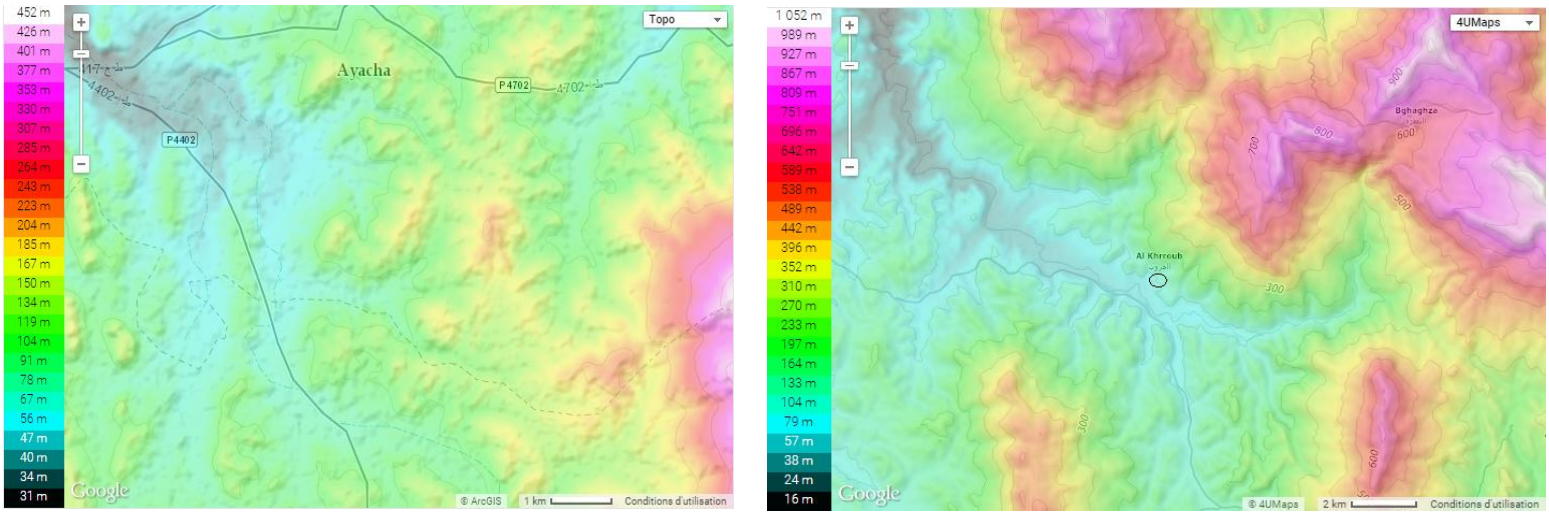

Figure 18: Carte topographique de la région Ayacha, site du barrage

(Réf:http://fr-fr.topographic-map.com)

Pour le cas du bassin versant Kharroub, le sol est majoritairement argileux, alors le ruissellement est très imoportant, donc une grande retenue d'eau superficielle, ainsi l'infiltration est très faible à cause de la granulométrie des argiles (inf à 2µm)

Figure 19: image représentatif de la structure du sol argileux (Réf: prise de photo sur chantier)

Bilan hydraulique : Les apports annuels du bassin versant Kharroub

Selon les équations suivantes, on peut calculer les apports annuels de ce bassin :

$$A=ETR+R+Ie$$

$$Ie=Qex+Dr+F$$

A= apport pluviométrique

ETR : évapotranspiration

R : Ruissellement

Ie : l'infiltration efficace

Qex : exploitation par les puits et les sondages

Dr : drainage souterrain

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Précipitations	130	80	32	39	7	10	0	0	19	59	221	170
T °C (max)	16,19	17	18	19	21,3	25	28	28	27	23	19,46	17,38
T°C (min)	15.32	9,5	10	11,36	13,45	16,2	19	19	19	16	12,33	10

Tableau 4: Donées des précipitations et températures mensuelles de 2014

(Réf : accuweather.com)

Conclusion

La mise en place du barrage Kharroub est une étape nécessaire pour une réalisation de performance et de qualité. Cependant l'ensemble de paramètres physiques t climatiques, nous a confirmé que le choix idéale des types des barrages est ce du barrage en remblais, généralement caractérisé par un noyau argileux.

Troisième partie : fabrication et étude de l'efficacité des géo-matériaux du barrage KHARROUB

(Caractéristiques physiques et mécaniques des matériaux de la STM)

Introduction :

L'étude de l'efficacité des géo matériaux est une étape indispensable pour la construction d'un ouvrage d'art de qualité.

La géotechnique des BTP est la pratique employée pour étudier les paramètres physiques et mécaniques des bétons, ainsi pour les sols (description par méthodes de granularité des sables)

Cependant, la géotechnique est basée sur l'ensemble des essais que nous avons effectué durant notre stage, au sein du laboratoire externe de LPEE. Nous avons assisté aux travaux de réalisation de tous les d'essais, et on a profité de manipuler les essais mécaniques et physiques, soit des essais au sein du laboratoire, tels que l'AG, bleu de méthylène, coefficient d'aplatissement…. Et des essais in situ, tel que la mesure de la température des coulis injectés aux sous-sols, la densité, la viscosité….

Donc pour cette partie, nous allons détailler tous les essais que nous avons effectués au sein du laboratoire, en plus du but, du principe et du mode opératoire des manipulations.

Méthodes de prélèvements au chantier et stockages des échantillons au sein du laboratoire :

Les méthodes employées au chantier sont presque comme celles des techniques pour effectuer les méthodes géochimiques.

La station de traitement des matériaux (STM) :

La production des matériaux pour la fabrication de divers catégories et fraction de composé qui constituent le barrage est se fait grâce à l'ensemble d'enchainement de concasseur de différent fraction, que l'on appel station de traitement des matériaux STM.

Aussi que l'objectif du choix des matériaux et de l'étude de la composition d'un BCV est d'obtenir un béton stable satisfaisant aux prescriptions de résistance, de durabilité et de perméabilité de l'ouvrage. Les matériaux utilisés pour le BCV vont des granulats tout-venant, ayant subi le maximum de traitement, avec un fort dosage en liant (ciment plus adjuvant), jusqu'aux granulats fortement traités, avec une teneur en liant modérée à élever.

Les études géologiques et géotechniques sont indispensable pour la reconnaissance des zones d'emprunts, elles vont permettre de choisir et sélectionner les zones qui seront exploitées et ce en fonction des différents critères : qualité, quantité, accessibilité …etc.

Matériels de la STM :

La station de production du barrage Kharroub est composée de nombreuses pièces qui constituent la STM.

- Une trémie d'alimentation ;
- Un Scalpeur ;
- Concasseur primaire (à mâchoires) ;
- Concasseur secondaire (giratoire) ;
- Une trémie tampon ;
- Des tapis convoyeurs ;
- Deux cribles à 4 étages.

Figure 20: Station de traitement des matériaux (site du barrage)

Matériaux grossiers :

La station est formée d'un scalpeur qui sépare les matériaux de diamètre <60mm avec les éléments >60 qui sont orientées vers le concasseur primaire à mâchoire alimentant un crible à 4 étages, qui sépare les classes 0/5(Cr) ,5/31,5(75%) , 31,5/63 à l'état naturel (figure.2-III), la fraction supérieure à 63mm est orientée vers le secondaire (concasseur giratoire) où elle subit un concassage avec les 25% du 5/31,5 , puis un criblage donnant ainsi les classes 0/5(Cc) ,16/31,5 ,31,5/63. Par suite, un système

de lavage donnant ainsi la fraction 5/16.Les granulats de diamètre supérieur à 63mm sont réorientés vers la trémie tampon qui mène au giratoire et forment ainsi un cycle. En fait, la production totale du concasseur principal est de 158 T/h.

La figure ci-dessous englobe l'enchaînement du matériel *initial* de la production des matériaux grossiers (graviers, gravillons, gravettes) de construction du barrage.

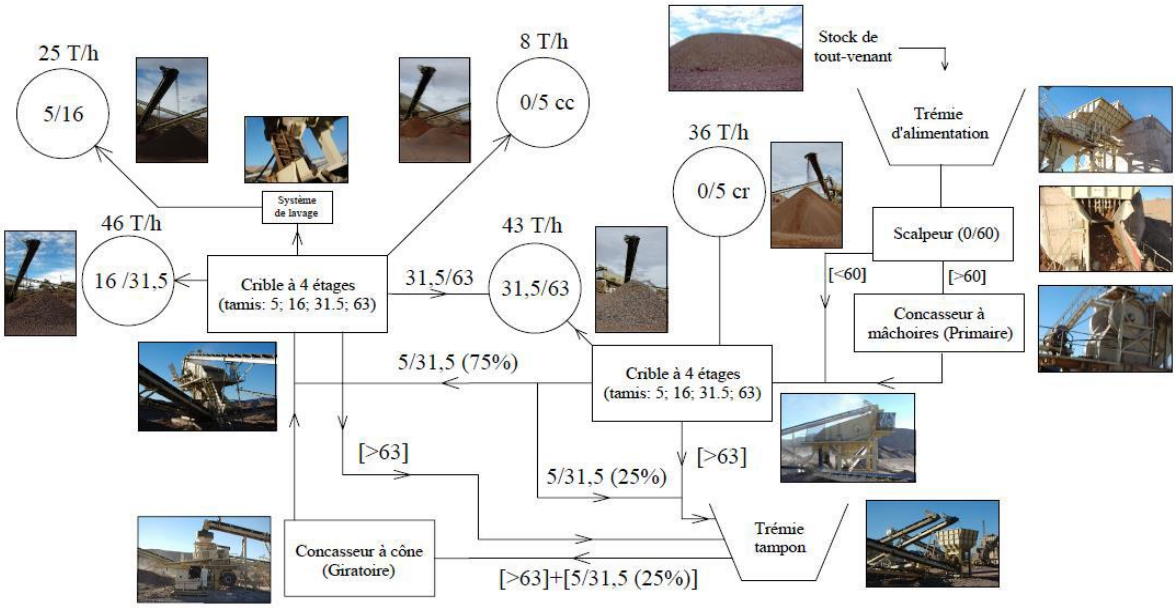

Figure 21: Schéma de fonctionnement du concasseur principal

(Réf : rapport de stage 2013 DUT)

Matériaux fins : fillers-sable fin et sable grossier

Les fillers :

Pour la production du sable fin, la société a besoin d'un matériel secondaire, pour la production des fillers qui entre à la composition du béton de haute performance, cet enchaînement s'appelle le HAMZEG, et la figure ci-dessous montre le fonctionnement de ce concasseur.

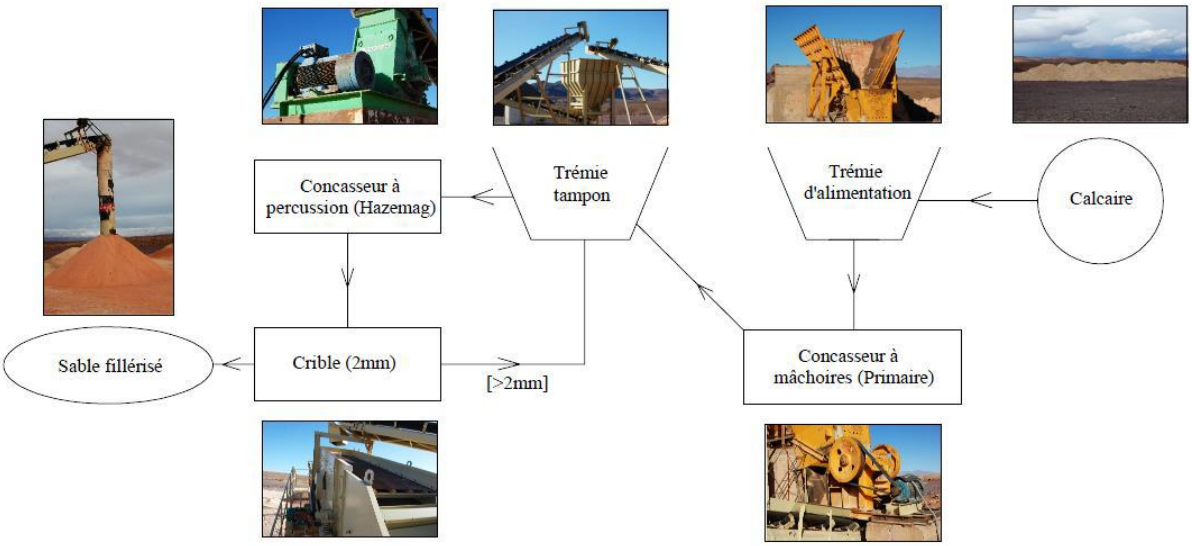

Figure 22: Schéma de fonctionnement du HAZMEG

(Réf : structure des grands ouvrages, partie d'installation du chantier, p124, cps)

(Réf : structure des grands ouvrages, partie d'installation mécanique)

Les sables fins et les sables grossiers :

Pour couvrir les besoins et pour respecter les propriétés et les normes de la granulométrie spécifiée pour le sable qui est produit à partir des alluvions de l'oued.

En outre, Le **sable** est un matériau granulaire constitué de petites particules provenant de la désagrégation d'autres roches dont la dimension est comprise entre 0,063 (silt) et 2 mm selon la définition des matériaux granulaires en géologie. Sa composition peut révéler jusqu'à 180 minéraux différents (quartz, micas, feldspaths) ainsi que des débris calcaires et de coquillage.

La figure ci-dessous, illustre le fonctionnement de la production des matériaux de différente taille granulaire comprise entre 0.02mm (sable fin) à 4 mm (sable grossier).

La classe granulaire > à 2 mm, est liée aux roche sédimentaire détritiques (issue de la dégradation mécaniques d'autres roches) composée de morceaux discernables liés entre eux par un ciment naturel. Au-dessous de cette classe granulaire, on obtiendra les grès et non les conglomérats, c'est une approche aux matériaux argileux.

Parmi les conglomérats, on trouve :

- les brèches, composées de blocs anguleux ;
- les poudingues, composés de galets aux formes arrondies ;

- les tillites, qui contiennent à la fois des cailloux anguleux et des galets arrondis.

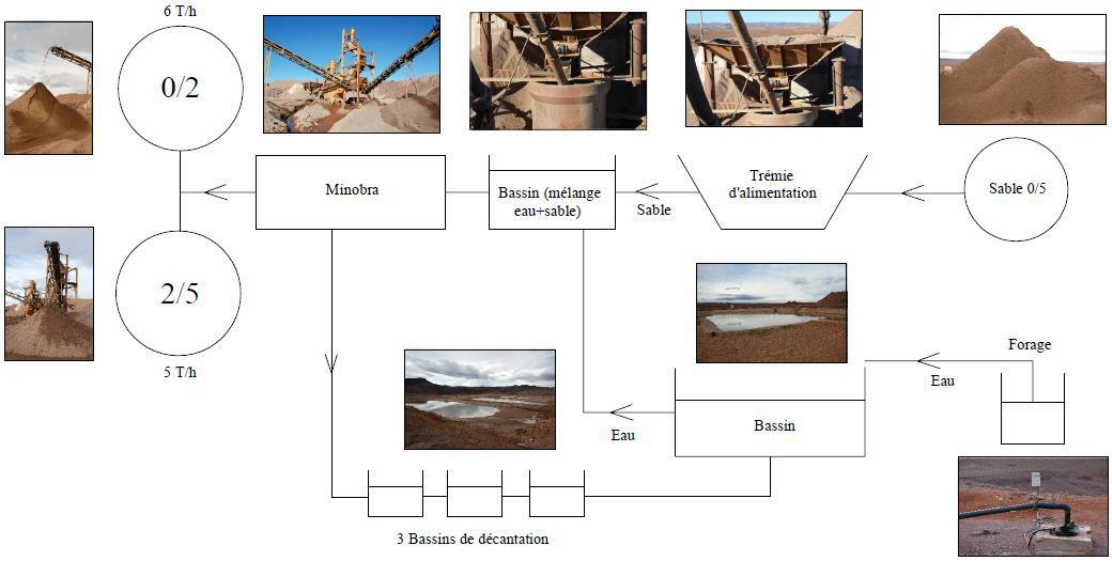

Figure 23:Schéma de fonctionnement du MINOBRA

(Réf : rapport de stage DUT 2013)

La cadence de la production des matériaux :

La production journalière des matériaux de fabrication du barrage est de l'ordre suivant :

- ✓ Sable fin 0/2 : 5 t/h.
- ✓ Sable grossier 2/5 : 6 t/h.
- ✓ Sable 0/5 : 41 t/h.
- ✓ Agrégats GI 5/16 : 21 t/h.
- ✓ Agrégats GII 16/31,5 : 42 t/h
- ✓ Agrégats GIII 31,5/63 : 38 t/h.

Les critères du prélèvement des échantillons et la démarche des essais au sein du laboratoire :

L'étude sur les matériaux de construction de cet ouvrage d'art, se fait grâce à une stratégie annoncé par le groupe qui constitue le laboratoire des études et des essais LPEE, dont l'objectif est d'assuré un suivi, un contrôle, et de réalisé une synthèse globale sur les matériaux exigés au cahier de prescription spécial.

Alors pour faire cette étude, on aura besoin des prélèvements des échantillons sur le chantier des travaux direct (durant la mise en place des bétons) et sur la STM pour contrôler les caractéristiques des

matériaux. Cependant les techniques de prélèvement est l'étape principale pour effectuer les essais au laboratoire.

Le prélèvement du sol :

-Au stockage : (colline du sol)

Le sol est un composé complexe, contient de divers éléments qui le constituent, alors pour assurer un bon matériau qui est le lien entre les matériaux grossier (graviers) et pour éviter tout risque du retrait après durcissement du béton. Cependant le prélèvement s'effectue aux parois des petites collines qui sont stockés.

La figure ci-dessous montre comment fait ce prélèvement :

Figure 24: le prélévement des échantillons (zones en rouge)

(Réf : photo pris par le stagiaire)

-Sous tapis :

Lors du criblage de l'ensemble des matériaux, du grossiers aux éléments fins, par le concassage, les matériaux fins qui sont appelés les fillers, sont transportés par des convoyeurs vers un emplacement d'un nouveau stocke. Alors le prélèvement s'effectue lors du passage de ces matériaux vers le stocke, et c'est pour cela que l'on appelle un prélèvement sous tapis, dont le but et d'avoir le maximum des paramètres physiques de ces matériaux.

La figure ci-dessous montre le prélèvement sous tapis

Figure 25: Les prélèvements sous tapis

(Réf : photo pris par le stagiaire)

Le stockage des échantillons :

Le stockage des échantillons se fait par un emmagasinement d'une quantité de 5 kg à 25 kg, et ça dépend sur la nature des échantillons et sur les méthodes des essais que l'on doit effectuer. Par exemple, on va réaliser des essais usuels qui sont AG, teneur en eau W% et la propreté du sable, donc 10 kg suffit pour faire un quartage, pour prendre des échantillons pour étudier. Et pour des autres, on rajoute des essais tels que le proctor normal et modifié, la limite d'atterberg et l'essai au bleu de méthylène

Les essais géotechniques sur les géo-matériaux :

L'étude de l'efficacité des matériaux de construction du barrage Kharroub, ce fait par un laboratoire spécialisé.

Les principaux essais sur les géo-matériaux sont les essais physiques des granulats. Parmi les essais qu'on a effectués, sont :

Analyse granulométrique : par tamisage des granulats secs et granulat après lavage, ensuit on obtient une courbe granulométrique, pour spécifier la cohésion des granulats entre eux.

Pour les propriétés de la taille des grains, le tableau ci-dessous, représente le pourcentage de chaque type de granulats, selon l'ouverture des tamis.

TAMIS OUVERTURES EN MILLIMETRES	PASSANT POURCENTAGE DU POIDS TOTAL DU SABLE	
	AU MOINS	AU PLUS
4	100	-
2.5	85	95
1.25	65	85
0.63	40	60
0.315	20	35
0.16	5	17
0.063	0	X

Tableau 5: le pourcentage des granulats pour la formulation des remblais

(Réf : CPS du chantier)

Avec:

x = 3% pour les sables naturels

x = 6% pour les sables de concassage

x = 4 à 5 % pour le sable mélange selon la proportion du sable de concassage. Ce taux n'est à considérer que lorsque la proportion de l'un des deux sables du mélange dépasse 20%, sinon le taux à prendre en compte est celui du sable utilisé en plus grande proportion.

Lorsqu'on effectue la manipulation de l'AG, on doit représenter le stockage des données sous forme des courbes, dites courbes granulométriques.

La figure ci-dessous, montre un faisceau des matériaux (rouge et rose), les matériaux qui sont inclus dans ce domaine, cela conclus une cohésion entre les grains.

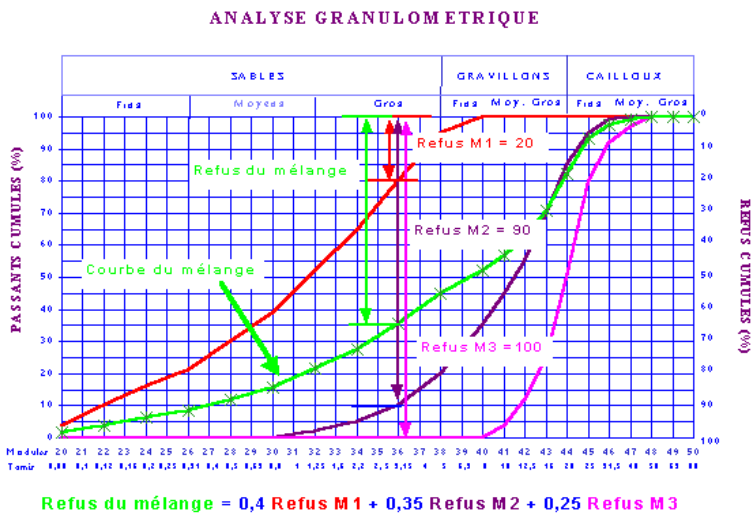

Figure 26: La courbe granulométrique des matériaux

(Réf : iut-tice.ujf-grenoble.fr)

La teneur en eau W%: La teneur en eau d'un matériau est le rapport du poids d'eau contenu dans ce matériau au poids du même matériau sec. On peut aussi définir la teneur en eau comme le poids d'eau W contenu par unité de poids de matériau sec.

$$W = \frac{E}{P_s} = \frac{Ph - P_s}{P_s}$$

E = Poids d'eau dans le matériau.

P_s = Poids du matériau sec.

P_h = Poids matériau humide

Si W est exprimé en % :

$$W\% = 100\,\frac{Ph - P_s}{P_s}$$

L'équivalent de sable ou propreté du sable : L'équivalent de sable est un indicateur, utilisé en géotechnique, caractérisant la propreté d'un sable ou d'un grave. Il indique la teneur en éléments fins, d'origine essentiellement argileuse, végétale ou organique à la surface des grains. Ce terme désigne également l'essai qui permet de déterminer cet indicateur. On parle d' « essai d'équivalent de sable piston » ou, plus simplement, d' « essai d'équivalent de sable »

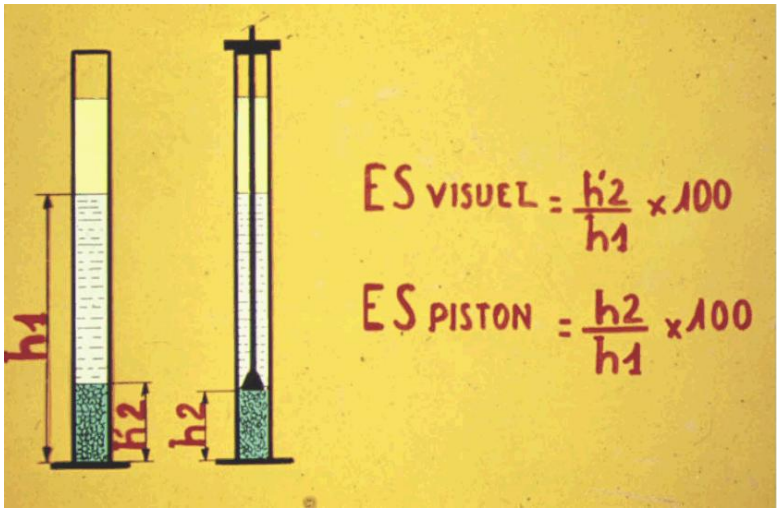

Figure 27: l'équivalent de sable

Essai au bleu de méthylène : également appelé « essai au bleu », est un essai utilisé en géotechnique pour déterminer la propreté d'un sable, d'un granulat et plus généralement d'un sol, et les différents types d'argiles qu'il contient. Le bleu de méthylène est en effet adsorbé pRéférentiellement par les argiles du type montmorillonites (argiles gonflantes) et les matières organiques. Les autres argiles (Illites et Kaolinites) sont peu sensibles au bleu.

L'essai consiste à mesurer la quantité de colorant (bleu de méthylène) fixée par 100 g de la fraction granulaire analysée.

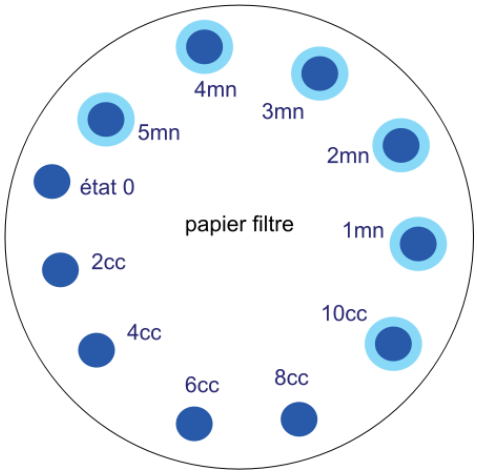

Figure 28: Essai à la tâche

(Réf : Norme EN 933-9:1998 - Tests for geometrical properties of aggregates*)*

Essai proctor: L'essai Proctor à pour but de déterminer, pour un compactage d'intensité donnée, la teneur en eau à laquelle doit être compacté un sol pour obtenir la densité sèche maximum. La teneur en eau ainsi déterminée est appelée « teneur en eau **optimum Proctor** »

L'objet de l'essai:

Le compactage d'un sol vise à amélioriser les propriétés géotechniques des sols. Il est fonction de quatre principales variables:

- La masse volumique du sol sec
- La teneur en eau
- L'énergie de compactage (nombre de coup)
- Le type de sol (étalement granulométrique, présence de minéraux argileux,...)

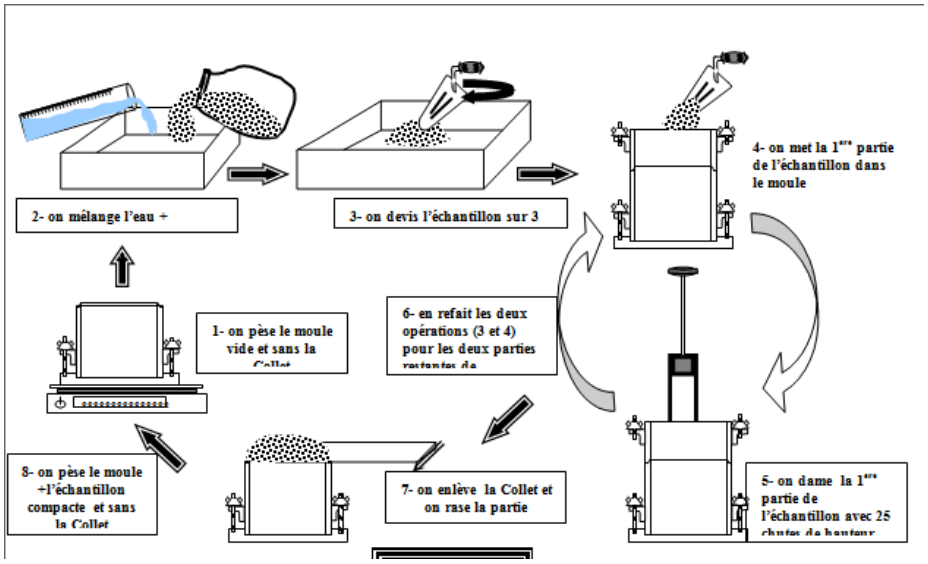

Figure 29: manipulation de l'essai Proctor

(Réf: fiche de laboratoire LPEE)

Conclusion :

L'étude des géo-matériaux de construction du barrage Kharroub est très complexe, surtout pour la fabrication de divers type de granulats constituent les remblais.

En outre, la responsabilité du LPEE est très sensible pour assurer une durabilité de cet ouvrage. Les essais sont plus nécessaires pour garantir une performance des matériaux.

Conclusion générale

Le site du barrage Kharroub est caractérisé par un milieu argileux, et un mur favorisé par la pélite. Ces matériaux sont favorisés par leurs perméabilités, dont les argiles qui sont fortement imperméables et favorisent le ruissellement lors des précipitations, ce qui implique une forte retenue sur le barrage, mais le problème c'est que les matériaux argileux sont connus par des propriétés physiques de dilatation, de gonflement et une forte plasticité qui favorise les glissements de terrain.

Pour éviter tous les risques sur le barrage, la géoscience appliquée à l'environnement est pris en contact, par l'ensemble d'étude, tels que

- La géo structure (carte de fracturation, carte géologique…) pour déterminer le mur du barrage
- La géophysique si nécessaire (carte de délimitation des glissements de terrain)
- La topographie (carte topographique, carte des pentes…)
- L'hydrologie de surface (bilan hydrique)
- Cependant après l'étude globale, on a choisi le type convenable de barrage pour ce bassin versant
- La géotechnique (détermination des propriétés physiques et mécaniques des matériaux : sols et béton)

Bibliographie :

Cahier de prescription spécial, pièce 2B, Clauses techniques P6-P58

Faculté des sciences techniques de Dijon, département de géotechnique des BTP, cours Michelle Laplaine, P10-P45

planète du GC, edition Lahor, Paris 11

ScienceLib Editions Mersenne

Géologie du Maroc, édition piqué et Michard

Rapport du PFE, DUT : Génie Minérale et Environnement, méthode de construction des barrages poids en BCR, BENZBIR Amine 2013

Webographie :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Barrage

http://www.lavieeco.com/news/economie/maroc-130-barrages-et-14-autres-en-cours-de-construction-21256.html

https://fr.scribd.com/doc/157687833/Barrage-en-remblai-pdf

http://fr.slideshare.net/mohamed19705/calcul-stabilite-des-barrages-3604694?related=3

http://www.accuweather.com/fr/ma/asilah/246106/weather-forecast/246106

http://www.universalis.fr/encyclopedie/barrages/4-les-barrages-en-beton/

http://fr-fr.topographic-map.com/places/Asilah-394016/