

CHAPITRE 1 : Généralités sur les barrages et leurs surveillances

Introduction :

Le dictionnaire définit le mot barrage de la façon suivante : «ouvrage artificiel coupant le lit d'un cours d'eau et servant soit à assurer la régulation, soit à pourvoir à l'alimentation des villes en eau ou à l'irrigation des cultures, ou bien à produire de l'énergie ». [1]

Plusieurs objectifs conduisent à la construction d'un barrage :

Concentrer la pente naturelle d'une rivière dans un site donné, rendant ainsi possible la production d'électricité à partir de l'énergie potentielle de l'eau (énergie hydroélectrique), stocker, puis amener l'eau des rivières vers des canaux et des systèmes d'irrigation, augmenter la profondeur des rivières pour la navigation ; contrôler le débit de l'eau pendant des périodes de sécheresse et de crue, créer lacs artificiels destinés aux loisirs. De nombreux barrages cumulent plusieurs de ces fonctions.

La conception d'un barrage doit tenir compte des caractéristiques hydrologiques, topographiques et géologiques du milieu où il sera construit. On doit, par exemple, considérer les apports moyens en eau et leurs fluctuations saisonnières, les caractéristiques topographiques concernent essentiellement l'adaptation du barrage au relief, on doit également tenir compte des risques de séisme: des analyses rigoureuses sont effectuées sur les fondations naturelles et la cuvette à remplir, qui doivent être étanches et avoir la résistance nécessaire pour supporter le poids du barrage, ainsi que celui de l'eau. tout défaut d'étanchéité, à l'intérieur ou sous un barrage, doit être prévenu afin d'éviter des pertes d'eau mais surtout pour empêcher l'affouillement (érosion) de la structure elle-même. les géologues mesurent également la profondeur à laquelle se trouve le sol rocheux de fondation, sous la couche alluviale. La forme de la vallée, la nature du sol, les matériaux à disposition sur le site déterminent le type de barrage . [2]

I-1-Historique :

Il est très difficile de dire qui a construit le premier ouvrage de retenue d'autant qu'il est fort probable qu'il s'agissait d'un « tas de terre » dont il reste aujourd'hui aucun trace.[1]

a-l'Egypte :

Saad –el kafara est vari barrage connu construit en egypte vers 2600 ans avant J.C. Il avait 14 m de hauteur, 113 m de longueur et créait une retenue de 500000 m^3 Environ. Sa structure était constituée d'une partie centrale imperméable (qu'on appellerait aujourd'hui un noyau) avec deux épaulements en enrochement.

b- la Grèce :

Les cinquièmes travaux d'hercule nécessitaient, pour nettoyer les écuries d'augias, le détournement d'une rivière.l'ouvra actuel de diversion, toujours en activité, a été construit vers 1260 ans avant J.C. il s'agit d'une digue en remblai encadrée par deux murs en maçonnerie cyclopéen protégeant le pied des remblais vis-à-vis de l'érosion.

c- Le moyen orient:

on trouve en turquie des ouvrage (ou ce qu'il reste) de retenue d'eau construit les hittites établis dans cette région au XVII éme siècle avant J.C. c'est en jordanie, autaur de jawa, qu'on situe le plus ancien barrage du monde (3000 ans avant J.C.) avac une structure interne très complexe. Haut de 5 m environ, il comportait plusieurs zones de remblai encadrées par deux murs en maçonnerie.

d- L'Extrême:

Il exite au sri lanka des barrages anciens remarquables, parfois entièrement en maçonnerie, le plus soucent en remblai homogène. Le barrage de PaskandaUlpotha, construit en 300 avant J.C. et surélevé en 460 de notre ére, aconstitué jusqu'en 1675 le record du monde de hauteur avec 34 m

e- L'Epoqueromaine :

Les Romains n'ont entrepris la construction de barrage qu' assez tradivement. Ils ont employés des méthodes et des techniques de construction très élaborées. Ils utilisaient notamment un mortier de ciment aux pou zzolanes de bonnes caractéristiques de résistance et de durabilité.

Des ouvrages importants ont été construits par les romains dans la péninsule ibéri que.Le barrage d'Alantarilla était constitué d'un mur amont en maçonnerie épaulé par deux remblais aval. Après la rupture de ce barrage, fut érigé le barrage de proserpina avec un parement amont incliné renforcé par des contreforts.

Malgré une maîtrise parfaite des voûte pour la construction des ponts, les romains ont très

rarement utilisé les voûtes pour les barrages. Une vraie a été construite dans le vallon de Baume près de Saint-Rémy de Provence. Haut de 12 m, longue de 18 m et avec un rayon de courbure moyen de 14 m, elle était constituée de deux murs parallèles en maçonnerie, de 1 m à 1,3 m d'épaisseur, séparés par un remplissage en terre de 1,5 m de large.

f- Le Moyen Age et les temps modernes :

Cette époque marque le début d'une ère de spécialisation des barrages, à la fois en fonction de leur type et de leur usage (irrigation, alimentation en eau, navigation, énergie...) Les grands types de barrages utilisés aujourd'hui apparaissent à cette époque parmi les plus remarquables, on peut citer :

- Les barrages en remblai construits dans la région minière des montagnes du Harz en Allemagne;
- Le barrage poids très arqué de Almanza (Espagne) construit en 1384 et surélevé 200 ans plus tard;
- Le barrage d'Elche, plus massif, considéré comme la première voûte construite en Europe depuis les Romains ;
- Le barrage de Caromb construit en France en 1766 et dont la stabilité précaire fut encore réduite par une surélévation dès 1969 (avant d'être finalement renforcé par l'aval en 1977);
- Le barrage de Puente construit dans un site difficile puisque la fondation est constituée de dépôts alluvionnaires très. L'ouvrage initial de 26 m de hauteur fut emporté en 1650, soit un seulement après la première mise en eau. De façon très étonnante ce premier accident, on construisit au même endroit un deuxième barrage-poids de 50 m de hauteur environ. En 1802, une rupture, amorcée par l'érosion soudaine au travers de la fondation sur pilotis, provoqua la mort d'un millier de personnes.

I -2- Quelques exemples de grands barrages dans le monde :

- Le barrage Hoover aux Etats-Unis (1931-1935)
- Les barrages d'Assouan sur le Nil, en Egypte
- Le barrage d'Inga sur le Congo, en République démocratique du Congo

- Le barrage d'Itaipu à la frontière entre le Brésil et le Paraguay
- La centrale Robert-Bourassa au Québec, Canada
- Le barrage de Kapanda sur le Cuanza en Angola
- Le barrage des Trois Gorges en chine
- Le barrage de la Grande-Dixence, en suisse, plus précisément en Valais, le val d'Hérens
- Le barrage Atatürk sur L'Euphrate en Turquie
- Le barrage Daniel-Johnson sur la Manicouagan au Québec, Canada
- Le barrage de Guri au Vénézuéla
- Le barrage de Nourek (300 m) au Tadjikistan est le plus haut du monde.[7]

I -3- Différents types de barrages :

Les barrages peuvent être classés en deux groupes :

- Les barrages rigides, en béton ou en maçonnerie.
- Les barrages souples, enrochement ou en terre.

Le premier fait l'objet de nombreuses méthodes de calcul basées sur la résistance des matériaux et la théorie de l'élasticité notamment. Les seconds, et surtout les barrages en terre, sont un des principaux champs d'application de la mécanique des sols. [3]

I-3-1-Barrage en béton :

Les barrages en béton se regroupent principalement en trois types:

Barrages poids; Barrages voûtes; Barrages à contreforts.

a-Barrages poids :

Un barrage poids est un barrage dont la propre masse suffit à résister 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). On compte deux grandes familles de barrage-poids, les barrages poids- béton, et les barrages en remblais (ces

deriers n'étant d'ailleurs généralement pas qualifiés de barrage-poids, mais de barrage en remblais).

Les profils adoptés pour ces ouvrages sont bien souvent un compromis technico économique découlant directement de calculs de stabilité. De plus, nous évitons autant que possible des formes complexes qui entraînent une augmentation inutile du coût de coffrages. Une galerie de visite, si elle s'impose dans les grands ouvrages n'est guère utile pour ceux de taille modeste et pas envisageable pour les barrages de quelques mètres de hauteur. Enfin, pour améliorer l'étanchéité du contact béton fondation et la résistance au glissement, il sera souvent bénéfique de réaliser une clé d'ancrage armée.[3]

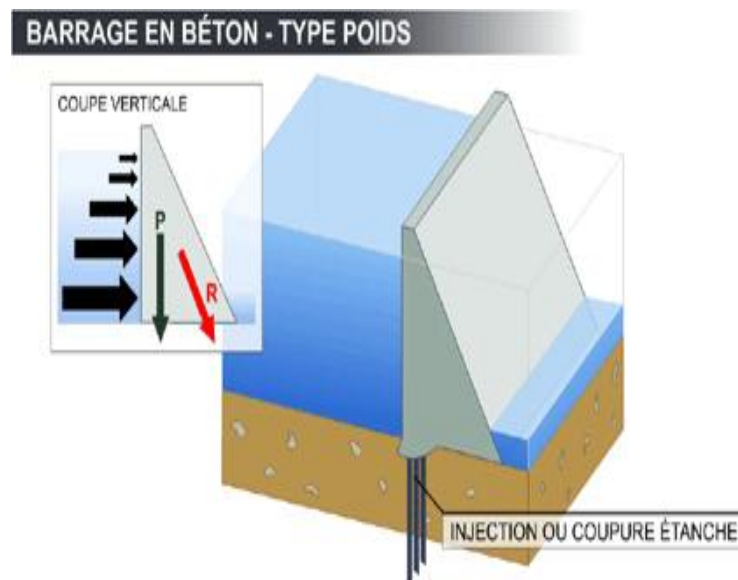


Figure I. 1 Barrage poids

b- Barrages voûtes :

Les barrages-voûtes sont en effet peu employés pour les retenues de petite hauteur. Les conditions pour adopter une telle solution sont par ailleurs assez strictes. Nous envisageons en effet la construction d'un barrage-voûte que lorsque la vallée est étroite et rocheuse.

La qualité mécanique de la fondation est à vérifier scrupuleusement. Sa rigidité doit être suffisante pour que les arcs trouvent leurs appuis. En première Approximation, nous devons nous assurer que le module de déformation du rocher

Dépasse 4 ou 5 Gpa. Mais elle devra également ne pas se rompre sous l'effet des Contraintes élevées transmises par la voûte (Photo I.2).

Le choix d'un barrage-voûte est donc à réserver à des situation géomorphologiques bien particulières. Cependant, lorsqu'elles sont réunies, c'est une solution qui peut être économiquement viable en regard des quantités de matériaux nécessaires à la réalisation d'un ouvrage poids. [3]

Le registre mondial des barrages indique environ 1200 barrages-voûte en service dans le monde. Le plus hauteur barrages-voûte de ce type est celui d'Inguri en Géorgie 272 m de hauteur suivi par le barrage italien du Vajont. [1]

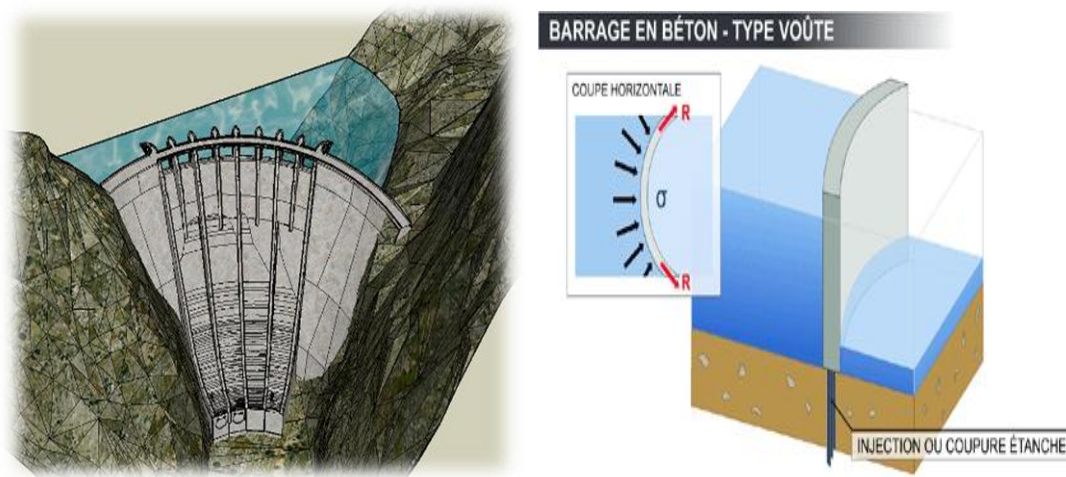


Figure I. 2 Barrage voûte

c- Barrages à contreforts :

Les barrages poids sont économiquement désavantages par une consommation importante de béton alors que les capacités de résistance à la compression de ce matériau sont très peu utilisée. Les barrages à contreforts répondent à un souci d'économie de matière en enlevant du béton dans la partie aval du barrage.

De conception un «sophistiquée », les barrages à contreforts sont peu utilisés. On ne comptait, lors du dernier recensement de la CIGB, que 525 barrage de ce type. Le plus haut est le barrage Daniel Johnson au Canada avec 214 m de hauteur et une longueur en crête de 1314 m. celui

d'Itaipu à la frontière entre le Brésil et le Paraguay barre une vallée large de près 18 Km pur créer un réservoir de 290 milliard de m^3 . [1]

Le voile peut être conçu de plusieurs façons :

- Solidaire des contreforts avec parement amont plan. Les diverses sections de voile sont liées aux contreforts et fonctionnent en consoles courtes .
- Constitué d'une dalle posée aux extrémités sur les têtes des contreforts. Le voile travaille en flexion comme une poutre posée sur deux appuis simple aux extrémités ;
- Solidaire des contreforts avec parement amont cylindrique. Cette disposition massive facilite la transmission de la poussée au contrefort ;
- Constitue d'une voûte de faible portée et donc de faible épaisseur s'appuyant sur les contreforts.

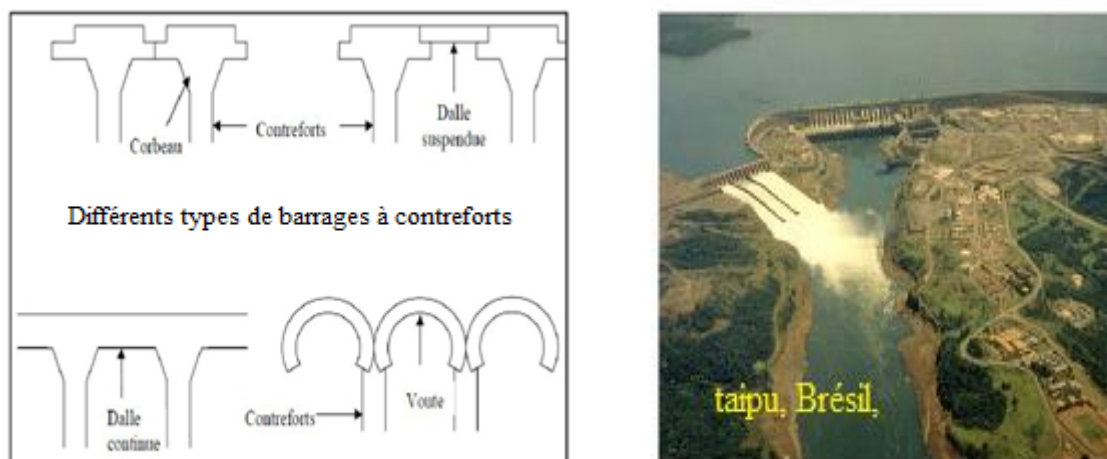


Figure I. 3 Barrage à contrefort.

I -3-2- Barrages en remblais :

Les barrages en terre peuvent être constitués des matériaux de caractéristiques divers, à la différence des barrages en béton ou même en enrochement dont les matériaux constitutifs restent contenus dans des fourchettes beaucoup plus étroites. Tout ingénieur étudiant et projetant un barrage doit adopter la solution la plus économique

Résolvant le problème posé. Une solution, et parfois même la seule solution, est la construction de la digue à partir de matériaux se trouvant dans le site du barrage projeté.

D'une manière générale si l'on dispose sur place et en quantité suffisante de matériaux terreux permettant d'obtenir après compactage des conditions d'étanchéité et de stabilité satisfaisantes. Ainsi le type de barrage le plus facile à réaliser est le barrage homogène.[3]

Les barrages en terre peuvent être divisés en trois principaux type : les ouvrages en terre homogènes, ceux à noyaux étanches et ceux à masques amont.

a-Barrage en terre homogène :

Ils sont totalement construits avec un seul matériau qui est le plus souvent argileux remplissant simultanément les deux fonctions d'écran et de masse. Ce matériau doit présenter des caractéristiques permettant de garantir une étanchéité suffisante et une stabilité du remblai. (voir la figure I.4)

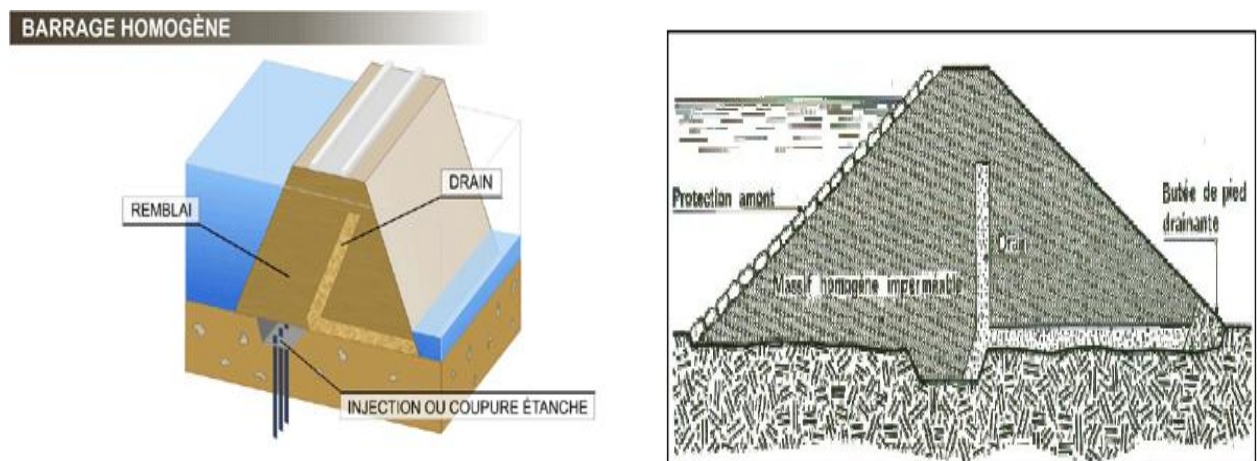


Figure I. 4 Barrage en terre homogène

Leur simplicité de développer une technique de réalisation bien maîtrisée tout en assurant une grande sécurité, néanmoins ce de barrage est surtout adopté pour la réalisation de retenue collinaires et de petits barrages. [4]

Le barrage d'Ortiz au Mexique détient le record du monde de hauteur avec 120 m celui D'Al Wahda au Maroc représente un volume de millions de m^3 de remblai.[1]

b-Les barrages en terre à masque amont :

Les barrages en terre à masque amont sont des remblais perméables avec un écran imperméable appelé masque sur le parement amont (Figure I.5). le corps du barrage est construit

avec un matériau quelconque pour autant qu'il soit peu déformable et pouvant assurer la stabilité au glissement de l'ensemble de l'ouvrage.

Le masque qui assure l'étanchéité peut être en béton, en produits bitumineux ou en géomembrane. La présence de ce masque sur le parement amont présente un double avantage de pouvoir faire des réparations en cas de dégradation du masque et de permettre de faire des vidanges rapides sans risque de glissement.[4]

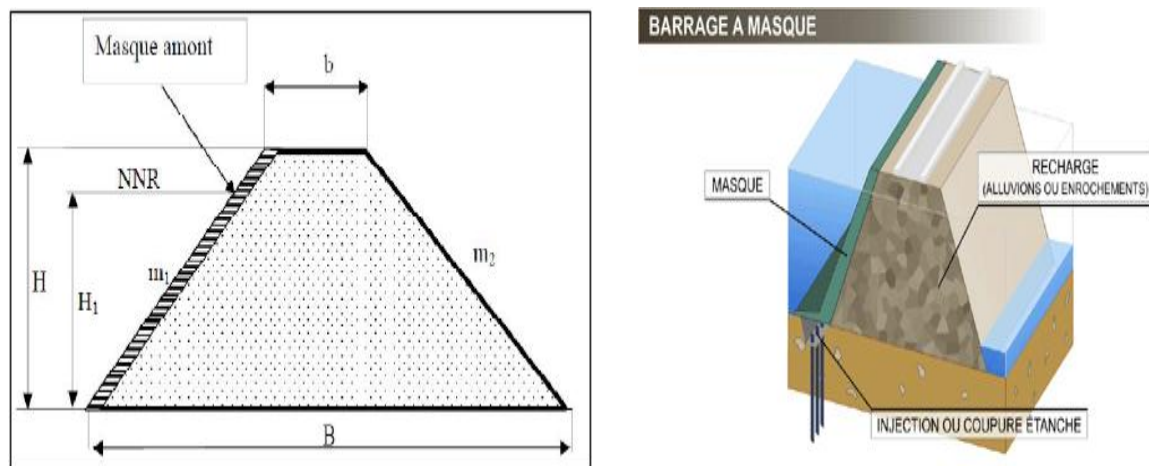


Figure I 5 barrage à masque amont

c-Barrages en enrochements :

Les barrages en enrochements font partie de la classe des barrages en remblais, les plus répandus dans le monde. Les barrages en remblais représentent environ 70% des grands barrages. Parmi les barrages en remblais, on compte seulement 12% de barrages en enrochements car leur construction nécessite une qualité de matériau qui n'est pas nécessairement présente sur tous les sites.

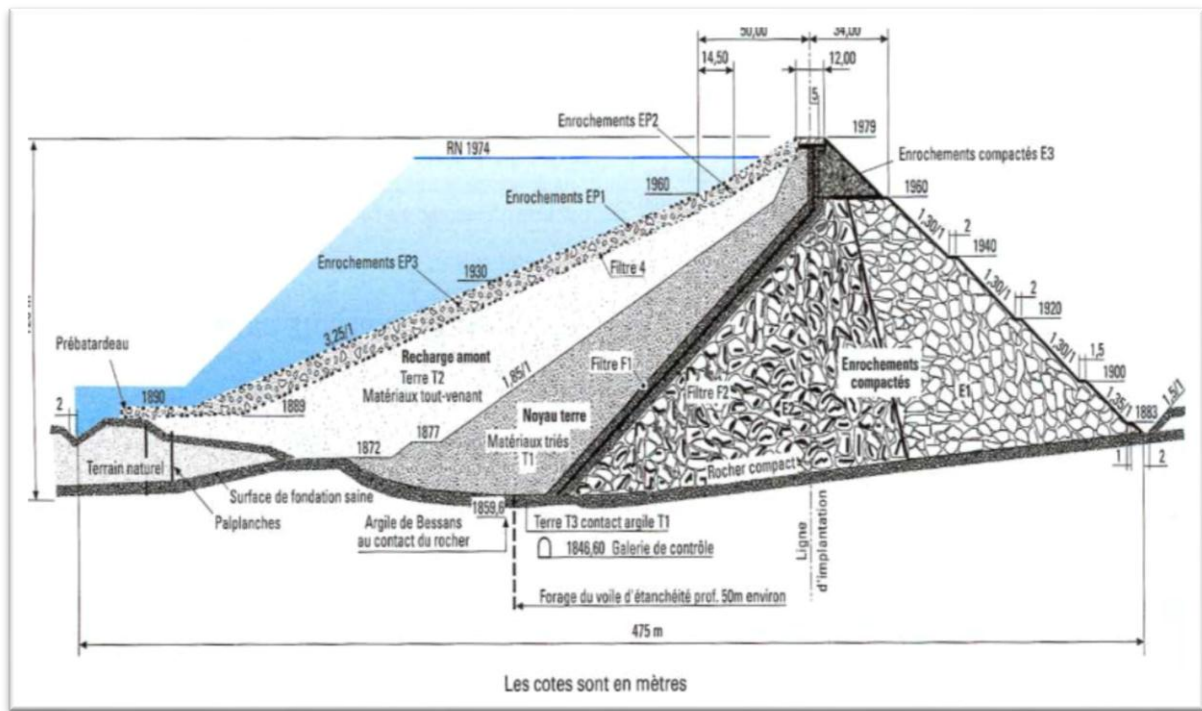


Figure I. 6 barrages en enrochements du Mont-Cenis(France)

d-Barrages en remblais zonés :

Dans un barrage homogène, la terre joue à la fois un rôle de stabilité et d'étanchéité. Les premières réalisations anglaises de barrages relevaient d'une conception assez proche des barrages à masque amont : un remblai imperméable à l'amont, un massif aval plus perméable assurant un rôle de stabilité.

Pour améliorer les condition de stabilité en vidange, pour protéger la terre du noyau, on est progressivement passé au dessin actuel avec un zonage du remblai comprenant :

- Unnoyau «assez mince » constitué d'une terre suffisamment imperméable.
- Des massifs en terre moins imperméable, voire en enrochement, à l'amont et à l'aval du noyau et assurant la stabilité de l'ensemble.

De part et d'autre du noyau, sont interposés des systèmes de filtres et de drain des tinés à éviter les phénomènes d'érosion interne interne et à maîtriserles écoulements dans le corps du barrages en terre homogène sont généralement des barrages de taille modeste. Avec des barrages zonés, on peut atteindre des dimensions beaucoup plus importantes.

Les deux barrages les plus hauts du monde, toutes catégories confondues, sont ceux de Rogun et Nurek, tout les deux situés au Tadjikistan, avec respectivement 335 et 300 m de hauteur.[1]

BARRAGE A NOYAU

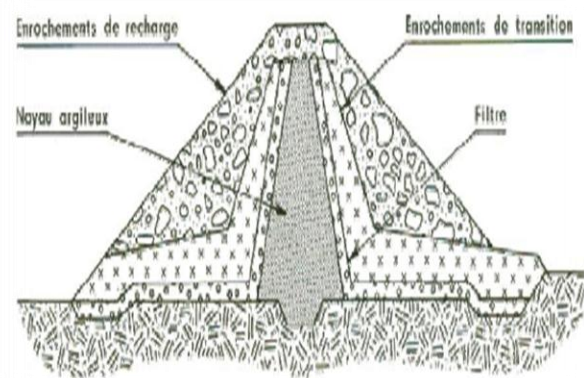
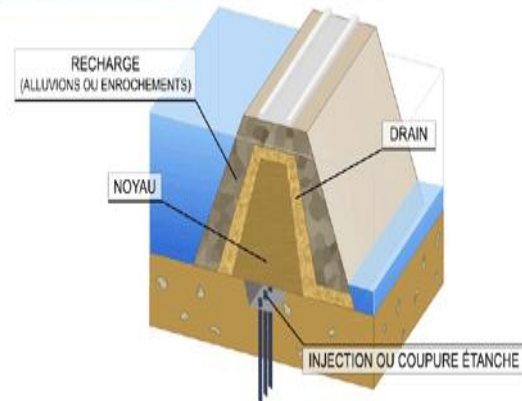


Figure I. 7 Barrages en remblai zonés

I -3-3-Les différents partie de barrage en remblai zonés :

- ✓ **Le noyau** : partie verticale ou inclinée assurant l'étanchéité du barrage disposée au centre du remblai
- ✓ **Les recharges(amont ou aval):** parties construites avec des sols frottant, perméables de préférence, qui assurent la résistance et supportent le noyau.
- ✓ **Les drains** : zones souvent peu épaisses de forte perméabilité, aptes à collecter les fuites, donc réduire les pressions interstitielles.
- ✓ **Les filtres** : zones souvent peu épaisses dont la granulométrie, intermédiaire entre celle des parties voisines, s'oppose aux migrations de particules sous l'action des écoulements. Ils luttent contre l'érosion interne.(phénomène de renard)
- ✓ **Le rip-rap** : couche superficielle d'enrochement posé sur un remblai plus fin, et le protégeant des vagues, des courants, etc.
- ✓ **Le drain cheminée** : Il est ainsi nommé car il est disposé quasi verticalement à l'aval du noyau (ou situé vers le centre d'un remblai homogène). Son épaisseur est de l'ordre de 3 m pour des raisons constructives.
- ✓ **Le tapis drainant aval** : Il couvre environ la moitié aval de la fondation à partir du noyau et conduit les fuites jusqu'au pied aval. Son épaisseur est d'au moins 50 cm [12]

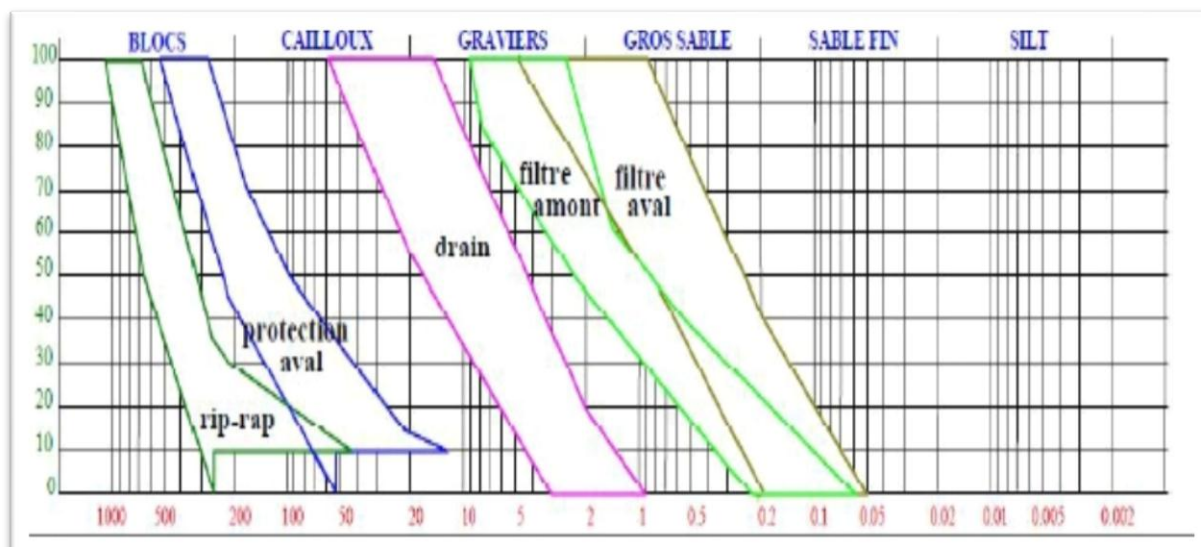


Figure I. 8 granulométrie des matériaux utilisée la construction des barrages a noyau (noyau et recharges)

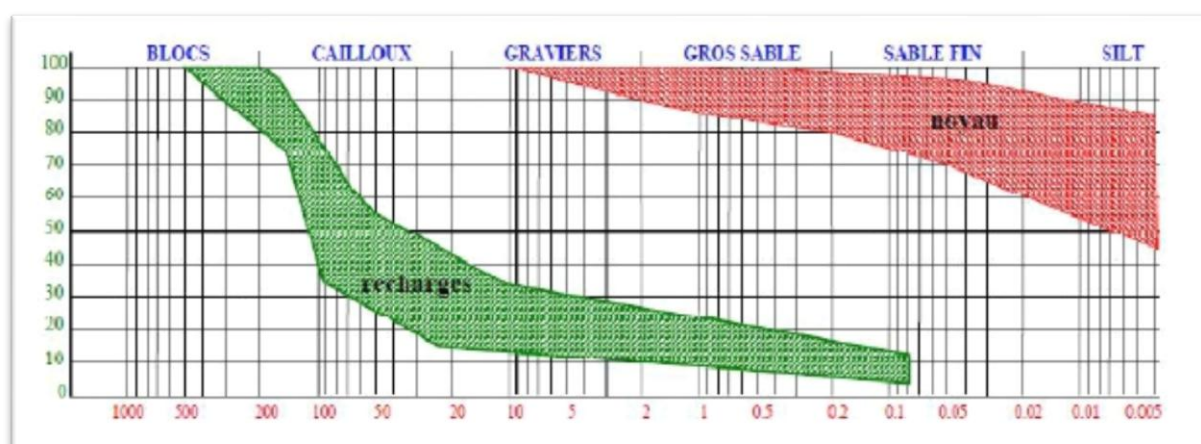


Figure I. 9 granulométrie des matériaux utilisée dans la construction des barrages a noyau (drain, rip-rap,)

I-4- suivi du comportement des barrages en remblai :

I-4-1-Déformations :

Pour le des barrages en remblai, le but est de pouvoir connaître l'évolution des déformations verticales (tassements) et horizontales de l'ouvrage en crête et, si possible, à divers niveaux et en particulier les tassement de la fondation. En règle générale les déplacements de points sont déterminés par des mesures géodésiques, telles que des mesures d'angle et de distance (mesure de vecteur), d'alignement, de polygona, nivellement, ainsi que par des tassomètres, des tassement hydraulique (Figure I.10). [16]

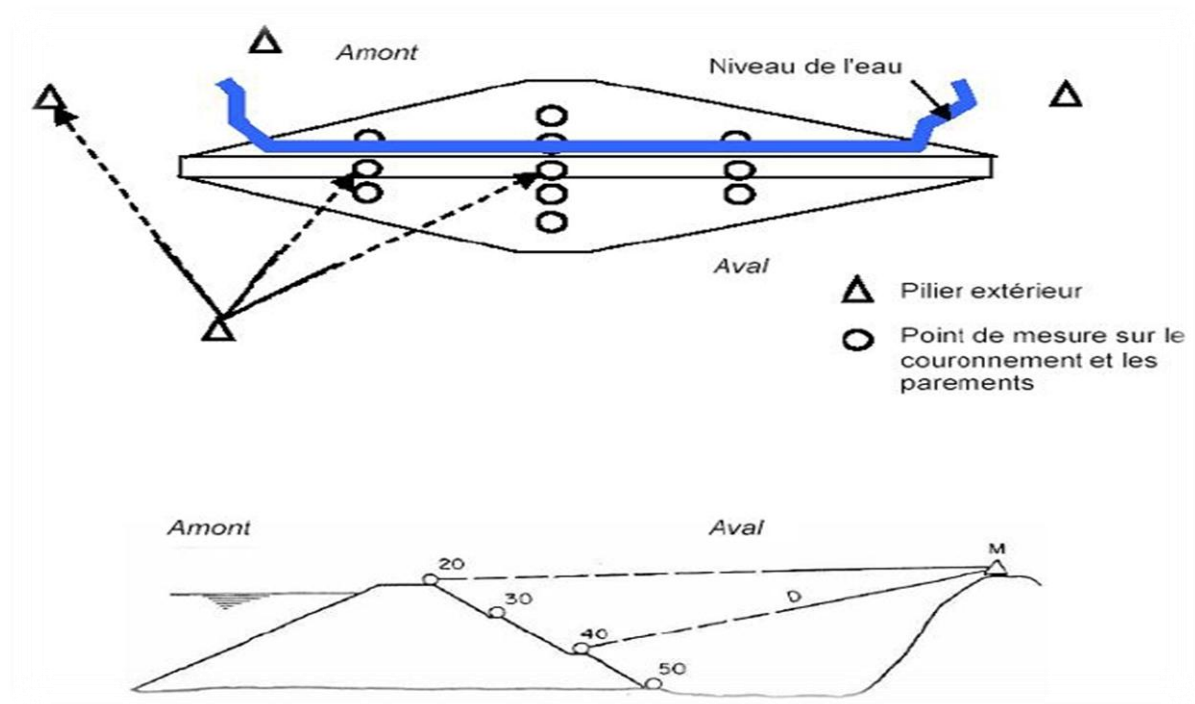


Figure I. 10 Mesure de déformations verticales et horizontales à partir des points de mesures situées sur le parment [16]

I-4-2-pressions interstitielles et niveau piézométrique :

Dans un barrage en remblai, il importe de contrôler l'évaluation des pressions interstitielles (en particulier dans un noyau) et celle de la ligne piézométrique. La mesure s'effectue au moyen de celles de pressions pneumatiques, hydrauliques ou électriques et/ou de piézomètres (tube ouvert ou tube fermé muni d'un manomètre).

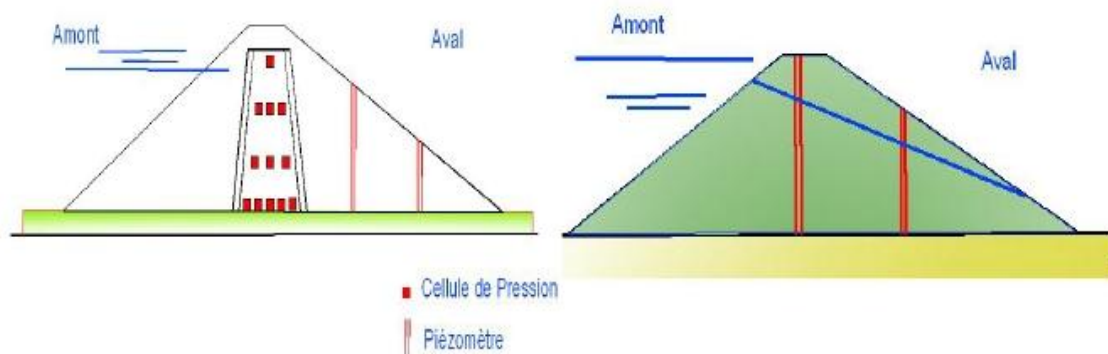


Figure I. 11 mesure des pressions interstitielles et du niveau

Pizométrie des barrages en remblai [16]

I-4-3-Débits de fuite et darainage :

Le rôle du drain dans un remblai est de contrôler le réseau d'infiltration et les pressions interstitielles et de collecter le débit de fuites jusqu'à un (ou plusieurs) point(s) précis à l'aval où ils peuvent être mesurés, placés au contact de la fondation, il draine celle-ci et le remblai les choix technique : Ils sont assez variés

-  Drain cheminée
-  Tapis drainant
-  Autres options

L'un des dispositifs de rabattement de la nappe qui a été le plus utilisé est drain cheminée en matériaux granulaires.

Dans les barrages relativement grands ce drain cheminée situé dans l'axe du barrage ou à l'aplomb de la crête (côté aval) est arrêté à la cote de retenue normale ou à celle des plus hautes

eaux pour intercepter toutes les percolations venant de l'amont. Les infiltrations accumulées à la base de la cheminée drainante sont collectées par un drain en PVC entouré de géotextile qui s'évacue à l'aval du barrage par un réseau en peigne de drain de même type mis en place dans les tranchées à forte capacité drainante (gaines entourées de géotextile). Les tranchées s'élargissent en bandes drainantes de plusieurs mètres assurant également la décharge de la fondation, sont mesurables séparément

Pour les ouvrages plus modestes ; la structure du drain est simplifiée, la cheminée drainante qui n'atteint pas toujours la cote de retenue normale et qui est parfois décalée vers l'aval du barrage s'évacue par un collecteur drainant chemisé se raccordant à un réseau en peigne de drain en PVC placé dans des tranchées drainantes de faible section.

Les débits de fuite et de drainage peuvent varier en fonction du niveau de la retenue, et être influencés par les conditions atmosphériques, ou la fonte des neiges. Les eaux de percolation peuvent être récoltées dans des drainages situés à l'aval d'un noyau, ou à l'interface d'une membrane étanche et du corps du barrage en remblai.

On cherche à effectuer des mesures de débits partiels pour déterminer des zones de provenance. Ce procédé permet, en cas d'anomalie éventuelle, de localiser la zone critique et faciliter la recherche des causes (voir la figure I.12)

Les eaux de percolation et de drainage sont en général collectées et mesurées à leur exutoire par mesure volumétrique, par venturi.

I-5- Suivi du comportement des fondations :

I-5-1 Géologie des fondations :

Tout projet de barrage commence donc par une étude géologique, géophysique et géotechnique qui est progressivement affinée au fur et à mesure que le projet se développe et que les choix se précisent sur le type et la hauteur du barrage. Le géologue intervient en premier lieu pour expliquer la nature et la structure du site, mettre en évidence les principales incertitudes ; les reconnaissances géotechniques par sondages, galeries de reconnaissances, prélèvements, essais de laboratoire et essais in situ sont réalisées pour lever les inconnues

Ces études aboutissent à la détermination de la nature des différentes formations (sols ou roches) présentes sur le site, leur extension géométrique, leurs propriétés en matière de perméabilité, déformabilité, résistance mécanique, altérabilité à l'eau ; les discontinuités (failles, fractures, diaclases, zones de dissolution ou karsts) sont recherchées avec le plus grand soin.

Les résultats des essais de laboratoires réalisés sur les nombreux échantillons récoltés dans ces formations sont rassemblés dans base de données très complète avec les caractéristiques géo mécaniques mesurées en laboratoire dans les roches et les terrains meubles.

Les Reconnaissances et études qui s'appliquant sont :

- ❖ Reconnaissances de terrain, relevés géologiques (forages, sondages mécaniques, pénétromètre dynamique, fouille d'excavation).
- ❖ Prélèvements d'échantillons de terrain pour analyse en laboratoire et interprétation.
- ❖ Présence d'eau, perméabilité du terrain, fluctuations de la nappe, rabattement de la nappe, agressivité de l'eau.
- ❖ Prévisions géologiques et suivis géologiques pendant la construction.
- ❖ Stabilité du terrain, choix du type de fondation, confortations.
- ❖ Etude, suivi, mesures et assainissement de mouvements de terrain (glissements tassements, éboulements, effondrements, mouvements de blocs).
- ❖ Géologues-conseils pour travaux spéciaux, suivis d'excavation (fouilles, carrières, gravières, galeries et tunnels,...)

a-carte géologique :

La cartographie de détail amène des renseignements essentiels à toute étude géologique et fait partie de nos champs de compétence avec la géologie structure.

b-Relevés géologique :

ces relevés sont effectués avant la construction ou pendant l'excavation. Ils permettent de préciser les caractéristiques géotechniques et hydrogéologiques des différentes formations géologiques du sous-sol, ainsi que leur extension dans l'espace afin de définir d'une façon optimale les processus de construction : fondations des ouvrages et consolidation des terrains le

cas échéant. Ils sont effectués sur la base de sondages mécaniques (pelle rétro, tarière, forages destructifs ou carottés, pénétromètre) ou géophysiques.

La reconnaissance des différents type de formations géologiques du sous-sol permet d'optimiser le tracé du barrage ou de tout autre ouvrage avant sa construction et de définir le mode opératoire (type d'excavation, soutènement éventuel, venues d'eau, rabattement etc...) ces données de base font partie des documents d'appel d'offres envoyées aux entreprises soumissionnaires.

c-suivi géologique pendant et après la construction :

Utile pour contrôler, affiner et adapter au besoin les prévisions géologiques. Le suivi géologique permet de récolter le plus grand nombre d'informations durant la phase de construction.

Il facilitera l'entretien ultérieur de l'ouvrage, lorsque la construction sera terminée avec le bétonnage et tout les aménagements extérieurs qui ne permettent plus de connaître les véritables conditions géologique, essentielles pour établir le dossier après exécution.

La fondation des barrages peut poser des problèmes de résistance au cisaillement ou de sécurité vis-à-vis de la rupture, de déformabilité et des problèmes liés à la circulation de l'eau.

Chacun sait que le gradient hydraulique créé par la présence du réservoir fait circuler de l'eau dans la fondation et va engendrer des fuites et des sous pressions à l'aval les traitements classiques sont l'étanchement et le drainage.

I-5-2 Fondation en terrain meuble :

a- Déformation :

Le nivellement, le tassomètre, les repères de tassement hydraulique sont parmi les moyens disponibles pour mesurer les tassements d'une fondation en terrain meuble. Les nivellements sont également effectués dans une galerie dans le sens transversal ou longitudinal d'un barrage en remblai.

b- Pressions interstitielles et niveau piézométrique :

La mesure des pressions interstitielles et du niveau piézométrique en fondation peuvent se faire par des forages ouverts ou par des forages fermés.

c- Débits de fuite et drainage :

Cette mesure concerne l'eau percolant à travers le massif de fondation et de résurgences captées. Les débits provenant de galeries de drainage sont également mesurés. La mesure des débits peut être volumétrique, s'effectuer au moyen d'un déversoir ou d'un venturi, ou mesure du flux dans un tube.

La mesure de turbidité indique s'il existe une migration de fines

TYPE DE MESURE	INSTRUMENTS MOYENS DE MESURE
Déformations verticales et Déformations	Géodésie
	Réseau extérieur
	Nivellement
	Polygonale
	Mesures d'angles
	Mesures de vecteurs (mesures d'angles et de distance)
	Alignement
	Inclinomètre
	Tasso mètre
	Repère de tassement hydraulique
Ligne piézométrique	Piézomètre
Pressions interstitielles	Manomètre
	Cellule de pression
Débit de fuite et de drainage	Déversoir
	Mesure volumétrique
	Mesure du flux dans un tube
	Venturi
Température de l'eau	Thermomètre
Turbidité	Turbimètre
Chimisme des eaux de fuites	Analyse en laboratoire
Température dans le corps du remblai	Thermomètre électrique

Tableau I. 1 Instruments et moyens de mesure pour les barrages en remblai

I-6-Surveillance des environs proches et éloignés de l'ouvrage de retenue :

Cette surveillance englobe des mesures (déformation du terrain, venues d'eau) et des observation visuelles. Elle concerne les zones de contact amont et aval, le pied aval de l'ouvrage, les flancs du réservoir, de même que l'ensemble du bassin versant.

I-6-1-Affouillement au pied aval du barrage :

Si des affouillements qui peuvent se produire à l'aval du barrage, il est indiqué d'effectuer des relevés de leur forme et leur profondeur (par exemple tous les 3 à 5 ans ou suite à une crue exceptionnelle). Relevés peuvent être exécutés topographiquement ou par bathymétrie (en cas de présence d'eau).

I-6-2-Résurgences à l'aval :

Le relevé des débits des résurgences à l'aval doit être effectué, car une variation de ces débits peut indiquer une anomalie dans le réseau de circulation des eaux souterraines. La mesure des débits peut être volumétrique, éventuellement s'effectuer au moyen d'un déversoir taré (courbe de tarage).

I-6-3-Relevé de la nappe phréatique :

La mesure de fluctuation d'une nappe phréatique est parfois indiquée. Le relevé des niveaux peut se faire au moyen d'une sonde avec témoin, glissée un forage ouvert ou au moyen d'un capteur de pression avec enregistrement

I-6-4-Sédiments dans la retenue :

Il est important de relever les dépôts de sédiments dans la retenue. Surtout dans la zone proche du barrage. Il faut s'assurer que les ouvrages de prise et d'évacuation sont dégagés. On peut procéder dans ce cas à des relevés bathymétriques, dont la fréquence dépend de l'ampleur des apports en sédiments.

I-6-5-Chutes de blocs :

Il faut vérifier que des blocs instables ne mettent pas en danger les personnes, les accès et les installations. Des mesures de curage, de consolidation ou la mise en place d'un filet de protection peuvent s'avérer nécessaires.

I-6-6-Zones de terrains instables :

Les zones instables doivent être observées. Un glissement pourrait provoquer une vague et un débordement par-dessus le couronnement. Dans ce cas, on peut recourir à des mesures géodésiques (mesures de triangulation pour connaître la variation spatiale des déplacements de points en surface), des mesures de distance directes entre plusieurs points, des mesures par inclinomètre pour suivre les déformations en profondeur

I-6-7-Bassin versant :

La configuration et le développement du bassin versant doit avoir une incidence dans le développement des crues. Il est donc utile d'évaluer les modifications morphologiques au cours du temps, tels qu'érosion, glissement de terrain, laves torrentielles, déboisement, nouvelle route et surface étanche, nouvelles constructions, etc.

I-7-Conclusion :

Au terme de ce chapitre consacré aux différents types de barrages, surtout les barrages en terre.

La surveillance et l'entretien font partie des actions importantes à mener pour garantir la sécurité des ouvrages et par conséquent celle de la population. Ils doivent permettre de mettre rapidement en évidence un fait anormal, voir un événement extraordinaire.

Il appartient donc à l'exploitant d'exécuter des contrôles et des mesures d'auscultation nécessaires pour juger de l'état et du comportement de l'ouvrage D'accumulation. Quant au contrôle du comportement, il permet de s'assurer, par la mesure de paramètres significatifs, d'un comportement conforme. Dans le cas contraire, il sera nécessaire d'envisager des mesures complémentaires techniques ou d'exploitation.

