

CHAPITRE I : LES BARRAGES DANS LEUR ENVIRONNEMENT

1.1. FONCTIONS D'UN BARRAGE

Un barrage est ouvrage établi dans le lit d'un cours d'eau dans le but de créer une dénivellation entre les plans d'eau situés en amont et en aval. Considérons la section en travers d'un barrage représentée sur la (*Figure 1*). Le Lac ou bassin artificiel à l'amont d'un barrage, dans lequel une certaine quantité d'eau est accumulée est appelée retenue. La Morphologie de l'aire couverte par la retenue est la cuvette. Le réservoir d'eau est une retenue dont l'exploitation s'effectue à niveau variable en vue de stocker et déstocker de l'eau. Le (*Tableau 1*) regroupe la signification de ces différents termes utilisés dans le cours.

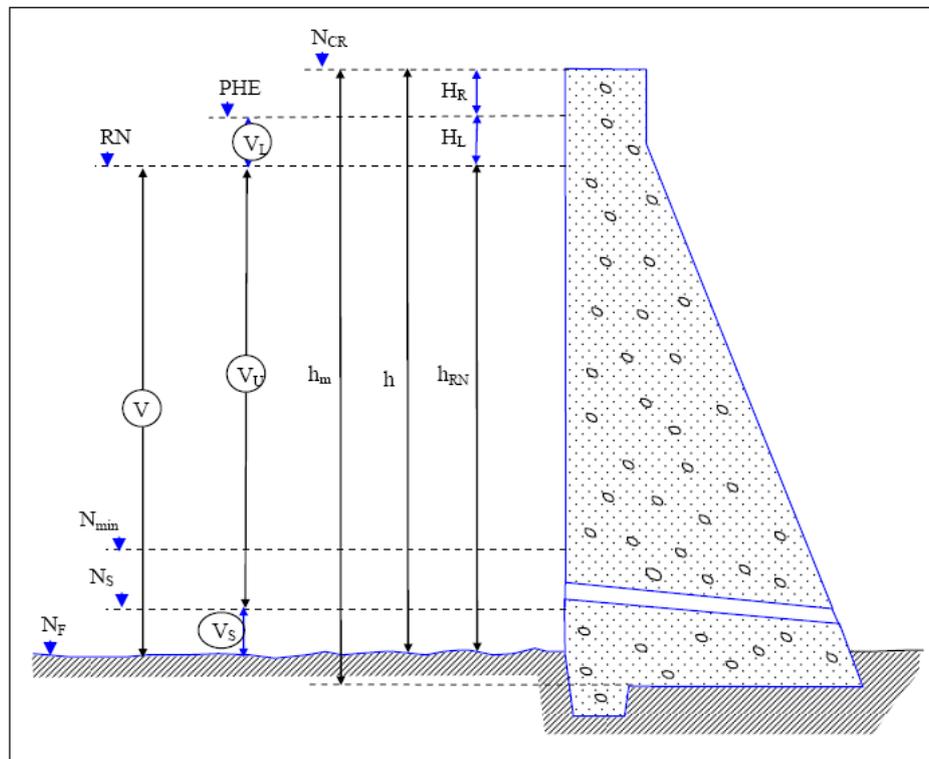


Figure 1 : Caractéristiques de la capacité d'une retenue (d'après PNUD/OPE, 1987).

Tableau 1 : Définition des termes utilisés (voir Figure 1).

Termes	Définitions	Symboles
Niveau ou cote des dépôts solides (m)	Cote correspondante au dépôt solide dans la retenue	N_s
Niveau ou cote du lit de l'Oued (m)	Cote du point le plus bas du fond du lit du cours d'eau en correspondance avec le parement amont	N_F
Niveau ou cote minimale d'exploitation (m)	Cote minimale du niveau de l'eau dans la retenue ou l'eau accumulée peut être dérivée par la prise d'eau pour l'utilisation prévue	N_{MIN}
Niveau ou cote normale de la retenue (m)	Cote du niveau normale dans la retenue à laquelle commence le déversement dans l'évacuateur de crues.	RN
Niveau ou cote des plus hautes eaux (m)	Cote maximale à laquelle peut arriver le niveau de l'eau dans la retenue au cas où se produirait le plus important phénomène de crue prévu, à l'exclusion de la surélévation due aux vagues	PHE
Niveau ou cote de la crête (m)	Cote du plan de la crête du barrage, à l'exclusion des parapets et d'éventuels murs de protection contre batillage.	N_{CR}
Hauteur de la retenue normale (m)	Dénivelée entre le niveau normal de la retenue et celui du lit de l'oued.	h_{RN}
Hauteur hors sol (m)	Dénivelée entre le niveau de la crête et celui du lit de l'oued	h
Surélévation de crue (m)	Dénivelée entre le niveau des plus hautes eaux et celui de la retenue normal. Ce sur-remplissage représente la charge maximale exercée sur le déversoir en correspondance de la crue de projet.	h_L
Revanche (m)	Dénivelée entre le niveau de la crête et le niveau des plus hautes eaux.	h_R
Hauteur maximale du barrage (m)	Dénivelée entre la cote du plan de la crête et celle du point le plus bas de la superficie de fondation (à l'exclusion d'éventuelles sous-structures d'étanchéité)	h_m
Tranche morte (m^3)	Volume de retenue situé au-dessous du niveau minimal d'exploitation et destiné à l'envasement.	V_S
Volume utile de la retenue (m^3)	Volume d'eau compris entre la cote normale de la retenue et la cote minimale d'exploitation : ce volume comprend la tranche utilisable et celle correspondant aux pertes par évaporation et par infiltration.	V_U
Volume de laminage	Volume compris entre la cote des plus hautes eaux et la cote normale de la retenue.	V_L
Volume ou capacité totale de la retenue (m^3)	Volume total d'eau compris entre la cote normale de la retenue et la cote du lit de l'oued.	V
Surface ou superficie de la retenue (m^2)	Superficie de plan d'eau pour la cote normale de la retenue.	S

Sur le plan technique, un barrage doit assurer, pour un fonctionnement durable sans risque, les fonctions d'étanchéité et de stabilité.

1.1.1. Etanchéité

L'étanchéité des barrages de retenues est évidemment l'objectif prépondérant.

On doit distinguer :

- l'**étanchéité propre du barrage** qui est liée à sa constitution, et donc peut aisément être maîtrisée et contrôlée ;
- l'**étanchéité du bassin de retenue** qui dépend de la géologie du site (nature des terrains, état de fracturation, réseaux karstiques éventuels, ...), elle est établie lors du choix du site et peut éventuellement être traitée sur des zones de faible étendue ;
- l'**étanchéité de la liaison barrage - sol de fondation** ; la zone de pied de barrage est celle des plus fortes pressions, et le terrain peut être en partie remanié lors de la construction de l'ouvrage, cette zone doit donc être contrôlée et traitée soigneusement.

1.1.2. Stabilité

Les barrages sont soumis aux efforts liés à l'action de l'eau :

- la pression hydrostatique sur les parois en contact avec la retenue ;
- la pression dynamique exercée par les courants d'eau ;
- la pression interstitielle des eaux d'infiltration dans le sol de fondation (sous pression) qui non seulement réduisent les actions de contact du sol sur son support mais réduisent aussi la résistance de ces terrains.

On doit prendre en compte le poids propre du barrage et les actions de liaison du sol de fondation.

On devra vérifier :

- la stabilité d'ensemble de l'aménagement (barrage et massif de fondation) qui dépend des qualités du massif de fondation ;
- la stabilité propre du barrage sous l'ensemble des actions extérieures ;
- la stabilité interne du barrage sous les sollicitations.

Les **objectifs d'un aménagement** comportant un barrage sont très variés :

— **irrigation** : L'irrigation est une des applications les plus anciennes et les plus courantes des barrages. Aujourd'hui encore, près de la moitié des ouvrages dans le monde sont construits dans ce but.

Historiquement, la première technique à se développer fut celle de la dérivation. Elle consiste à dévier une partie des cours d'eau jusqu'aux terrains où l'on souhaite cultiver des plantes.

La seconde technique, plus élaborée, est celle du stockage. Son avantage est de pouvoir se pratiquer de manière discontinue, en profitant des périodes de pluie pour reconstituer les réserves.

Les deux méthodes continuent de se pratiquer de nos jours. Car les barrages par stockage, bien que généralement plus performants, ne sont pas adaptés à tous les sites : ceux qui ont subi une forte érosion, souvent par déforestation, vont provoquer de forts dépôts, débouchant sur un phénomène d'envasement.

Des réalisations plus modestes peuvent aussi apporter leur contribution. Ainsi, des milliers de petits barrages (5 à 10 mètres de haut) permettent de créer des "lacs collinaires" afin d'irriguer les terres agricoles.

L'avenir de l'irrigation passe aussi par une meilleure gestion de l'eau et une connaissance plus fine de la consommation des plantes. Les performances pourraient encore être améliorées grâce à la mise au point de nouvelles techniques en collaboration avec des spécialistes d'autres disciplines : agronomes, etc. 270 millions d'hectares sont irrigués dans le monde ; cela représente le cinquième des terres cultivées, et ce cinquième fournit le tiers de toute la nourriture disponible, ce qui représente les trois quarts de la consommation mondiale d'eau ; l'agriculture est donc de loin le premier consommateur de l'eau des réservoirs ;

— **génération d'électricité** : L'hydroélectricité est une source d'énergie essentielle, propre et renouvelable. Son exploitation permet de réduire l'appel à d'autres sources plus polluantes ou non renouvelables. Bien avant l'essor de l'électricité, l'eau fut utilisée pour produire de l'énergie hydromécanique, grâce aux moulins.

Puis, au XVe-XVIe siècles, elle sert à alimenter les hauts-fourneaux de l'industrie métallurgique alors en plein essor. Des barrages sont construits ou surélevés pour alimenter les « lacs des forges » qui se répandent bientôt dans tout le pays.

En 1860, l'énergie hydraulique apporte ainsi 75 % de la puissance fixe des machines installées dans les usines, contre 25 % à la vapeur !

L'hydroélectricité n'en reste pas moins une ressource essentielle : il s'agit en effet d'une énergie de pointe, mobilisable en quelques minutes seulement, contrairement à celle fournie par les autres types de centrales.

L'énergie hydroélectrique, avec une production annuelle de 2100 TWh, représente actuellement 20 % de la production électrique totale, et 7 % environ de toute l'énergie consommée dans le monde ; ces valeurs varient considérablement d'un pays à l'autre ; les plus grosses proportions existent en Norvège (99,6 %), Brésil (90 %), Autriche (79 %) et Canada (66 %). Dans le tiers monde, c'est souvent la seule ressource d'énergie disponible localement. En Europe, l'hydroélectricité a joué un rôle prépondérant dans le développement industriel du XIXe siècle, mais devient de moins en moins importante, les ressources naturelles ne pouvant suivre l'accroissement de la demande ;

— **contrôle des crues** : Les barrages, par le stockage temporaire de l'eau et l'écrêtement des débits, permet de limiter efficacement les dégâts dus aux crues.

Le vaste mouvement d'urbanisation du XIXe siècle a donné une acuité nouvelle à la question de la lutte contre les crues. Il ne s'agit plus seulement de protéger les habitations, mais aussi les installations industrielles.

Des barrages à pertuis ouvert, permettant de ralentir les crues, ont aussi été mis en place, comme dans le Gard à partir des années 1950.

La lutte contre les crues passe aussi par le développement d'une véritable « culture de l'inondation ». Cela suppose, par exemple, d'éviter de construire dans les zones menacées.

Cela a été de tout temps une forte motivation pour l'édification de barrages, et souvent même l'objectif principal.

Le plus souvent, la protection contre les crues est un effet bénéfique secondaire des ouvrages construits dans un autre but.

Globalement, les autres objectifs des barrages sont mineurs en regard des trois buts principaux ; ils sont néanmoins d'importance dans l'aménagement des pays développés ou non ; il faut citer :

— **l'alimentation en eau potable ou industrielle** ; L'alimentation en eau potable est une des plus grandes conquêtes auxquelles les barrages aient participé. C'est l'objectif à l'origine, par exemple, du barrage Zola, inauguré à Aix-en-Provence en 1854.

Parmi les réalisations les plus marquantes du XIXe siècle figure également le barrage du Furens à Saint-Étienne, inauguré en 1866. Celui-ci servait tout à la fois à alimenter la ville en eau, à lutter contre les crues et à maintenir l'étiage de la rivière afin de garantir le fonctionnement d'usines hydromécaniques.

— **la régularisation en vue de la navigation** ; Les barrages facilitent le transport fluvial en régulant les cours d'eau naturels et permettent l'alimenter des canaux.

Les barrages contribuent à favoriser le transport fluvial en régulant les cours d'eau naturels et en alimentant les canaux artificiels construits à cet effet. La première tâche est confiée à des barrages de navigation, généralement associés à des écluses. La seconde est obtenue en dérivant des cours d'eau voisins, ou grâce à des barrages réservoirs.

La concurrence du chemin de fer.

La construction d'ouvrages de stockage pour l'alimentation des canaux connaît son apogée en 1820-1840, avec pour emblème le Canal de Bourgogne. L'invention des barrages mobiles, par Poiré en 1837, va permettre de concilier les nécessités du transport et de la régulation du débit fluvial.

Le transport fluvial va bientôt souffrir de la concurrence du chemin de fer ; les dimensions des canaux ne correspondent plus aux exigences du transport de marchandises moderne.

Une renaissance en cours

À partir des années 1950 s'amorce pourtant une renaissance du transport fluvial. La Seine, la Moselle, le Rhin et le Rhône sont canalisés à grand gabarit, soit 22% du réseau navigable français (pour un total de 1900 km) en 2002.

Son développement devrait se poursuivre dans les années à venir, avec un objectif de rééquilibrage des modes de transport. Quant aux anciens canaux tels que ceux du Midi ou de Bourgogne, ils se voient offrir une nouvelle vie... au service du tourisme.

— **les développements touristiques et de loisirs** ; Les barrages servent aussi aux loisirs et à la pisciculture. Ils ont même, autrefois, été utilisés pour la défense des villes en cas d'attaque !

- Loisirs

L'utilisation des barrages pour l'approvisionnement de plans d'eau récréatifs ne date pas d'hier. Un de ses vestiges les plus étonnants est le gigantesque système mis en place pour l'alimentation du château de Versailles et de son parc sous Louis XIV.

Le XXe siècle est marqué la démocratisation des loisirs nautiques et des aménagements qui les accompagnent. Des espaces spécifiques ont ainsi été mis en place sur le Rhône, la Seine, la Marne, l'Aube, la Dordogne, la Durance...

- Pisciculture

L'élevage de poissons fut sans doute une des premières finalités des petites retenues créées à proximité des monastères au Moyen-Âge. Certains ouvrages anciens, dans la Brenne, la Sologne ou les Dombes, continuent de remplir cette fonction.

Les grands ouvrages modernes, en revanche, ne l'intègrent plus qu'à titre accessoire. De nombreux aménagements spécifiques ont cependant été réalisés afin de permettre la préservation ou la réintroduction d'espèces locales.

- Défense des villes

L'utilisation des barrages à des fins militaires fut mise en pratique notamment dans la Chine ancienne, ou aux Pays-Bas durant la guerre de 39-45. En France, en revanche, elle resta toujours à l'état d'ébauche.

Des projets furent toutefois élaborés aux XVIIe et XVIIIe siècles, notamment dans les régions du nord, plus vulnérables aux invasions.

— **la recharge et l'assainissement des nappes phréatiques.**

Dans la plupart des cas, c'est le **volume du réservoir** créé qui est le paramètre significatif des bénéfices apportés par le barrage :

— volume utile rapporté au volume des crues, pour la protection contre les crues ;

— volume utile rapporté aux variations saisonnières ou interannuelles du débit naturel de la rivière, pour les besoins agricoles, urbains ou industriels.

Pour les aménagements à buts multiples, on est parfois amené à attribuer à chacun des objectifs une fraction bien définie du volume utile disponible ; cela se traduit en pratique par des règles d'exploitation (§ 6).

2. Classification des barrages

Parmi les diverses classifications possibles, nous retiendrons les deux suivantes : d'après la *fonction et la structure* et suivant le *type de matériaux* constituant la digue, le *mode de résistance* à la poussée de l'eau et le *procédé de construction*.

2.1 Classification des retenues d'après les utilisations diverses de l'eau

D'après les possibilités d'accumulation de la retenue, nous distinguons les barrages d'exhaussement et barrages d'accumulation. Cette classification est liée avec celle adoptée pour les aménagements hydroélectriques.

Les barrages qui jouent seulement un rôle d'exhaussement sont principalement ceux des aménagements de basse **chute** ($H_n < 30$ m ; H_n hauteur de chute nette) généralement situés en basse vallée. L'exhaussement est caractérisé par la hauteur de **retenue** maximale, hm , différence entre la cote du plan d'eau à la retenue normale au droit du barrage et la cote du fond du cours d'eau au point le plus bas de celui-ci dans la section occupée par le barrage.

Les barrages d'accumulation sont ceux des aménagements de moyenne ($30 < H_n < 200$ m) et de grande hauteur ($H_n > 200$ m), généralement situé en haute vallée. Les barrages d'accumulation peuvent avoir des buts ou utilisations différentes et souvent multiples :

- a- stockage des eaux pour usage unique : eaux potables ; Irrigation ; Protection contre les crues; Production d'énergie hydroélectrique,
- b- Usages multiples : eau potable ; irrigation ; énergie hydroélectrique et protection contre les crues.

2.2 Classification des retenues d'après la structure

Suivant la structure du barrage, nous pouvons distinguer les barrages fixes et barrages mobiles. Les barrages fixes créent une obstruction pratiquement invariable du lit du cours d'eau sur lequel ils sont construits. Les barrages mobiles, au contraire, comprennent des éléments amovibles (bouchures mobiles) qui permettent de faire varier l'obstruction créée dans le cours d'eau et, par suite, de régler le niveau du plan d'eau en amont en fonction du débit.

2.3 Classification des barrages selon le type de matériaux et le mode de résistance à la poussée de l'eau

Les barrages sont souvent classés sur la base du type de matériaux de construction ou sur la méthode de résistance à la pression de l'eau. Les principaux types de barrages sont :

- Barrages rigides (en matériaux assemblés)
 - Barrages poids (gravity dams)
 - Barrages voûtes (arch dams)
 - Barrages à voûtes multiples (multiple arch dams)
 - Barrages à contreforts (bouttress dams)
 - Barrages en remblais (en matériaux non assemblés) (embankment dams)
 - Barrages en terre (earth dams)
 - Barrages en enrochement (rock-fill dams)

2.4 Autres classifications des barrages

Plusieurs autres types de classification des barrages existent, nous présenterons quelques une dans ce qui suit.

Selon que les matériaux constituant la digue sont liés ou meubles on parle de barrage souples ou barrages rigides. Les barrages souples sont parfois appelés aussi, barrage en remblais.

Selon le procédé utilisé lors de la construction, on distingue les barrages construits à sec et les barrages construits dans l'eau.

On distingue aussi, les barrages submersibles et les barrages insubmersibles. Les barrages en terre sont de nature insubmersible, sachant qu'une submersion même à faible débit implique une quasi-certitude d'une destruction rapide.

On parle aussi, de barrages provisoires et de barrages définitifs.

- Les barrages provisoires ou batardeaux, ont une utilité temporaire, ils sont souvent construits pour permettre ou pour faciliter la construction d'ouvrages définitifs.

- Les barrages définitifs sont destinés à rester en service pour la durée de vie de l'ouvrage qui peut s'étendre à des dizaines ou même à des centaines d'années moyennant un entretien convenable.

Les barrages de hauteur inférieure à 100 m, sont appelés barrages ordinaires, les autres sont appelés barrages de grandes hauteurs.

Selon la nature de matériaux de la digue et des terrains d'assise et selon la hauteur de l'ouvrage on distingue 4 classes (voir Tableau 2) :

Tableau 2: Classification des barrages selon la nature de matériaux de la digue et des terrains d'assise et la hauteur de l'ouvrage

Ouvrage de retenue	Terrains d'assise	Hauteur de l'ouvrage pour la classe			
		IV	III	II	I
Barrages en terre et en enrochement	* Rocheux	25	25-70	70-100	100
	* Sableux, de grosses pierres, argileux compacts	15	15-35	35-75	75
	* Argileux bien saturé en état plastique	15	15-25	25-50	50
Barrages en béton, béton armé et ouvrages annexes	* Rocheux	25	25-60	60-100	100
	* Sableux, de grosses pierres, argileux compacts	10	10-25	25-50	50
	* Argileux bien saturé en état plastique	10	10-20	20-25	25

3 Choix du site et des caractéristiques d'un barrage

Le choix du site et des caractéristiques géométriques (hauteur et formes) d'un barrage doit être effectué en fonction des conditions suivantes :

- Conditions topographiques
- Conditions géologiques
- Conditions hydrologiques
- Conditions relatives à la géographie humaine
- Données sismologiques
- Conditions générales d'environnement

Le choix du type d'ouvrage dépend également de ces différents facteurs ainsi que des conditions économiques relatives à l'exécution des travaux.

3.1 Conditions relatives à la topographie

La recherche d'un emplacement de barrage est précédée des opérations suivantes :

- Etablissement d'une carte à grande échelle avec courbes de niveau dressée, en général, par procédé photogrammétrique
- Recherche de verrous (ou gorges) et de cuvette sur cette carte qui, pour un barrage fixe, doivent remplir les conditions suivantes :

- a) largeur du verrou la plus faible possible pour réduire le volume de la digue par mètre de dénivellation
- b) Capacité la plus grande possible pour une hauteur donnée de la cuvette située en amont du barrage d'accumulation.

La qualité d'un site de barrage d'accumulation peut être caractérisée par le volume d'eau accumulé par m³ de digue (m³ de béton du barrage), ou encore par le nombre de KWh accumulés par m³ de digue.

3.2 Conditions géologiques

Les roches et les sols de la zone de fondation de l'ouvrage et de la cuvette doivent présenter des caractéristiques satisfaisantes en ce qui concerne :

- a- la stabilité du barrage
- b- l'étanchéité de la retenue

3.2.1 La stabilité du barrage

En ce qui concerne la stabilité de l'ouvrage, le terrain de fondation doit présenter les qualités essentielles suivantes :

- faible degré de broyage et d'altération
- faible compressibilité
- grande résistance à l'écrasement

La recherche de ces caractéristiques est réalisée grâce aux moyens suivants :

- a) Travaux de reconnaissance
- b) Procédés géophysiques

3.2.2 Etanchéité de la retenue

L'étanchéité d'une retenue dépend de la perméabilité des terrains constituant le sol de fondation du barrage et la cuvette : ces terrains sont en effet soumis à la pression correspondant à la hauteur d'eau dans la retenue du barrage et peuvent être traversés par des débits importants.

3.3 Conditions hydrologiques

- a) Superficie du bassin versant : l'alimentation du réservoir doit assurer son remplissage en année hydrologique moyenne,
- b) Débit solide : important pour fixer la capacité utile de la retenue et la cote de la prise d'eau.

3.4 Conditions relatives à la géographie humaine

- a) Retenue normale et retenue exceptionnelle : (Q_{moyen} et $Q_{\text{crue max}}$) : courbes de remous correspondantes, habitations, routes, voies ferrées, cultures, sites protégés, ouvrages d'art, irrigation, pêche, ...
- b) Agglomération et terres cultivées : expropriation/déplacements
- c) Voies de communication : déviations routes, voies ferrées, conduites...
- d) Navigation intérieure : à maintenir,
- e) Débit réservé – réservoir de compensation : Q_{min} , échelles à poissons.

3.5. Données sismologiques

L'étude, sur une base historique ou déterministe (sismo-tectonique), de la sismicité du site est entreprise et aboutit à la définition de deux séismes de référence :

- le **séisme de projet**, que l'ouvrage doit être en mesure de supporter sans aucun dommage ;
- le **séisme maximal probable**, auquel le barrage doit pouvoir résister sans ruine ni mise hors service de ses organes de sécurité.

Chacun d'eux est défini par un niveau d'accélération et un spectre de fréquence, qui serviront dans les calculs de la structure.

3.6. Conditions générales d'environnement

D'autres natures de données, moins importantes dans la mesure où elles n'influent que rarement sur la faisabilité d'un barrage, sont toutefois indispensables pour mener le projet à son terme : citons gel), qui constituent des sollicitations supplémentaires du futur ouvrage, les propriétés chimiques de l'eau, parfois agressive vis-à-vis de certains matériaux notamment le béton, la disponibilité de matériaux de construction de qualité à proximité, les accès, etc.

4. Harmonisation avec le contexte social et naturel

Lorsque les conditions physiques majeures mentionnées ci-avant sont cernées, alors l'impact global du barrage projeté sur son environnement social et naturel peut être évalué.

On trouve toujours en principe, à l'actif du projet, la satisfaction du ou des objectifs pour lesquels il est étudié : approvisionnement en eau garantie, protection contre les crues, soutien des étiages, production d'énergie ; on pourra souvent y ajouter des bénéfices non prévus au départ, principalement en matière de protection contre les crues. Les retombées économiques

du chantier, pendant la construction et aussi par la suite, sont souvent des moteurs de développement régional non négligeables dans les contrées reculées.

Le passif est plus complexe : on y trouve bien entendu le coût capitalisé de la construction et de l'exploitation, mais bien d'autres facteurs doivent également être évalués, puisque la modification du régime de la rivière qui résulte de la retenue a nécessairement des implications sur tous les systèmes associés. C'est l'objet de l'étude préalable d'environnement (EPE) que de recenser les causes et effets possibles et qu'il faudra étudier plus en détail lors de l'élaboration du projet. On peut citer a priori les effets suivants :

- perte de terres agricoles ou de forêts par submersion, expropriations ;
- déplacement de populations ;
- interruption des voies de communication (terrestres et fluviales) ;
- modification de la qualité de l'eau (température, oxygène, sels minéraux) ;
- risques de pollution par les vases relâchées brutalement lors des vidanges ;
- creusement du lit à l'aval, par déficit de sédiments transportés ;
- alluvionnement en queue de la retenue et effet induit sur les crues en amont ;
- effets sur la flore et la faune près du réservoir et à l'aval ;
- sismicité induite par les réservoirs ;
- risques pour les populations à l'aval et aussi à l'amont.

Certains effets recensés dans le passé résultent d'une exploitation maladroite (prises d'eau mal conçues ou mal utilisées) et peuvent être facilement évités ; d'autres nécessitent une compensation spécifique en vue de rétablir des conditions équivalentes ou meilleures que les conditions initiales.

À une large échelle, l'expérience acquise montre que l'introduction bien étudiée d'un barrage et de sa retenue dans l'environnement social et naturel peut se réaliser de manière harmonieuse et en tout cas positive pour la collectivité. Certains aspects de réalisations passées ont été négatifs, faute d'études d'impact suffisantes ; celles-ci sont aujourd'hui heureusement obligatoires et permettent de mieux prévoir toutes les conséquences, donc de mieux décider et de porter remède aux effets néfastes quand c'est nécessaire et économiquement possible.

Ils ont connu une certaine désaffection en raison de leur volume et de leur coût relatif, jusqu'au développement récent de la technique du béton compacté au rouleau (BCR) qui leur a donné une nouvelle jeunesse depuis 1980. Par ailleurs, ils présentent, quel que soit leur mode de construction, une solution attrayante lorsqu'il faut intégrer au barrage des structures relativement importantes, comme une usine hydroélectrique, un gros évacuateur de crues, une écluse, etc.

5. Ruptures et risques liés aux barrages

5.1. Comment se produirait l'accident à l'origine du risque majeur ?

Le risque majeur provient de la formation d'une onde de submersion se traduisant par une élévation brutale et rapide du niveau de l'eau à l'aval. Cette onde de submersion peut être provoquée :

- en montagne, par un glissement de terrain dans la retenue du barrage (déversement par-dessus le barrage puis propagation de l'onde dans la vallée)
- par la rupture totale ou partielle du barrage (onde de submersion se propageant dans la vallée). Cette rupture peut être instantanée (ouvrages maçonnés) ou progressive (barrages en remblai).

5.2. Les facteurs de risques sont de divers ordres :

- ✓ La conception ancienne ou l'entretien insuffisant d'un barrage peuvent ne plus répondre aux règles de l'art et de sécurité en vigueur. Les ouvrages concernés font l'objet d'un diagnostic sur leur fiabilité et, si nécessaire, sont confortés ;
- ✓ les crues exceptionnelles : pour chaque barrage, une "cru de projet" est fixée pour dimensionner les ouvrages évacuateurs, le niveau de sécurité retenu étant généralement compris entre la crue millénaire et la crue décennaire. Toutefois, une crue dépassant les capacités des ouvrages peut toujours survenir ;
- ✓ des dysfonctionnements dans la gestion de l'ouvrage (contrôles commandes, défaillances électromécaniques, erreurs humaines...)
- ✓ l'insuffisance des études préalables et du contrôle d'exécution constitue également un risque (l'obligation d'un avis du Comité Technique Permanent des Barrages et des Ouvrages Hydrauliques, pour les grands barrages, a pour objet d'éviter de telles situations) ;
- ✓ les séismes, qui peuvent causer des dommages (toutefois le plus souvent mineurs), déformations, tassements, fissures ;
- ✓ les actes de destruction et de malveillance, etc...

5.3. Les conséquences sur les personnes, les biens et l'environnement

La rupture d'un barrage constitue une catastrophe exceptionnelle. L'onde de submersion générée par la rupture se traduit par une élévation brutale et rapide du niveau de l'eau à l'aval, pouvant affecter la sécurité des personnes et des biens et avoir des conséquences néfastes sur l'environnement (pollutions, impact sur les milieux naturels).

5.4. Les mesures prises pour faire face au risque

5.4.1. Des actions de prévention et de protection

- **La cartographie du risque** : représente les zones menacées par l'onde de submersion qui résulteraient de la rupture totale ou partielle de l'ouvrage, obligatoire pour les grands barrages. Figurent également sur cette carte les enjeux et les points sensibles ainsi que tous les renseignements indispensables à l'établissement des plans de secours et d'alerte.

- **Gestion active** : pour la sécurité de l'ouvrage des lâchers d'eau peuvent être réalisés pour évacuer et contrôler une fraction d'eau de la retenue. Ces lâchers d'eau interviennent pour la régulation ou lors des crues ou intempéries importants afin d'empêcher la cote de la retenue d'atteindre son niveau critique ou lorsque l'ouvrage présente des signes de faiblesse.

- **L'examen préventif des projets de barrages** : Le contrôle concerne toutes les mesures de sûreté prises de la conception à la réalisation du projet. La surveillance et les travaux d'entretien incombent à l'exploitant du barrage.

- **Inspection et surveillance constante des barrages** : permettant une analyse et une synthèse rendant compte de l'état du barrage.

- Des actions de gestion de crise

- Mise en place des différents plans de gestion de crise : **Plan Communal de Sauvegarde, Plans ORSEC et POLMAR, Plan Particulier d'Intervention, Plan Rouge, etc.**

- Mise en place de réseaux d'**alerte** et de **surveillance** afin de détecter rapidement les risques et d'alerter la population.