



REPUBLIQUE ALGERIENNE
DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Polytechnique

Département d'Hydraulique

MEMOIRE DE MASTER EN HYDRAULIQUE

Thème:

Les impacts du barrage sur l'environnement

Sujet proposé par :« ANBT»

Présenté par:

Khemissa Sid-Ali

Dirigé par:

Mr Y. Mouloudi (Chargé de cours **ENP**)

Mr H. Ziani (Ingénieur d'étude **ANBT**)

:

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم آثار السدود على البيئة لإعطاء أهمية المكون البيئي في المستد

الكلمات الرئيسية: السدود، والأثر البيئي، وقياس التعويضي

Résumé :

le but de ce travail est d'évaluer les impacts des barrages sur l'environnement pour donner de l'importance aux composante de l'environnement dans l'avenir dans les construction des barrages

Mot clé : barrages , environnement, impact, mesure compensatoire.

Summary:

The aim of this study was to evaluate the impacts of dams on the environment to give importance to the environmental component in the future in the construction of dams

Keyword: dams, environmental impact, compensatory measure.

Dédicace

Merci Allah « mon dieu » de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire

" Ya Kayoum".

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère Nadira.

A mon père, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger, Hamid.

A mon frère Hamza, et mes sœurs Selma, Farah.

A notre adorable petit Ghani, Pokoyo.

A toute ma grande famille, mes grands-parents, mon oncle Adlane et mes tantes.

A tous mes amis, spécialement Amine, Moh, Mehdi, Halim, Youcef, Kamel, Abd Rahmane, Oussama, .

A tous ceux qui me sont chères.

A tous ceux qui m'aiment.

Je dédie ce travail.

SID-ALI

Remerciements

Louanges à Dieu qui m'a aidé à franchir un pas vers le chemin du savoir. Le prophète [QSSSL] a dit : « *Celui qui ne remercie pas les gens ne remercie pas Dieu* ». Je remercie Dieu tout puissant de m'avoir donné la foi et la force pour achever ce modeste travail.

Je tiens à remercier chaleureusement les membres de juré, Monsieur A.BERMAD, chef de département d'hydraulique, Professeur en hydraulique, pour avoir évalué ce travail et pour l'honneur qu'il me fait en président ce jury et ce malgré les lourdes tâches qu'il doit accomplir.

Je voudrais également adresser mes remerciements les plus sincères À Monsieur S.Benziada, Chargé de cours, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Je voudrais également adresser mes remerciements les plus sincères À Monsieur A. Bilek, Chargé de cours, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Je tiens à exprimer mes reconnaissances et toute mes gratitude à mon promoteur M^r Y. Mouloudi, Chargé de cours,, pour ses conseils précieux, ses orientations et surtout sa patience et sa disponibilité tout au long de ce travail.

Je tiens aussi à exprimer mes reconnaissances et toutes mes gratitude à mon encadreur M^r H. Ziani, Ingénieur au niveau de la direction technique de l'ANBT, pour ses conseils précieux, ses orientations tout au long de mon travail.

Enfin, je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leurs aides et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette année universitaire.

Que Dieu veille sur nous tous et illumine nos chemins

SOMMAIRE

Introduction	01
Chapitre I: Cadre législatif	
Chapitre II: Description des milieu de l'environnement et les impacts du barrage	
1. Introduction.....	09
2. Les composants de l'environnement.....	09
3. Les impacts du barrage sur l'environnement.....	10
3.1. Les impacts positifs.....	10
3.2. Les impacts négatifs.....	11
Chapitre III :Les mesures compensatoires methodologies d'évaluation des impacts	
1. Introduction	12
2. Les mesures compensatoires des impacts.....	12
2.1. Approche opérationnelle"PAE".....	13
2.2. Approche théorique "suivi	14
3. Méthodologie d'évaluation des impacts.....	14
3.1. Approche de la méthodologie.....	15
3.1.1. La valeur environnementale.....	15
3.1.2. Le degré de l'impact.....	16
3.1.3. L'intensité.....	17
3.1.4. La durée.....	17
3.1.5. L'étendue.....	18
3.1.6. L'importance de l'impact.....	18
Chapitre IV : Cas d'études	
Cas d'étude 01 :Barrage des Trois-Gorges "Chine"	
1. Justification de la mise en place du barrage des Trois-Gorges.....	20
1.1. Répartition des ressources en eau en Chine.....	20
1.2. Objectif du barrage.....	21
2. Les principaux impacts du projet.....	23
2.1. Les impacts positifs.....	23
2.2. Les impacts négatifs.....	24
3. Conclusion	26
Cas d'étude 02 : Barrage d'Itaipu	
1. Description du barrage	27

2. Les caractéristiques du barrage.....	28
3. Les principaux impacts du projet et les mesurescompensatoires.....	28
3.1. Les impacts positifs.....	28
3.2. Les impacts négatifs.....	29
3.3. Les mesurescompensatoires.....	30
4. Conclusion.....	31

Casd'étude03:Le Haut Barrage d'Assouan

1. Description du projet.....	32
2. Caractéristique du barrage.....	33
3. Les principaux impacts et mesures compensatoires du projet.....	33
3.1 Les impacts positifs.....	33
3.2 Les impacts négatifs.....	34
3.3 Les mesurescompensatoires.....	36
4. Conclusion	36

Cas d'étude 04 : Barrage de la Grande-Dixence

1. Description du projet.....	37
2. Les caractéristiques du barrage.....	37
3. Les principaux impacts et les mesures compensatoires du projet.....	38
3.1 Les impacts positifs.....	38
3.2 Les impacts négatifs.....	39
3.3 Les mesurescompensatoires.....	39
4. Conclusion	40

Conclusion..	41
--------------------	----

Références..	42
--------------------	----

LISTE DES TABLEAUX

Tableau III.1 : Les composantes du PAE.....	13
Tableau III.2 : Principes et critères du suivi environnemental.....	14
Tableau III.3 : Valeurs environnementales accordées aux différents éléments du milieu.....	16
Tableau III.4 : Grille d'évaluation de l'intensité d'un impact.....	17
Tableau III.5 : Grille d'évaluation de l'indice durée-intensité.....	17
Tableau III.6: Grille d'évaluation de l'importance de l'impact.....	18
Tableau IV.3 : Les impacts positifs du barrage les trois gorges.....	24
Tableau IV.2 : Les impacts négatives du barrage les trois gorges.....	24
Tableau IV.3: Les caractéristiques du barraged'Itaipu.....	28
Tableau IV.4: Les impacts positifs du barrage Itaipu.....	29
Tableau IV.5: Les impacts positifs du barrage Itaipu.....	29
Tableau IV.6: Les impacts positifs de Haut barrage d'Assouan.....	34
Tableau IV.7: Les impacts négatifs de Haut barrage d'Assouan.....	35
Tableau IV.8 : Caractéristique du barrage Grande-Dixence.....	38
Tableau IV.9 : Les impacts positifs du barrage du barrage Grande-Dixence.....	39

LISTE DES FIGURES

Figure II.1 : Les composantes de l'environnement.....	09
Figure III.1 : Étapes conduisant à l'appréciation de l'importance de l'impact.....	15
Figure IV.1: Précipitations moyennes annuelles en Chine.....	21
Figure IV.2: Image satellite du barrage des Trois-Gorges.....	22
Figure IV.3: Carte du bassin-versant du Yangzi.....	22
Figure IV.4: Bassin versant de l'Itaipu.....	27
Figure IV.5: L'ouvrage d'Itaipu.....	28
Figure IV.6: Le Haut barrage d'Assouan	32
Figure IV.7: Le barrage de la Grande-Dixence.....	37
Figure IV.8: Programme environnementale GD.....	40

Introduction

Les barrages ne sont pas un concept nouveau ; on en construit depuis des milliers d'années pour maîtriser les crues et assurer l'approvisionnement en eau destiné à la consommation, à l'irrigation et plus récemment à l'industrie. A partir de 1950, un nombre croissant de barrages ont été construits au fur et à mesure de la croissance démographique et du développement économique. Au moins 45 000 grands barrages ont été construits pour satisfaire les besoins en eau et en énergie. A ce jour, près de la moitié des fleuves dans le monde comptent au moins un grand barrage, les grands barrages produisent 19 % de l'énergie électrique totale et des centrales hydroélectriques produisent plus 50 % de l'électricité consommée dans un tiers des pays du monde. La moitié des barrages qui existent dans le monde ont été construits surtout pour l'irrigation et quelques 30 à 40 % des 271 millions hectares irrigués dans le monde sont alimentés par ces ouvrages.

La construction de barrages a été encouragée non seulement pour satisfaire les besoins hydrauliques et énergétiques mais aussi en tant qu'investissement stratégique à long terme, susceptible d'offrir de nombreux avantages, certains communs aux grands projets de construction d'infrastructures, d'autres propres aux barrages ou spécifiques à un projet donné. Le développement régional, la création d'emplois et le renforcement des capacités d'exportation du secteur industriel sont le plus souvent les objectifs de base avancés pour justifier la construction des barrages. Parmi les autres objectifs on peut citer : l'accroissement des revenus grâce aux recettes d'exportation tirées de la vente directe d'électricité, de cultures de rente ou de produits manufacturés issues des industries à forte consommation d'électricité.

Ces avantages doivent être comparés aux conséquences sociales et écologiques des grands barrages, qui sont devenus de plus en plus visibles au cours des cinquante dernières années. Les cours d'eau ont été fragmentés et transformés, on estime à 40 à 80 millions le nombre de personnes déplacées à cause de la construction de réservoirs. Les investissements énormes nécessaires pour construire de grands barrages et des graves conséquences sociales, écologiques et économiques qu'ils entraînent, ont été une provocation pour ceux qui se sont opposés à leur construction. Les processus de prise de décision étant plus ouverts et transparents dans de nombreux pays, le bien-fondé des grands barrages est de plus en plus souvent remis en question.

Chapitre I
Le Cadre Législatif

En matière d'environnement, l'Algérie s'est dolé d'un cadre réglementaire et législatif assez important et ce depuis 1983.

Loi N°83-03 du 5 Février 1983, relative a la protection de l'environnement [J.O.R.A. N°28 DU 05/07/1983]

Cette loi comprend six titres et 140 articles et a fait l'objet de nombreux décrets d'application :

- TITRE I : Dispositions générales.
- TITRE II : protection de la faune.
- TITRE III : protection des milieux récepteurs.
- TITRE IV : Protection contre les nuisances.
- TITRE V : Etudes d'impact.
- TITRE VI : Constations et recherches des infractions.

Parmi les principes de base généraux édités par cette loi, retenons : " la protection de la nature, la préservation des espèces animales et végétales, le maintien des équilibres biologiques et la conservation des ressources naturelles contre toutes les causes de dégradation qui les menacent sont d'intérêt national. IL est du devoir de chacun de veiller à la sauvegarde du patrimoine naturel ".

Cette loi passe en revue les différents aspects de l'environnement, depuis les risques de pollution chimique, radioactive, etc... En passant par les déchets, le bruit, etc... Toutes les recommandations ou dispositions émises dans cette loi sont susceptibles de concerner les articles suivants :

Les dispositions du chapitre II "Protection de l'eau" du Titre III ont pour objet la lutte des eaux et leur régénération, dans le but de satisfaire et concilier les exigences de l'alimentation en eau potable et de la santé publique... de la conservation et de l'écoulement des eaux. Ces disposition s'applique déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matière de toute nature, et plus généralement, à tout à fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques physiques, biologiques ou bactériologiques, qu'il s'agisse d'eaux superficielles, souterraines ou des eaux du littoral" (**art.36**).

Par ailleurs. On relève **l'article 43** qui stipule :

"Outre les dispositions du code de la santé publique, et en vue d'assurer la protection de la qualité des eaux, l'acte portant déclaration publique des travaux de prélèvements d'eau destinée à l'alimentation des collectivités humaines, détermine autour du point de prélèvement :

- ✓ Un périmètre de protection immédiat dont les terrains sont à acquérir en pleine propriété.
- ✓ un périmètre de protection rapproché, à l'intérieur duquel peuvent être interdits ou réglementés toutes activités et tout dépôt ou installations de nature à nuire directement ou indirectement à la qualité des eaux.
- ✓ un périmètre de protection éloigné à l'intérieur duquel peuvent être réglementés les activités, dépôts ou installation précitées ".

Par ailleurs, certains ouvrages du projet sont susceptibles de générer, de par leur nature et localisation, des nuisances sonores pour la population. **A cet effet on relève l'article 120 :** " lorsque les **émissions de bruit sont susceptibles de constituer une gêne excessive pour la population ou de nuire à sa santé, les personnes visées à l'article 119 doivent mettre** en œuvre toutes les dispositions utiles pour les supprimer".

Loi N°83-17 du 16 Juillet 1983 portant code des eaux, modifiée par l'ordonnance N°96-13 du 15 Juin 1996 [J.O.R.A. N° 37 du 03-06-1997].

Cette loi comprend 158 articles et a pour objet " la mise en œuvre d'une politique nationale de l'eau tendant à assurer une utilisation rationnelle et planifiéeassurer la protection des eauxprévenir les effets de nuisances de l'eau " (**art. 1**)

On relève en particulier **l'article 9 :** " L'approvisionnement des populations en eau potable en quantité suffisante pour des besoins domestiques et à la satisfaction de l'hygiène, est un objectif permanent de l'état et un droit du citoyen ".

Et l'article 12 : " l'usage de l'eau est recommandé par l'ordre de priorité suivant : la satisfaction des besoins de l'alimentation en eau potable de la population et de l'abreuvement du cheptel la satisfaction des besoins de l'agriculture, la satisfaction des besoins de l'industrie".

Concernant l'eau potable, **l'art.52** définit ce qu'elle est, et les articles suivants (**53 à 56**) précisent que des contrôles de la qualité doivent être réalisés selon les prescriptions fixées par voie réglementaire, que des moyens de contrôle en continu être exigés en cas de risque de contamination humaine, on se réfère dans la présente étude aux normes françaises (voir chapitre correspondant).

Dans **les articles 110 et 111**, la loi précise les prescriptions de **l'art.43** de la loi sur la protection sur l'environnement concernant les périmètres de protection. Ainsi les activités pouvant faire l'objet d'interdiction ou de réglementation à l'intérieur des périmètre de protection concernant notamment :

- ✓ l'exécution des puits ou forages.
- ✓ l'exploitation des carrières.
- ✓ l'installation de canalisations des eaux usées de toute nature.
- ✓ l'épandage de fumier, engrais.....
- ✓ les dépôt d'ordures, immondices, Et d'une manière générale tout produit et matière susceptible d'allérer la qualité de l'eau.

Dans **les articles 112 et 114**. la loi confirme ce qu'est déjà prévu par la loi sur la protection de l'environnement. à savoir que les barrages, captages, réservoirs de stockages... doivent faire l'objet d'une protection qualitative, et qu'il institué autour des points de prélèvements des périmètre de protection.

Egalement selon **l'art.116**. "autour des ouvrages de mobilisation et retenues créés **pour l'alimentation en eau potable**, il est institué un périmètre de protection immédiat et un périmètre de protection rapproché où sont interdites, outre toutes les activités citées à l'article 111 ci dessus :

- ✓ la circulation des véhicules automoteurs.
- ✓ l'installation de stations de services de distribution de carburant.
- ✓ toute activité sur les plans d'eau, telles pêches, chasse, navigation, lavage et nettoyage.

✓ toutes autre activité susceptible d'altérer la qualité de l'eau."

Art.117. " Il est institué autour des réservoirs enterrés ou semi enterrés, des stations de traitement ou de pompage d'eau destinées à la consommation humaine un périmètre de protection immédiat "

Art.118. " toute implantation d'activité à l'intérieur des périmètres rapprochés ou éloignés est soumise à l'accord préalable de l'administration ".

Enfin, **on note l'article 113** (modifié par l'ordonnance du 15 juin) qui stipule que : "doivent faire l'objet d'une protection quantitative, les nappes surexploitées ou menacées de l'être, les sections de cours d'eau pour lesquelles il est nécessaire de ménager un débit sanitaire, les alluvions d'oueds menacés de surexploitation ".

En termes d'assainissement, les **articles 85 et 86** précisent que l'épuration des eaux usées domestique est obligatoire. que ce sont au moyen de dispositifs collectifs (zone agglomérée) ou individuels (habitat diffus). La loi indique également que les conditions et normes de réalisation des projets d'assainissement, d'exploitation et d'entretien des installations et de traitement des eaux usées sont fixées par voie réglementaire (**art.91**).

L'ordonnance du 15 juin a ajouté un article bis pour préciser que " les agglomérations de plus de cent mille habitants doivent disposer impérativement de procédés et de systèmes d'épuration des eaux usées. Sont soumises aux mêmes obligations, les localités situées dans les périmètres de protection en amont des ouvrages hydrauliques d'approvisionnement des population en eau potable".

Concernant les rejets industriels. La mise en conformité des installations aux normes de rejets est également stipulée à l'article 102bis rajouté par l'ordonnance du 15 juin à la loi sur l'eau.

Ces articles ne concernent le projet que dans la mesure où les risques de dégradation de la qualité des eaux brutes destinées à la production de l'eau potable seront identifiés. du fait des rejets domestiques ou industriels.

Quelques décrets d'application des lois portant code des eaux et relative à la protection de l'environnement [*J.O.R.A. N° 45 DU 11 Juillet 1993, J.O.R.A. N° 45 DU 35 Juin 1994, J.O.R.A. N° 80 DU 18 décembre 1996, J.O.R.A. N° 83 DU 17 novembre 1997, J.O.R.A. N° 72 DU 3 novembre 2002, J.O.R.A. N° 82 DU 11 décembre 2002*].

Parmi les principaux décrets d'application, on recense. Du plus récent au plus ancien :

Décret exécutif n° 02-426 du 05 Chaoual 1423 correspondant au 7 décembre 2002 portant dissolution de l'agence nationale de l'eau potable et industrielle et de l'assainissement.

Décret exécutif n° 01-102 du 27 Moharrem 1422 correspondant au 21 avril 2001 portant création de l'office national de l'assainissement.

Décret exécutif n° 01-101 du 27 Moharrem 1422 correspondant au 21 avril 2001 portant création de l'algérienne des eaux.

Décret exécutif n°97-475 du 8 Chaàbane 1418 correspondant au 8 décembre 1997 relatif à la concession des ouvrages et des infrastructures de la petite et moyenne hydraulique agricole.

Décret exécutif n°97-253 du 3 rabie El Aouel 1418 correspondant au 8 juillet 1997 relatif à la concession des services publics d'alimentation en eau potable et d'assainissement.

Décret exécutif n°96-472 du 7 Chaàbane 1417 correspondant au 18 décembre 1996 portant création du conseil national de l'eau.

Décret exécutif n°94-172 du 12 Moharrem 1415 correspondant au 2 juin 1994 modifiant et complétant le décret n°85-260 du 29 octobre 1985 portant approbation d'un cahier des charges type relatif à l'octroi des concessions de gestion, d'exploitation et d'entretien des équipements hydrauliques dans les périmètres irrigués.

Décret exécutif n° 93-163 du 10 juillet 1993 portant institution d'un inventaire du degré de pollution des eaux superficielles.

Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels.

Décret exécutif n° 93-161 de 10 juillet 1993 réglementant le déversement des huiles et lubrifiants dans le milieu naturel.

Décret exécutif n°93-68 de 10 mars 1993 relatif aux modalités d'application de la taxe sur les activités polluantes ou dangereuses pour l'enveloppement.

En toute évidence, certains de ces décrets d'application sont précisés ou commentés dans **les chapitres concernant les usages de l'eau**.

Décret exécutif n° 90-78 du 27 février 1990 relatif aux études d'impact sur l'environnement [*J.O.R.A. N° 10 DU 07/03/1990*], défini par :

Art.2. Ce décret indique que " sont soumis à la procédure de l'étude d'impact, tous les travaux aménagements ou ouvrages qui peuvent directement ou indirectement par l'importance de leurs dimensions ou leurs incidences porter atteinte à l'environnement et notamment à la santé publique, à l'agriculture, aux espaces naturels, à la faune et la flore, à la conservation des sites et monuments etc.".

Il stipule que **art.6** "le contenu de l'étude d'impact doit être en relation avec l'importance des travaux, aménagements et ouvrages projetés et avec leurs incidence prévisibles sur l'environnement ".L'étude d'impact doit comprendre successivement :

- ✓ Une analyse de l'état initial du site et de son environnement portant notamment sur les richesses naturelles et les espaces agricoles, forestiers, maritime, hydrauliques ou de loisirs, affectés par les travaux, aménagements ou ouvrages.
- ✓ Une analyse des effets sur environnement et en particulier sur les sites et paysages, la faune, la flore, les milieux naturels et les équilibres biologiques, sur la commodité du voisinage (bruit, vibration, odeurs, fumées, émissions lumineuses..) ou sur l'hygiène et la salubrité publique.
- ✓ La raison pour les quelles le projet présenté, a été retenu.
- ✓ Les mesures envisagées par le maître d'œuvre ou le pétitionnaire pour supprimer, réduire et compenser les conséquences dommageables du projet sur l'environnement, ainsi que l'estimation des dépenses correspondantes.

Il précise par ailleurs, que "toutes personnes physique ou morale intéressée peut prendre connaissance, au siège de toute wilaya territoriale compétente, d'une étude d'impact, dès que le ministre a fait connaître au wilaya sa décision de prise en considération de l'étude " (**art. 8**).

Loi n° 98-04 Du 20 SAFAR 1419 Correspondant au 15 juin 1998 relative a la protection du patrimoine [J.O.R.A. N°43 DU 16 juin 1998].

Article 1: "La présente loi a pour objet de définir le patrimoine culturel de la Nation, d'édicter les règles générales de sa protection, sa sauvegarde et sa mise en valeur, et de fixer les conditions de leur mise en œuvre".

Article 21: "Sont soumis à l'autorisation préalable des services du ministère chargé de la culture, les travaux de conservation, de restauration, de remise en état, d'adjonction, de changement et d'unbanisme à entreprendre sur les sites historiques proposés au classement ou classés dans la zone de protection.

Sont également soumis à l'autorisation des services du ministère chargé de la culture, les travaux ci-après, à entreprendre dans la zone de protection du monument historique, classé ou proposé au classement :

- ✓ Les travaux d'infrastructure tels que l'installation des réseaux électriques et téléphonique aériens ou souterrains, des conduites de gaz, d'eau potable et d'assainissement, ainsi que tous susceptibles de constituer une agression visuelle portant atteinte à l'aspect architectural du monument concerné.
- ✓ L'implantation d'industries ou de grands travaux publics ou privés.
- ✓ Les travaux de déboisement ainsi que le reboisement lorsque ceux-ci sont de nature à affecter l'aspect extérieur du monument concerné.

La loi définit dans son **article 28** la notion de sites archéologique et la notion de classement de ces sites dans son **article 29**.

Décret exécutif N°07-399 du 15 Dhou el Idjar 1428 correspondant au 23 Décembre 2007 relatif aux permettre protection qualitative des ressources en eau. [J.O.R.A N°80 DU 26 décembre 2007].

Chapitre I : de la nomenclature des périmètres de protection qualitative

Art.2. Conformément aux dispositions de l'article 38 de la loi n° 05-12 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 aout 2005 et selon les nécessités de préservation des risques de pollution, la protection qualitative des ressources en eau est assurée par trois paramètres de protection :

- ✓ **le périmètre de protection immédiat** qui a pour but d'empêcher l'introduction directe de substances polluantes dans l'eau, Son étendue est constituée par les terrains d'emprise des ouvrages et installation de mobilisation, de traitement et de stockage d'eau.
- ✓ **le périmètre de protection rapprochée** qui a pour but d'empêcher la dégradation de la qualité de l'eau par migration souterraine ou superficielle de substances dangereuses, toxiques ou indésirables à partir des lieux d'émissions des pollutions. Son étendue est déterminée notamment sur la base du temps de migration entre le lieu d'émission de la pollution et le point de prélèvement de la ressource en eau ; celle-ci correspond pour les eaux souterraines, à la zone d'appel du captage.
- ✓ **le périmètre de protection éloignée** qui a pour but de prolonger le périmètre de protection rapproché pour renforcer la protection contre les risques des pollutions chroniques, diffusés ou accidentelles. Son étendue correspond à la surface comprise entre la limite du périmètre de protection rapproché et la limite du versant pour les eaux superficielles ou du bassin d'alimentation pour les nappes souterraines.

Section 1 : champ d'application

Art.3. Conformément aux dispositions législatives en la matière, font l'objet d'une protection qualitative par l'établissement de périmètres de protection immédiate, rapprochée ou éloignée :

- ✓ Les captages de sources, les forages et les puits de mobilisation des eaux souterraines
- ✓ Les barrages, les retenus collinaires et les prises d'eau de mobilisation des eaux superficielles.

Art.4. La protection qualitative autour des parties vulnérables des nappes souterraines ou des oueds est assurée exclusivement par l'établissement d'un périmètre de protection rapprochée et éloignée.

Art.5. Dès lors que les ouvrages ou installations hydrauliques, tels que les stations de traitement d'eau, les installations de dessalement de l'eau de mer, les stations de déminéralisation d'eau saumâtre et les réservoirs de stockage d'eau, ne sont pas exposés à un risque de dégradation de la qualité de l'eau par migration souterraine ou superficielle de substances polluantes, la protection qualitative autour de ces ouvrages et installations est assurée exclusivement par un périmètre de protection immédiate.

Section 2 : de la procédure d'instauration des périmètres de protection qualitative

Art.8. L'initiative de la création des périmètres de protection qualitative des ressources en eau relève.

a. Pour les parties vulnérables des nappes aquifères et des oueds : de l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH).

b. Pour les ouvrages et installations déjà existants :

Les établissements publics, les personnes morales de droit public ou privé ou toutes personnes physiques qui exploitent des forage, des puits et des captages de sources autres que celles évoquées à l'article 6 en matière de mobilisation d'eaux souterraines.

c. Pour les ouvrages et installations en cours de réalisation ou en projet :

- ✓ Les maîtres d'ouvrages délégués ou toute personne morale de droit ou privé assurant la réalisation de projets d'ouvrages et d'installations de mobilisation de traitement et de stockage d'eaux souterraines ou superficielles.

Art.9. La délimitation des périmètres de protection qualitative est établie sur la base d'une étude technique réalisée par un bureau d'études agréé conformément à la réglementation en vigueur.

Art.10. L'étude technique pour la protection qualitative autour des ouvrages et installations de mobilisation **des eaux souterraines** ainsi que de certaines parties vulnérables de nappes d'eau souterraines comprend :

- ✓ La détermination des caractéristiques géologiques et hydrogéologiques du système aquifère considéré.
- ✓ L'évaluation de la vulnérabilité de la ressource en eau vis-à-vis des risques de pollution, en prenant en compte, notamment, l'aptitude des formations géologique à retenir les matières polluantes, le mode d'écoulement des eaux, la nature géologique et pédologique du bassin hydrogéologique concerné.

- ✓ un rapport sur l'état des lieux portant notamment sur la qualité de la ressource, sur les déversements d'eaux usées existants ou projetées et sur les prélèvements d'eau existants.

Art.11. L'étude technique pour la protection qualitative autour des ouvrages et installations de mobilisation des eaux superficielles ainsi que de certaines parties vulnérables d'oueds comprend :

- ✓ la détermination des caractéristiques hydrologiques du bassin versant alimentant l'ouvrage de mobilisation et l'estimation des vitesses de migration en cas de déversement en période de crue ou de d'étiage.
- ✓ l'évaluation de la vulnérabilité de la ressource vis-à-vis des risques de pollution.
- ✓ un rapport sur l'état des lieux portant notamment sur la qualité de la ressource, sur les déversements d'eaux usées existants ou projetés et sur les prélèvements d'eaux existants ou projetés
- ✓ une proposition des mesures de surveillance ou d'alerte à mettre en œuvre
- ✓ un plan de situation permettant d'apprécier la topographie et de localiser les diverses activités susceptibles de porter atteinte à la qualité de l'eau dans la zone proche de l'ouvrage
- ✓ une proposition de délimitation des périmètres de protection rapprochée et éloignée établie en fonction du temps de propagation de la pollution
- ✓ une proposition d'indication de l'ensemble des activités susceptibles d'être réglementées selon le type de périmètre de protection.

Chapitre II
Description de l'environnement
et des impacts

1. Introduction

Un barrage et sa retenue, comme de nombreuses autres activités humaines, sont partie intégrante de leur environnement, qu'ils influencent et transforment de façon variable un projet de barrage. Souvent considérés comme contradictoires, sans être nécessairement incompatibles, un barrage et l'environnement sont liés par un mécanisme très complexe, ce lien rend difficile la tâche de l'ingénieur de barrage.

2. Les composantes de l'environnement

L'étude sur les composantes de l'environnement sur lesquelles porte l'évaluation environnementale d'un site est synthétisée et décrite dans la figure suivante :

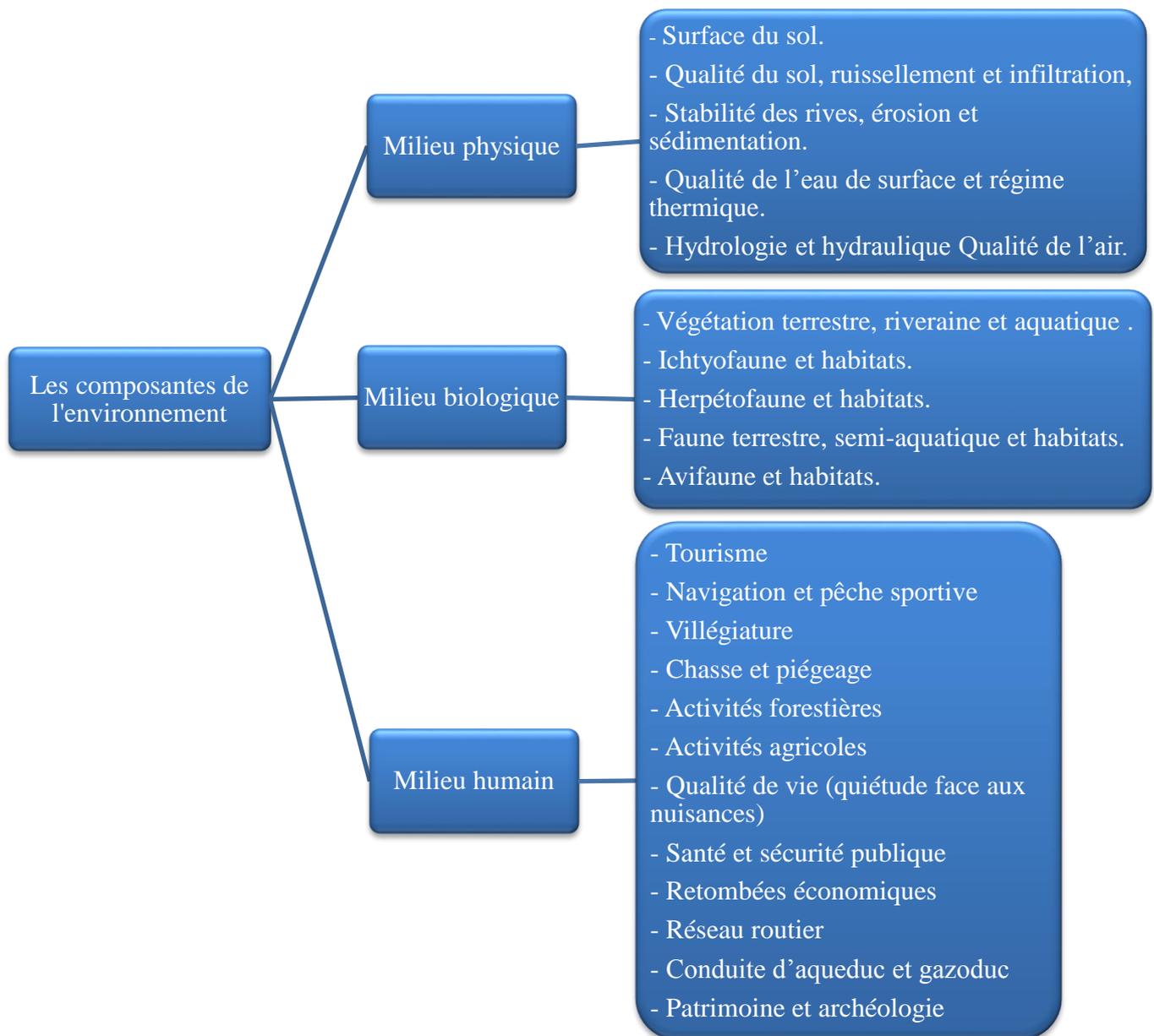


Figure II.1 : Les composantes de l'environnement.

3. Les impacts du barrage sur l'environnement :

Les impacts d'un barrage sur l'environnement doivent être évalués avant la construction de l'ouvrage. Elles représentent un aide de décision pour estimer les solutions qui traitent les effets négatifs. Elles représentent aussi une base d'étude par l'octroi de l'autorisation de la construction du barrage.

3.1 Les impacts positifs

Les précipitations sont irrégulièrement réparties dans le temps et pendant les périodes chaudes et sèches, les besoins en eau sont les plus importants. Par conséquent, la mobilisation des ressources en eau par le stockage pendant les périodes humides pour pouvoir l'utiliser pendant les périodes sèches semble une idée indispensable et logique.

Le stockage de cette eau peut avoir des impacts positifs sur l'environnement, parmi ces impacts nous avons :

- alimentation en eau potable.
- l'irrigation des terres agricole.
- production de l'électricité pour le réseau national.
- protection contre les inondations.
- l'élevage des poissons.
- la navigation et création des espaces de loisirs.
- source d'emploi pour les gens de la région.

Actuellement, l'irrigation représente la plus grande consommatrice d'eau dans le monde. Elle représente environ 40% de la production agricole mondiale [Cosgrove et Rijsberman, 1999, p40].

La production d'électricité pour le réseau national est une raison essentielle pour la construction de grands barrages. Au cours des 22 dernières années, la production mondiale d'électricité a plus que doublé. L'énergie hydraulique fournit 19% de l'approvisionnement total en électricité dans le monde et est utilisée dans plus de 150 pays. Elle été perçue comme une source renouvelable d'énergie propre et faible coût [Agence Internationale de l'Energie, 1998].

Par ailleurs, environ 13% des grands barrages dans le monde ont une fonction de maîtrise de crues. Bien que les barrages fussent historiquement utilisés en grande partie comme moyen de défense contre les inondations, les approches récentes considèrent que la protection contre les inondations est plus que d'ériger une infrastructure de défense contre la montée des eaux. [CIGB, 1998].

3.2 Les impacts négatifs

Bien que les grands barrages aient contribué au développement au cours du 20^{ème} siècle, les services qu'ils fournissent ont quelques impacts négatifs sur l'environnement. Parmi ces impacts, nous pouvons citer :

➤ *impact hydrologique et hydro-sédimentaire*

La construction de barrage engendre la transformation physique des cours d'eau et la diminution des apports à l'aval et le stockage de la sédimentation cause la perte de capacité de stockage, on estime que 0,5 à 1% de la capacité de stockage des barrages, à travers le monde, est perdue annuellement à cause de la sédimentation, [Keller et al, 2000, p6-7].

➤ *impact sur la qualité de l'eau*

Le stockage de l'eau modifie la qualité de l'eau en augmentant son PH, sa température et la pollution des eaux.

➤ *impact sur la population*

La réalisation d'un barrage conduit à d'importance impacts sociaux négatifs tels que le déplacement des familles dans des communautés voisines. En particulier la population se trouvent en aval des barrages et dont l'existence et l'accès à des ressources sont affectés à différents niveaux par la perturbation du cours d'eau et la fragmentation de l'écosystème. Ainsi que l'apparition des maladies à transmission hydrique. La construction des grands barrages a conduit au déplacement de quelques 40 à 80 millions de personnes à travers le monde, nombre d'entre elles n'ont pas été réinstallées ou n'ont pas reçu une indemnité adéquate. [Banque Africaine de Développement, 1999b, p1].

➤ *impact sur les paysagers et les milieux naturels*

Les barrages ont des impacts importants sur les fleuves, les bassins versants et aquatiques. Ils sont définis comme suit [Revue thématique de la CMB II.1 Les Ecosystèmes] :

- ✓ perte de la biodiversité.
- ✓ émission de gaz à effet de serre.
- ✓ abaissement de la qualité de l'environnement
- ✓ perte d'espaces naturels

Nous allons approfondir ces impacts au niveau des quatre cas d'études traité.

Chapitre III
Les mesures compensatoires
et méthodologie d'évaluation
des impacts

1. Introduction

La CIGB "Comité International Des Grands Barrages" a accepté d'adopter dans toutes ses activités des barrages qui touchent à l'environnement naturel et social une harmonie entre le développement nécessaire des ressources en eau et la protection de l'environnement. [*Bulletin 35 (1980) Les barrages et l'environnement*].

L'association entre le développement et la protection est supporté par les considérations relative à l'environnement, définies par :

- ✓ La prise en compte des problèmes liés à l'environnement naturel et social.
- ✓ Mettre en place une équipe environnementale pour recueillir et mettre en œuvre ces connaissances lors d'un projet d'aménagement hydraulique.
- ✓ Les projets seront estimés selon les dernières connaissances techniques et les critères modernes de protection de l'environnement. Les moyens de réduire tous impacts négatifs sur l'environnement seront soigneusement étudiés, évalués et mis en œuvre.
- ✓ Une étude d'impact complète est impérative au niveau de l'étude préliminaire. Pour les pays qui ont un manque de savoir-faire ou de cadre législatif ou administratif ne peuvent réaliser de telles études d'impact, il devrait être assisté par les pays possédant une Législation plus avancée et l'expérience pratique indispensable.
- ✓ Le déplacement des populations doit être traité avec un soin spécial, un sens de l'organisation et une sensibilité politique. Le coût de l'opération sera intégré dans les études comparatives des variantes, mais les fonds correspondants seront gérés à part, afin de garantir que les populations concernées seront correctement indemnisées.
- ✓ L'aménagement hydraulique sur la population locale est parfois d'impact important pendant la réalisation et l'exploitation. Ces aménagements seront étudiés, réalisés et exploités avec l'accord de la population concernée.
- ✓ Un diagnostic complet après la construction devra être exécuté pour déterminer le niveau de satisfaction des objectifs sur le plan de l'environnement. Les résultats de cette étude seront publiés afin d'améliorer nos connaissances dans ce domaine, et pour en tenir compte dans les projets futurs.
- ✓ Dès la mise en service d'un aménagement, on fera une évaluation des impacts relatifs, par comparaison avec la situation de référence établie avant le début des travaux.
- ✓ Il est aussi important de développer l'aspect écologique des barrages en exploitation.

Les résultats de tous ces programmes permettent de mettre en place. Les bases d'une stratégie de collaboration intensifiée avec les acteurs de l'environnement.

2. Les mesures compensatoires des impacts

Les mesures compensatoires des impacts sont fondée sur la méthodologie d'évaluation des actions à mettre en œuvre pour compenser les impacts du barrage sur l'environnement est définies par deux approches complémentaires [*OECD Environmental Indicators – development, measurement and use "novembre 2003"*] :

- ✓ Approche théorique sur le "suivi environnemental", est basée sur ses propres critères et principes.
- ✓ Approche opérationnelle du PAE "Plan d'Action Environnementale" qui contient des actions concrètes à mettre en œuvre.

2.1 Approche opérationnelle "PAE"

Le PAE est composé de six (06) volets relatifs aux différents domaines impliqués dans l'étude des impacts. Chaque volet est projeté en missions spécifique.

Le tableau suivant représente les vingt (20) missions affectées aux six (06) volets considérés.

Tableau III.1 : Les composantes du PAE

Volet	Mission
Protection, valorisation et sauvegarde des ressources naturelles et du patrimoine	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Protection et connaissance des milieux naturels ✓ Valorisation et protection de la ressource forestière ✓ Sauvegarde du patrimoine culturel et archéologique
Equipements et Protection sanitaire et sociale	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Plan Eau potable et Assainissement ✓ Plan Santé et Education ✓ Rétablissement des Transports et des Déplacements ✓ Construction d'infrastructures rurales et urbaines
Encadrement des populations	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Indemnisations des populations. ✓ Recasement des populations affectées. ✓ Plan de recrutement sur les chantiers. ✓ Plan de communication et de sensibilisation de la population.
Maintien et développement des activités Economiques	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Plan Mines et exploitation aurifère. ✓ Plan Agriculture et élevage. ✓ Plan Pêche.
Gestion des risques et maîtrise de la pollution	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Maîtrise de la pollution des eaux dans, autour et en aval de la retenue. ✓ Risques de rupture du barrage. ✓ Risques liés au pipeline. ✓ Risques sur les chantiers.
Surveillance et contrôle	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Développement économique et bonne gouvernance. ✓ Suivi de la prise en compte de l'environnement.

2.2 Approche théorique "suivi environnemental"

Le suivi environnemental se base sur trois principes de base. Ces derniers se décomposent en quinze critères, comme décrites dans le tableau suivant :

Tableau III.2 : Principes et critères du suivi environnemental.

Principe	Critère
Assurer le maintien ou l'amélioration	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Valoriser sur le plan économique les ressources créées. ✓ Valoriser les ressources submergées (forêt et or, après mise en eau). ✓ Désenclaver la zone (voies de communications, échanges commerciaux, urbanisation). ✓ Aider la reconversion des familles directement touchées des conditions de vie des populations locales. ✓ Maîtriser de l'afflux de population (aspects démographiques). ✓ Maintenir ou améliorer les conditions sanitaires.
Préserver les ressources naturelles et les habitats	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Préserver le milieu physique. ✓ Préserver la biodiversité et la fonctionnalité des écosystèmes. ✓ Compléter l'état des connaissances y compris dans le domaine de la recherche. ✓ Contrôler le respect de la réglementation environnementale. ✓ Mieux impliquer la population dans la protection de son environnement.
Prendre en compte et intégrer les enjeux sociétaux	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sauvegarder le patrimoine culturel. ✓ Rester à l'écoute des populations locales. ✓ Maintenir des conditions de sécurité satisfaisantes. ✓ Coordonner les actions avec les différents acteurs impliqués.

3. Méthodologie d'évaluation des impacts

L'identification des impacts du barrage sur environnement est basée sur l'analyse des relations conflictuelles probables entre le milieu récepteur et la nature des travaux à réaliser annuellement.

Cette analyse permet de mettre en relation les sources d'impact associées aux phases de construction et d'opération du barrage avec les différentes composantes du milieu susceptibles d'être affectées. Cette méthodologie est utilisée par l'organisation "Hydro-Québec" [*Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et l'Agence Canadienne d'Évaluation Environnementale (ACÉE, 2005)*].

3.1 Approche de la méthodologie

Les principales étapes conduisant à l'appréciation de l'importance de l'impact sont présentées à la Figure III.1 et définie comme suit :

- ✓ **Étape 1** : décerner une valeur environnementale à l'élément affecté.
- ✓ **Étape 2** : consiste à évaluer l'intensité de l'impact à partir du degré de l'impact et de la valeur environnementale.
- ✓ **Étape 3** : permet ensuite de déterminer un indice durée (momentanée, temporaire et permanente) – intensité (Faible, Moyen, Fort) à partir de la durée et de l'intensité de l'impact.
- ✓ **Étape 4** : obtient l'appréciation globale de l'importance de l'impact (Positif, Négative, Faible, Moyen, Fort).

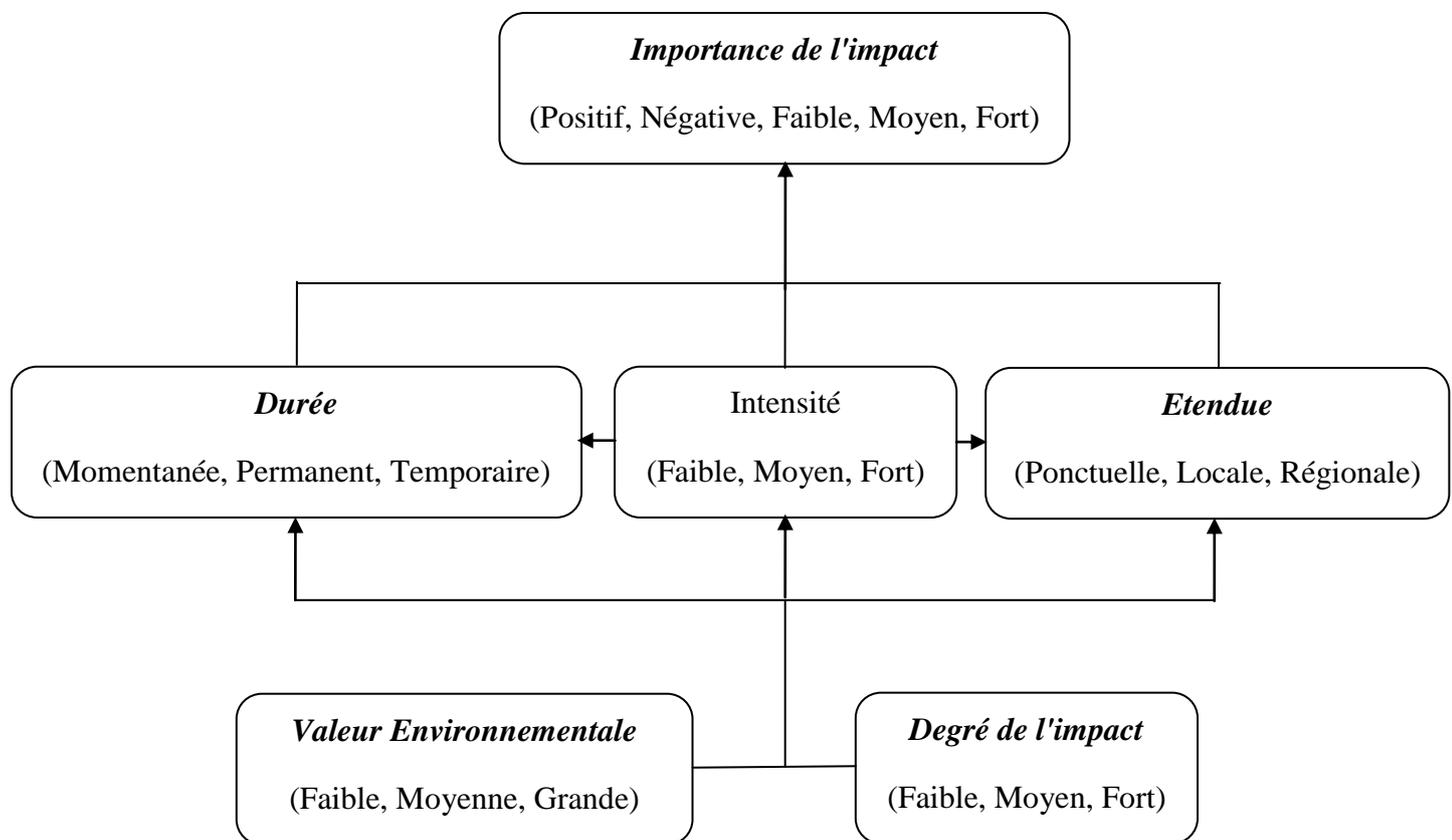


Figure III.1 : Étapes conduisant à l'appréciation de l'importance de l'impact.

3.1.1 La valeur environnementale

La valeur environnementale exprime l'importance relative d'une composante dans son environnement. La détermination de cette valeur est basée d'une part sur le jugement des spécialistes qui doivent, à partir de leur expertise dans leur domaine respectif, évaluer la valeur essentiel définie par l'intérêt et la qualité de la composante, et d'autre part, sur la valeur sociale

démontrée par les intérêts populaires, légaux et politiques visant la protection et la mise en valeur de l'environnement.

L'estimation de la valeur environnementale est présentée selon trois classes "grande, moyenne et faible". Le tableau III.3 présente les valeurs environnementales accordées aux différents éléments du milieu.

Tableau III.3 : Valeurs environnementales accordées aux différents éléments du milieu.

Composantes du milieu	Valeur
Milieu physique	
Surface du sol	Faible
Qualité du sol, ruissellement et infiltration	Moyenne
Stabilité des rives, érosion et sédimentation	Moyenne
Qualité de l'eau de surface et régime thermique	Grande
Hydrologie et hydraulique Moyenne Qualité de l'air	Moyenne
Milieu biologique	
Végétation terrestre, riveraine et aquatique	Moyenne
Ichtyo-faune et habitats "poisson"	Grande
Faune terrestre, semi-aquatique et habitats	Moyenne
Avifaune et habitats "oiseaux"	Moyenne
Milieu humain	
Tourisme	Grande
Navigation et pêche sportive	Moyenne
Villégiature	Grande
Chasse et piégeage	Moyenne
Activités forestières	Faible
Activités agricoles	Grande
Qualité de vie (quiétude face aux nuisances)	Grande
Santé et sécurité publique	Grande
Retombées économiques	Grande
Réseau routier	Moyenne
Conduite d'aqueduc et gazoduc	Moyenne
Patrimoine et archéologie	Grande

3.1.2 Le degré de l'impact

L'impact du barrage peut être positif ou négatif sur l'environnement, ces derniers sont répartis selon trois degrés.

Le degré d'impact négatifs est défini comme suit :

- ✓ **Fort:** lorsque l'intervention entraîne la perte ou la modification de l'ensemble ou des principales caractéristiques propres à l'élément affecté de sorte qu'il risque de perdre son identité.
- ✓ **Moyen:** lorsque l'intervention entraîne la perte ou la modification de certaines caractéristiques propres à l'élément affecté pouvant ainsi réduire ses qualités sans compromettre son identité.

- ✓ **Faible:** lorsque l'intervention ne modifie pas significativement les caractéristiques propres à l'élément affecté de sorte qu'il conservera son identité sans voir ses qualités trop détériorées.

Par contre, le degré d'impact positif est défini par :

- ✓ **Fort:** lorsque l'intervention sur le milieu améliore considérablement les conditions par la qualité de vie, les habitudes et la productivité des communautés résidentes.
- ✓ **Moyen:** lorsque l'intervention sur le milieu améliore les conditions de vie des communautés résidentes ou utilisatrices sans pour autant modifier significativement leurs habitudes ou leur productivité.
- ✓ **Faible:** lorsque l'intervention sur le milieu ou le projet dans son ensemble améliore légèrement les conditions de vie des communautés résidentes ou utilisatrices.

3.1.3 L'intensité

L'intensité de l'impact est déterminée à l'aide de la matrice présentée au tableau III.4, qui intègre la valeur environnementale et le degré de l'impact.

Tableau III.4 : Grille d'évaluation de l'intensité d'un impact.

Degré de l'impact	Valeur environnementale		
	Grande	Moyenne	Faible
Fort	Forte	Moyenne	Faible
Moyen	Forte	Moyenne	Faible
Faible	Moyenne	Faible	Faible

3.1.4 La durée

La durée précise la dimension temporelle de l'impact. Elle est estimée selon la période de temps durant laquelle les conséquences d'une intervention seront ressenties par l'élément affecté. Les termes utilisés pour qualifier cette période de temps sont définie comme suit :

- ✓ **Momentanée :** l'impact disparaît promptement.
- ✓ **Temporaire :** l'impact est ressenti durant une activité ou au plus lors de la réalisation de l'ouvrage.
- ✓ **Permanente:** l'impact est ressenti sur une longue durée de façon permanente et irréversible.

Par la suite, l'indice « durée – intensité » est déterminé par l'application de la grille présentée au Tableau III.5. Cet indice est ensuite confronté à l'étendue de l'impact.

Tableau III.5 : Grille d'évaluation de l'indice durée-intensité.

Durée	Intensité		
	Forte	Moyenne	Faible
Permanente	Fort	Moyen	Faible
Temporaire	Fort	Moyen	Faible
Momentanée	Moyen	Faible	Faible

3.1.5 L'étendue

L'étendue désigne la dimension spatiale de l'impact. Les termes retenus pour définir l'étendue sont :

- ✓ **Ponctuelle** : lorsque l'impact n'affecte qu'un élément environnemental situé à proximité du barrage.
- ✓ **Locale** : lorsque l'impact affecte un ou plusieurs éléments environnementaux situés à une certaine distance du barrage.
- ✓ **Régionale** : lorsque l'impact a des répercussions sur un ou plusieurs éléments environnementaux situés à une distance importante du barrage.

3.1.6 L'importance de l'impact

L'importance relative accordée à un impact résulte donc de l'interaction des trois paramètres décrits ci-dessus "intensité, étendue et durée".

La grille d'évaluation présentée au Tableau III.6 permet finalement d'estimer l'importance de l'impact "forte, moyenne ou faible".

Tableau III.6: Grille d'évaluation de l'importance de l'impact.

Etendue	Indice : durée-intensité		
	Fort	Moyen	Faible
Régionale	Forte	Forte	Moyenne
Locale	Forte	Moyenne	Faible
Ponctuelle	Moyenne	Faible	Faible

Chapitre IV

Cas d'études

Pour expliciter l'utilité et l'apport de l'étude des impacts d'un barrage, nous avons considéré trois cas d'études réels de construction de barrages à travers le monde.

Cas d'étude 01 : Barrage des Trois Gorges

Le projet du barrage des Trois-Gorges est évoqué depuis 1919 par le gouvernement chinois. Pourtant, la construction n'a débuté qu'en 1993. En effet, lors de la décision pour sa construction, le projet était encore très impopulaire, et n'a pas reçu la totalité des voix favorables, situation assez rare dans ce pays.

1. Justification de la mise en place du barrage des Trois-Gorges

Dans cette partie nous allons présenter les principales causes de la mise en place du barrage et son influence sur le développement du pays [Zongxia, C. (2004). *Les ressources en eau et leur gestion en Chine Géocarrefour*, 79 (1), 35-40].

1.1 Répartition des ressources en eau en Chine

La Chine est un immense pays d'une surface de 9,6 millions de km², et qui abrite 1,305 milliard d'habitants, mais son territoire est relativement peu pourvu en eau douce. Si sa population représente 21% de la population mondiale, le pays ne dispose que de 7% des ressources en eau douce de la planète.

Les données globales laissent tout de même prédire une eau abondante sur l'étendue du territoire. En effet, les cours d'eau y sont très nombreux, le débit total des fleuves traversant la Chine s'élève à 2700 km³, soit 5,8% du débit fluvial mondial.

Le Yangzi est le premier fleuve d'Asie et le troisième fleuve du monde. En Chine, les précipitations, qui proviennent principalement de la mousson de l'océan Pacifique, diminuent progressivement du littoral vers l'intérieur du pays et du Sud vers le Nord. Pour les précipitations moyennes annuelles, la Chine se divise en quatre zones climatiques : zone humide (32,4%), semi-humide (14,7%), semi-aride (21,9%) et aride (31%). Les régions arides et semi-arides représentent donc 52,9% de la superficie de la Chine, au lieu de 47,1% pour les régions humides et semi-humides. D'où, on constate également que le sud de la Chine connait des inondations, tandis que le Nord était frappé par la sécheresse.

Ces fortes variations placent la Chine en situation de vulnérabilité hydrique et à la limite du seuil de stress hydrique (1 700 m³/hab/an). Dans certaines provinces du Nord, les habitants disposent de moins de 500 m³/hab/an, ce qui les place bien en-dessous du stress hydrique et au même niveau que des pays comme l'Algérie (478 m³/hab/an). Par ailleurs la Chine est confrontée à la disparité hydrologique entre le sud et le nord (Arezki, 2012) (Voir figure IV.1). En effet, la Chine du Nord possède 42,41% de la population chinoise, mais ne dispose que de 19,84% de ses ressources en eau, soit 1 127 m³/hab/an. Par contre, la Chine du Sud héberge 57,59% de la population, tandis qu'elle concentre 80,16% des ressources en eau, soit 3 352,5 m³/hab/an, trois fois plus que la Chine du Nord.

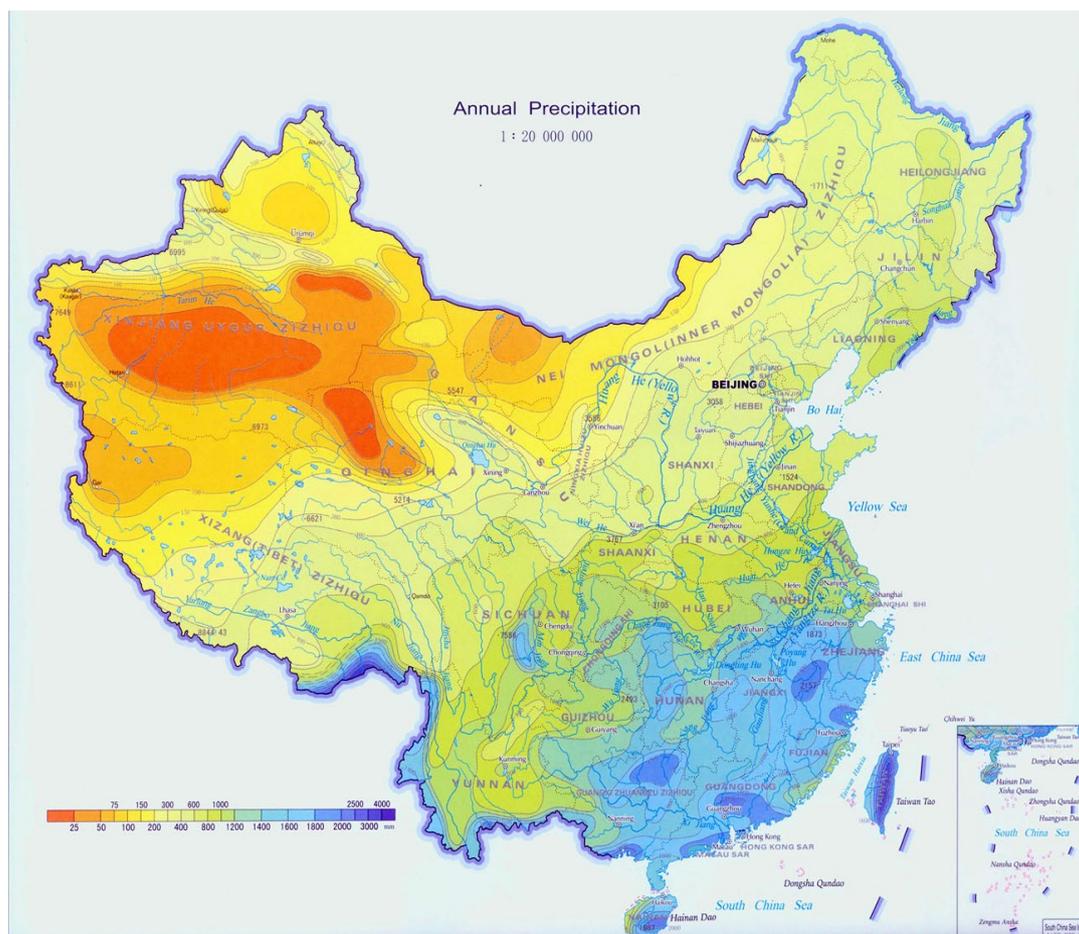


Figure IV.1 : Précipitations moyennes annuelles en Chine - Les précipitations témoignent de profondes disparités hydrologiques entre le sud et le nord du pays.

Une autre problématique auquel la Chine est confrontée, C'est l'augmentation des températures moyennes annuelles, ce qui accroît le stress hydrique par augmentation de l'évapotranspiration.

La répartition très inégale des ressources en eau constitue un obstacle majeur au développement durable du pays. Les apports en eau restent insuffisants en Chine du Nord, alors que les grandes villes comme Pékin connaissent des besoins croissants. Pour résoudre ces problèmes de l'inégalité croissante de la ressource en eau en Chine, le gouvernement a fait installer un système de canaux afin d'exporter une partie des eaux du Yangzi vers les provinces du Nord de la Chine. Le barrage des Trois-Gorges permet d'alimenter le troisième canal qui approvisionnera la plaine de la Chine du Nord, avec un apport 40 km³/an.

1.2 Description du barrage

Ce barrage est alimenté par le troisième fleuve du monde par sa longueur qui atteint 6 300 km, le Yangzi prend sa source à plus de 5 400 m d'altitude, sur le plateau du Tibet, il descend ensuite vers l'Océan Pacifique en traversant la Chine d'ouest en est avec un débit moyen de 30 000 m³/s et un débit annuel de 980 milliards de m³ à son embouchure.

Le bassin versant du Yangzi réunit plus de 3 600 affluents et s'étend sur 1,8 million de km², il représente près du cinquième du territoire chinois et concentre un tiers de la population chinoise et plus de 40% de la production agricole.

La maîtrise du Yangzi est l'un des objectifs majeur du pays et répond aux besoins d'alimentation en eau d'une partie du pays. La construction du barrage permet de protéger les populations et les terres des nombreuses crues que connaît la région du fleuve. En 1954, 30 000 personnes sont mortes, 19 millions de personnes étaient sans-abris et 3,2 millions d'hectares de terres cultivables ont été inondées.

Un autre objectif du barrage est de répondre aux besoins croissants du développement économique, en augmentant la production nationale d'électricité avec une capacité de 18 200 "Méga Watt" et une production annuelle moyenne de 84,7 TWh "TéraWatt-heure". Le barrage des Trois Gorges est appelé à fournir une grande partie de leur électricité aux provinces de Chine centrale et du littoral. Sa production électrique devrait même remplacer la combustion annuelle équivalente de 50 millions de tonnes de charbon dans les centrales thermiques.

Le dernier objectif du barrage est d'améliorer la navigabilité d'un axe primordial pour la Chine, qui relie Chongqing à Shanghai, et aux voies maritimes internationales. Le Yangzi et ses affluents, avec plus de 7000 km de voies navigables, représentent 80% du potentiel navigable intérieur chinois (voir figure IV.2 et IV-3).



Figure IV.2 : Image satellite du barrage des Trois-Gorges.



Figure IV.3 : Carte du bassin-versant du Yangzi

La croissance économique du pays réclamait une augmentation de la production électrique et une meilleure navigabilité du plus grand fleuve chinois, c'est ce qui a motivé la construction du barrage. Il s'inscrit de plus dans une démarche à grande échelle, qui a pour but d'exporter de grandes quantités d'eau du sud vers le nord de la Chine, par des canaux reliant le Yangzi au Fleuve Jaune et à Pékin.

2. Les principaux impacts du projet

La protection de l'environnement prend une place de plus en plus importante dans nos sociétés. Longtemps négligées, les considérations environnementales couvrent aujourd'hui une très grande importance lors de la réalisation de tout projet pouvant avoir des impacts positifs et négatifs sur les écosystèmes aquatiques et terrestres. Les impacts environnementaux du barrage des Trois Gorges seront présentés et discutés dans ce qui suit.

2.1 Les impacts positifs

Les principaux objectifs justifient la construction du barrage des Trois Gorges. Premièrement, la régularisation des crues dévastatrices du fleuve Yangzi, l'augmentation de la charge des navires afin d'améliorer le transport maritime, l'alimentation en eau des grandes villes chinoises et la production d'électricité grâce au formidable potentiel hydraulique du Yangzi.

Le barrage au Trois Gorges a permis d'irriguer des zones arides et a amélioré l'environnement écologique. Grâce au projet, le reboisement des terres de Yichang a pu être possible à nouveau.

Cependant, même si un bon nombre des terres cultivables seront inondés, les villes établies sur le bord du fleuve ne risqueront plus de faire face à la violence du fleuve. Grâce au barrage, les agriculteurs ne risqueront plus de voir leurs récoltes anéanties par les crues.

Même s'il a fallu pratiquer la déforestation le long du fleuve Yangzi, les experts prévoient que la vie écologique reprendra son cours habituelle et même sera améliorée. Il n'y aura plus d'inondation donc moins de pertes de vies humaines et moins de dommages matériels. De plus, grâce à la production d'hydroélectricité, il n'y aura moins de gaz à effet de serre généré en Chine.

Du point de vue social, il y a aura une baisse considérable des pertes de vies reliés aux inondations ce qui est extrêmement encourageant. Pour ce qui est des populations déplacées, certains auront la chance d'être logés dans de nouvelles habitations.

Enfin, le secteur de l'économie est celui où il y a le plus d'impacts positifs tel qu'un nombre important d'infrastructures destinées à l'industrie du tourisme seront construites, de nombreux emplois directs ou indirects seront créés et la navigation fluviale sera améliorée, ce qui permettra un plus grand échange commercial. La production d'électricité par la centrale des trois Gorges produira une quantité d'énergie, ce qui alimentera de nombreuses villes en électricité. Les régions qui étaient sous la menace de graves inondations, pourront ainsi se développer. De plus, grâce au barrage des Trois Gorges, d'autres projets pourront être à considérer comme celui de la construction de canaux pour l'adduction de l'eau du sud de la Chine vers le nord.

Tableau IV.1 : Les impacts positifs du barrage les trois gorges

Impacts potentiels du projet	Importance de l'impact (Valeur environnementales, Degrés de l'impact, Intensité, Durée, Etendue)
✓ L'alimentation en eau des grandes villes chinoises	Forte (Grande, Positif Fort, Forte, Permanent, Régionale)
✓ La navigation	Forte (Moyenne, Positif Moyen, Moyenne, Permanent, Régionale)
✓ La production d'électricité grâce au formidable potentiel hydraulique du Yangzi	Forte (Grande, Positif Fort, Forte, Permanent, Régionale)
✓ Le barrage au Trois Gorges a déjà permis d'irriguer des zones arides et a amélioré l'environnement écologique	Forte (Grande, Positif Fort, Forte, Permanent, Régionale)
✓ Un nombre important d'infrastructures destinées à l'industrie du touriste seront construites	Forte (Grande, Positif Fort, Forte, Permanent, Locale)
✓ nombreux emplois directs ou indirects seront créés et la navigation fluviale sera améliorée	Forte (Grande, Positif Fort, Forte, Permanent, Régionale)
✓ La régularisation des crues dévastatrices du fleuve Yangzi	Forte (Grande, Positif Fort, Forte, Permanent, Locale)

2.2 Les impacts négatifs

Les impacts négatifs du projet sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.2 : Les impacts négatifs du barrage les trois gorges

Impacts potentiels du projet	Importance de l'impact (Valeur environnementales, degrés de l'impact, intensité, Durée, Etendue)
Impact sur le paysage	
✓ En amont, on estime que 600 km ² de forêts et de terrains agricoles ont été inondés par les eaux du fleuve. ✓ En aval, on constate une diminution conséquente du niveau des eaux.	Forte (Grande, Négatif Fort, Forte, Permanent, Locale)
Impact hydrologique et l'écosystème	
✓ L'assèchement en aval du fleuve entraîne celui des lacs et appauvrit la biodiversité. Ce phénomène menace surtout les oiseaux migrateurs.	Forte (Moyenne, Négatif Moyen, Moyenne, Permanent, Régionale)
✓ Menace des milliers d'espèces animales "Le barrage des Trois-Gorges a contribué à l'extinction des dauphins de Chine"	Moyenne (Moyenne, Négatif Fort, Moyenne, Permanent, Locale)

<p>✓ La modification de la géomorphologie des environs du réservoir cause des glissements de terrain favorisés par les fluctuations du niveau d'eau.</p> <p>✓ Une douzaine de glissements de terrains importants ont eu lieu au cours de l'année 2009.</p>	<p>Moyenne (Moyenne, Négatif Moyen, Moyenne, Permanent, Locale)</p>
<p>✓ La géochimie du fleuve se trouve perturbée à cause de la modification des débits et par conséquent l'ensemble de son écologie.</p>	<p>Forte (Grande, Négatif Fort, Forte, Permanent, Locale)</p>
<p>✓ Le Yangzi, qui prend sa source dans l'Himalaya, véhicule des sédiments et des nutriments en grande quantité.</p>	<p>Moyenne (Moyenne, Négatif Moyenne, Moyenne, Permanent, Locale)</p>
Séisme et sécheresse	
<p>✓ En aval, la diminution du niveau de l'eau provoque de nombreuses sécheresses. Une autre conséquence est la remontée de nappes salées dans le fleuve.</p>	<p>Forte (Grande, Négatif Fort, Forte, Permanent, Locale)</p>
<p>✓ La charge sédimentaire, ajoutée au poids du barrage et de l'eau stockée aggrave le risque sismique présent dans la région</p>	<p>Forte (Grande, Négatif Fort, Forte, Permanent, Régionale)</p>
impacts sur les populations	
<p>✓ les problèmes liés à la gestion des déchets sont spécifiques à la région et à son niveau de développement.</p> <p>✓ un tel barrage dans un pays développé n'aurait pas les mêmes conséquences, à cause de normes environnementales et sanitaires plus sévères.</p>	<p>Forte (Grande, Négatif Fort, Forte, Permanent, Locale)</p>
<p>✓ la destruction d'environ un millier de villages et villes.</p>	<p>Forte (Grande, Négatif Fort, Forte, Permanent, Locale)</p>
<p>✓ Les sécheresses ont des conséquences terribles pour les cultures. En aval du barrage des Trois-Gorges, plus de 300.000 personnes voient leur approvisionnement en eau potable menacé.</p>	<p>Forte (Grande, Négatif Fort, Forte, Permanent, Locale)</p>
<p>✓ La mise en service du barrage a provoqué le déplacement de plus de 1,5 million d'habitants.</p>	<p>Forte (Grande, Négatif Fort, Forte, Permanent, Locale)</p>
<p>✓ les terres cultivables inondées sont autant de pertes en productivité pour les agriculteurs.</p>	<p>Forte (Grande, Négatif Fort, Forte, Permanent, Locale)</p>

Impact sur la qualité de l'eau	
<p>✓ La retenue des eaux en amont du barrage entraîne une augmentation locale de la concentration en nitrates qui provoque la prolifération de cyanobactéries.</p> <p>✓ Le réservoir a par ailleurs été construit sur un sol très pollué, il y avait en effet sur le territoire 178 décharges d'ordures, 300 000 mètres carrés de toilettes publiques, plus de 41 000 tombes et 1 500 abattoirs.</p>	<p>Forte (Grande, Négatif Moyen, Forte, Permanent, Locale)</p>

3. Conclusion

Le projet du barrage des Trois-Gorges était un projet colossal, que la Chine a su concrétiser en surmontant des contraintes techniques démesurées. Ce barrage répond aux besoins d'une population très importante et d'une économie en pleine croissance. Toutefois, le démenti des enjeux de certaines parties-prenantes que ça peut poser problème à l'avenir, non seulement en terme de risque, mais également en termes de coûts sociaux, environnementaux et financiers. L'étape manquante dans le processus est celle qui fait le lien entre ces quatre aspects. Pour autant, la situation n'est pas totalement irréversible. La Chine peut faire au présent et dans le futur de nombreux progrès pour réduire les conséquences relatifs à certains impacts négatifs sur environnement. La correction des défauts du projet générera un coût plus important que si une analyse initiale intégrée et complète aurait été menée en amont du projet.

Cas d'étude 02 : Barrage d'Itaipu

Le barrage d'Itaipu sert principalement à la centrale hydroélectrique d'Itaipu ; il est situé sur le rio Paraná, à la frontière entre le Brésil et le Paraguay, construit par la construction des deux pays entre 1975 et 1982. La centrale est aujourd'hui classée deuxième au monde en puissance installée et reste la première en quantité cumulée d'énergie produite.

Le lac de retenue du barrage a une superficie de 1 350 km², allant de Foz de Iguaçu au Brésil à Ciudad del Este au Paraguay, jusqu'à Guaíra et Salto del Guairá 150 km au nord.

Le premier turbo-alternateur est mis en service en mai 1984 et le dix-huitième, le 9 avril 1991. Deux nouveaux groupes ont été mis en service en 2006 portant la puissance totale installée à 14 000 MW. Les vingt groupes de 700 MW sous une hauteur de chute nominale de 118 m, produisent annuellement plus de 90 térawatts-heures (TWh). 90% de la production de la centrale est consommée au Brésil. En 2008, la centrale a établi un record de production de 94,68 TWh, subvenant alors à 90 % de la demande d'électricité paraguayenne et à 19 % de la consommation brésilienne.

Actuellement, la centrale hydroélectrique d'Itaipu détient le record mondial de production cumulée d'électricité et ce, grâce à son ancienneté et aux conditions hydrauliques optimales du site.

1. Description du barrage

La construction de l'aménagement hydroélectrique est le résultat de longues négociations entre les deux pays durant les années soixante. L'*Ata do Iguaçu* (accord d'Iguaçu) a été signé par les ministres des affaires étrangères des deux pays, Juracy Magalhães et Sapena Pastor, le 22 juillet 1966. Cet accord était une déclaration jointe d'un intérêt commun pour étudier l'exploitation des ressources hydriques partagées par les deux pays tel que le fleuve de Paraná et des chutes de la cascade des Sept Chutes à l'embouchure du rio Iguaçu. Le projet fut ratifié en 1973 (Figure IV.4).

Les termes du traité, qui expire en 2023, sont l'objet d'un mécontentement général au Paraguay. Le gouvernement du président Fernando Lugo promet de renégocier les termes du contrat avec le Brésil, qui resta longtemps hostile aux négociations².

En 2009, le Brésil accepta un paiement de l'électricité au Paraguay plus équitable, autorisant le Paraguay à vendre directement l'énergie aux sociétés brésiliennes, au lieu de passer par la société brésilienne ayant le monopole [La centrale hydroélectrique d'Itaipu binationale]

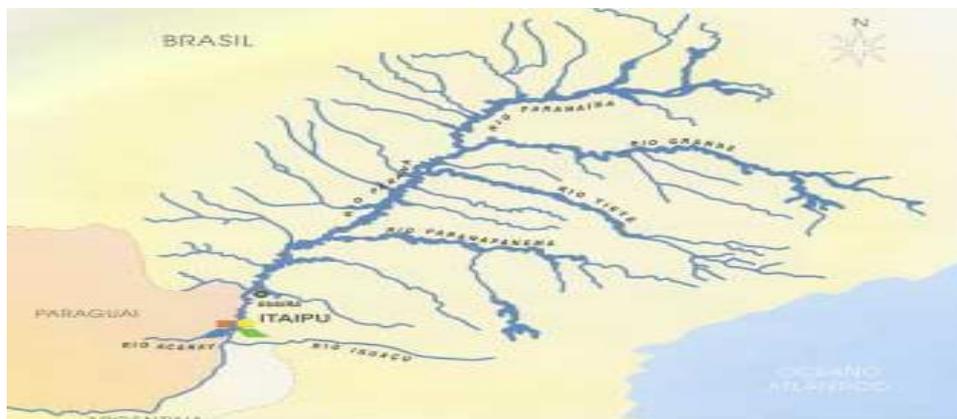


Figure IV.4 : Bassin versant de l'Itaipu

2. Les caractéristiques du barrage

Le barrage d'Itaipu est partagé entre deux pays le Brésil et le Paraguay. Ces derniers sont reliés par le grand fleuve du Paraná avec 7 919 m de longueur. La centrale électrique de ce barrage dispose d'une vingtaine de turbines de type Francis avec une puissance installée de 14 000 Méga Watts, Cette centrale électrique produit 96 400 gwh/an. L'ouvrage du barrage d'Itaipu est donné par figure IV.5.

Le tableau suivant représente Les caractéristiques du barrage et de sa centrale électrique.

Tableau IV.3 : Les caractéristiques du barrage d'Itaipu

Pays	 Brésil et  Paraguay
Talweg	Paraná
Longueur du fleuve	7 919 m
Volume du réservoir	29 000 millions de m ³
Surface du réservoir	135 000 ha
Centrale électrique	
Hauteur de chute	118 m
Nombre de turbines	20
Type de turbines	Francis
Puissance installée	14 000 mw
Production annuelle	96 400 gwh/an

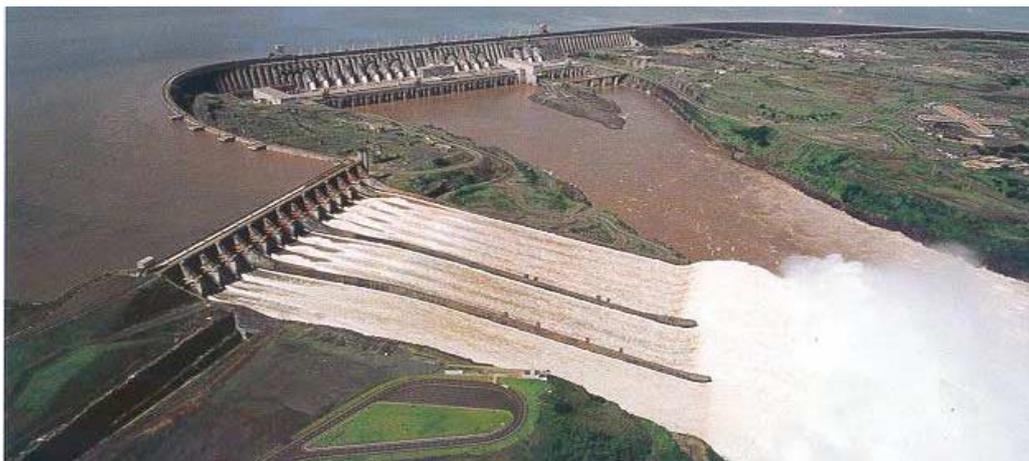


Figure IV.5 : L'ouvrage d'Itaipu

3. Les principaux impacts du projet et les mesures compensatoires

La description de ce projet nous a permis de recenser les plus importants des impacts sur l'environnement relatif à cet aménagement et les mesures compensatoires associées. La description de ces impacts positifs et négatifs et des mesures compensatoires sont données comme suit :

3.1 Les impacts positifs

L'objectif principal du barrage Itaipu est l'amélioration du développement des deux pays concernés par l'augmentation de la production de l'électricité et la protection contre les crues, il offre la navigation et des opportunités d'emploi. L'évaluation des impacts positifs du projet est donnée dans le tableau suivant :

Tableau IV.4 : Les impacts positifs du barrage Itaipu

Impacts potentiels du projet	Importance de l'impact (Valeur environnementale, degré de l'impact, Intensité, Durée, Etendue)
✓ Emploi plus de 40 000 ouvriers	Forte (Grande, Positif Fort, Forte, Temporaire, Régionale)
✓ La navigation	Moyenne (Moyenne, Positif Moyen, Moyenne, Permanent, Locale)
✓ La production d'électricité pour le Brésil et Paraguay	Forte (Grande, Positif Fort, Forte, Permanent, Régionale)
✓ La régularisation des crues dévastatrices du fleuve Paraná	Forte (Grande, Positif Fort, Forte, Permanent, Régionale)
✓ Amélioration de développement du Brésil et le Paraguay	Forte (Grande, Positif Fort, Forte, Permanent, Régionale)

3.2 Les impacts négatifs

Malgré son utilité et son apport positif, il y'a plusieurs facteurs induisant à la constatation d'impacts négatifs relatifs à la mise en œuvre du projet de barrage d'Itaipu. Ces impacts sont principalement sur l'environnement tel que la destruction de la plus volumineuse chute d'eau du monde, le déplacement d'environ 8500 familles et l'altération des exploitations agricole. L'évaluation de ces impacts négatifs est donnée dans le tableau suivant :

Tableau IV.5 : Les impacts négatifs du barrage Itaipu

Impacts potentiels du projet	Importance de l'impact (Valeur environnementale, degré de l'impact, Intensité, Durée, Etendue)
Impact hydrologique et hydro-sédimentaire	
✓ Le barrage détruit Sete Quedas, la plus volumineuse chute d'eau du monde	Forte (Moyenne, Négatif Fort, Moyenne, Permanent, Régionale)
✓ Sédimentation dans le réservoir et perte de capacité de stockage	Moyenne (Moyenne, Négatif Moyenne, Moyenne, Permanent, Locale)
✓ Interruption de la continuité écologique de l'oued (obstacle à la migration des poissons, changement de la qualité de l'eau et de la limnologie)	Moyenne (Moyenne, Négatif Fort, Moyenne, Permanent, Locale)
Impact sur la qualité de l'eau	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Modification de la qualité de l'eau dans le réservoir : ✓ Stratification, augmentation du pH, réchauffement des eaux. ✓ Anoxie du fond et production de molécules non désirées. 	Moyenne (Forte, négatif Grande, Forte, Permanent, Ponctuelle)

Sécurité des populations et risques sanitaires	
✓ 8500 familles déplacées et des exploitations agricoles endommagées	Forte (Grande, Négatif Moyen, Forte, Permanent, Locale)
✓ Augmentation des maladies liées à l'eau par augmentation de l'humidité et eaux stagnantes et une possible augmentation de la charge microbienne	Moyenne (Moyenne, Négatif Faible, Moyenne, Permanent, Locale)
Impact sur les milieux naturels et paysagers	
✓ Perte d'habitats sauvages	Forte (Grande, Négatif Moyen, Forte, Permanent, Locale)
✓ Perte de milieu typique de la région. la cascade des Sept Chutes disparut	Forte (Moyenne, Négatif Faible, Faible, Permanent, Régionale)
Impacts sur l'occupation du sol et les usages liés à l'eau	
✓ Impact sur les sites archéologiques et historiques	Forte (Grande, Négatif Forte, Forte, Permanent, Régionale)
✓ Inondation de 600 km ² des terres agricole au Brésil et 470 km ² de forêts Paraguay	Faible (Moyenne, Négatif Faible, Faible, Permanent, Locale)
Impacts liés au chantier	
✓ Pollution de l'eau par le chantier (huiles, gasoil), les déchets et la maintenance des engins	Faible (Moyenne, Négatif Moyen, Moyenne, Temporaire, Ponctuelle)
✓ Erosion du sol et Destruction de la végétation	Faible (Moyenne, Négatif Moyen, Moyenne, Temporaire, Ponctuelle)
✓ Problèmes sanitaires dans le village (déchets, eaux usées)	Faible (Grande, Négatif Faible, Faible, Temporaire, Locale)
✓ Dégradation paysagère en fin de chantier (tas de terre ou de matériaux, excavations...)	Faible (Moyenne, Négatif Faible, Faible, Temporaire, Ponctuelle)

3.3 Les mesures compensatoires

Pour minimiser les effets négatifs sur l'environnement, des études préalables à l'installation du réservoir ont été réalisées tel que :

- Du côté du Paraguay, des forêts primaires ont été préservées tandis que le Brésil, on procède au reboisement des berges. Actuellement, près de 17 millions d'arbres ont été plantés.
- En mars 1997 a commencé la construction d'un canal entre le fleuve Paraná (en aval de la centrale) et le réservoir pour faciliter la migration et permettre la reproduction des poissons. C'est le plus grand canal à poissons du monde, avec 06 kilomètres de long et ses 120 mètres d'écart de niveau.
- Manipulation des niveaux d'eau pour limiter la croissance végétale
- Faire des expertises pour les propriétés et les terrains endommagés, offrir des sommes argent ou des propriétés équivalentes.

- Opérations générales d'amélioration de l'assainissement sur les bassins amont.
- Pendant la réalisation, des équipes d'Itaipu Binationale ont parcouru le secteur en bateaux pour sauver des animaux de la région et préserver les espèces naturelles voisines, dans une opération qui s'est appelée « Mymba Kuera ».

L'opération Mymba Kuera permet à des volontaires de sauver 4 500 animaux (singes, porcs-épics, lézards, araignées, tortues...) qui furent amenés dans une région voisine à l'abri de l'eau.

- Retirer les sites archéologiques et historiques avant inondation des zones.
- Prescriptions de chantiers : travail hors d'eau, entretien des engins et dépôts éloignés des oueds.
- Prévoir des bacs de décantation pour les zones d'entretien des engins.
- Prendre les précautions pour minimiser l'érosion.

4. Conclusion

Le barrage d'Itaipu est premier barrage qui élabore un plan de préservation de l'environnement. Une première initiative de protection de l'environnement à travers le monde, elle a donné des résultats satisfaisants par la protection de beaucoup d'espèces de faune et flore en danger d'extinction et le déplacement organisé de la population.

Actuellement il est considéré comme l'une des sept merveilles du monde moderne selon la société américaine des ingénieurs en génie civil "*The American society of civil Engineers*".

Cas d'étude 03 : Le Haut Barrage d'Assouan

Le haut barrage d'Assouan est un barrage hydroélectrique achevé en 1970 à sept kilomètres en amont de l'ancien barrage d'Assouan, et environ dix kilomètres de la ville d'Assouan, sur le Nil en Haute-Égypte. Il est décrit comme un des plus importants du monde. Sa capacité de retenue est 169 milliards de mètres cubes d'eau. [*François Lempérière, " Assouan Haut Barrage d'Egypte"*].

1. Description du projet

Le haut barrage d'Assouan a été construit en complément de l'ancien barrage d'Assouan pour pallier son non satisfaction en termes d'efficacité et de sécurité. Ce dernier est toutefois toujours en fonctionnement et continue de produire de l'énergie hydroélectrique.

Avant la construction de ce barrage, le Nil inondait chaque été les plaines fertiles de la vallée, en raison de l'affluence d'eaux provenant de toute l'Afrique de l'Est. Ces inondations apportaient des nutriments et des minéraux qui rendaient fertile le sol de la vallée du Nil et permettaient le développement, cependant l'agriculture mais l'augmentation de la population dans la vallée rendait nécessaire le contrôle des eaux pour protéger les installations agricoles et les exploitations de coton.

Pendant les années de grandes crues, des récoltes entières étaient perdues. Par contre, pour les années où la crue était moindre, la population souffrait de la sécheresse et de famine. Le but de ce projet était de réguler les crues, de produire de l'électricité pour le pays, et de constituer un réservoir d'eau pour l'agriculture.



Figure IV.6 : Le Haut barrage d'Assouan

2. Caractéristique du barrage

La construction de ce barrage dura environ onze ans et mobilisa 36 000 travailleurs et Ingénieur. Il a été construit 6 km en amont de l'ancien barrage d'Assouan. Ce barrage est considéré comme un important ouvrage de 42,7 millions de m³ avec une longueur de 3 800 mètres, une épaisseur de 980 mètres à sa base, quarante mètres à son sommet et d'une hauteur de cent-onze mètres. Au Maximum, 11 000 m³ d'eau peuvent passer chaque seconde au travers des vannes du barrage. De plus. Le réservoir constitua le lac Nasser et une superficie de 5 250 km² et d'une capacité de retenue de 157 km³ d'eau.

Le barrage contient douze générateurs électriques de 175 Méga Watts chacun, développant une puissance totale de 2,1 Giga Watts. L'exploitation électrique commença en 1967. Quand le barrage atteint pour la première fois sa production électrique maximum, il produisait alors l'électricité égyptienne et permit de relier la plupart des villages égyptiens au réseau électrique. Une nouvelle industrie liée à la pêche a pu être créée autour du lac Nasser.

3. Les principaux impacts et mesures compensatoires du projet

La protection de l'environnement prend une place de plus en plus importante dans nos sociétés. Longtemps négligées, les considérations environnementales couvrent aujourd'hui une très grande importance lors de la réalisation de tout projet pouvant avoir des impacts positifs et négatifs sur les écosystèmes aquatiques et terrestres.

3.1 Les impacts positifs

Les objectifs du Haut Barrage d'Assouan sont réalisés dans le domaine de la production d'énergie hydroélectrique, de la fourniture d'eau pour l'irrigation des anciennes et nouvelles terres, de la souplesse du modèle de récolte, de la protection du pays contre les fortes crues et de la sécheresse, du tourisme, des loisirs et de la pêche dans le lac, de l'amélioration de la navigation, de la création d'emplois et d'une nouvelle génération d'ingénieurs, technique et travailleurs qualifiés. Comme résultat de tous ces objectifs, le revenu national a augmenté considérablement. Les impacts positifs du projet sont recensés dans le tableau suivant :

Tableau IV.6 : Les impacts positifs de Haut barrage d'Assouan

Impacts potentiels du projet	Importance de l'impact (Valeur environnementale, degré de l'impact, Intensité, Durée, Etendue)
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Irrigation : qui expansion de la zone de culture atteint environ 12,0 millions hectares. ✓ Augmentation la culture du riz de 200 000 hectares à environ 1,2 millions hectares en 1986, ✓ production de 2,5 millions tonnes et augmentation dans la canne à sucre dans 250 000 hectares à fournir des matières premières pour les usines de sucre en Haute-Egypte 	Forte (Grande, Positif Fort, Forte, Permanent, Régionale)
✓ Alimentation en électricité	Forte (Grande, Positif Fort, Forte, Permanent, Régionale)
✓ Protection contre les risques élevés d'inondations	Forte (Grande, Positif Fort, Forte, Permanent, Régionale)
✓ amélioration de la navigation le long du Nil	Forte (Moyenne, Positif Fort, Forte, Permanent, Régionale)
✓ Le développement de la pêche	Moyenne (Moyenne, Positif Fort, Moyenne, Permanent, Locale)
✓ Création des opportunités élevées d'emploi	Forte (Grande, Positif Fort, Forte, Permanent, Régionale)
✓ Développement du tourisme	Forte (Grande, Positif Fort, Forte, Permanent, Locale)

3.2 Les impacts négatifs

Parmi les impacts négatifs sur l'environnement, on peut citer le creusement du lit à l'aval, l'envasement de la retenue et la perte de sédiments en suspension nourrissant les terres cultivables, le changement léger dans la qualité de l'eau, le développement de mauvaises herbes agissant sur la qualité de la mer, les pertes d'eau de la retenue, l'absorption et l'inondation des terres de l'ancienne Nubie. Les impacts négatifs du projet sont recensés dans le tableau suivant :

Tableau IV.7 : Les impacts négatifs de Haut barrage d'Assouan

Impacts potentiels du projet	Importance de l'impact (Valeur environnementale, degré de l'impact, Intensité, Durée, Etendue)
Impact hydrologique et hydro-sédimentaire	
✓ Transport des sédiments (60*10 ⁶ m ³ /an)	Moyenne (Moyenne, Négatif Moyen, Moyenne, Permanent, Locale)
✓ Diminution du niveau piézométrique des eaux en aval	Moyenne (Moyenne, Négatif Moyen, Moyenne, Permanent, Locale)
✓ Le barrage se situant dans un climat aride, l'eau s'évapore très vite avec le soleil.	Moyenne (Grande, Négatif Faible, Moyenne, Permanent, Locale)
✓ L'érosion et l'apport des limons entraînant la modification géologique du delta du Nil	Forte (Moyenne, Négatif Moyen, Moyenne, Permanent, Régionale)
Impact sur la qualité de l'eau	
✓ Augmentation de la température et le PH dans le réservoir	Moyenne (Grande, Négatif fort, Forte, Permanent, Ponctuelle)
Sécurité des populations et risques sanitaires	
✓ Déplacement de 108000 habitant nubiens et inondation de leurs terres	Forte (Grande, Négatif fort, Forte, Permanent, Locale)
✓ Maladie hydrique "Bilharzie"	Forte (Grande, Négatif Moyen, Forte, Permanent, Locale)
✓ Risque sismique et onde de rupture du barrage	Moyenne (Grande, Négatif Faible, Moyenne, Permanent, Locale)
Impact sur les milieux naturels et paysagers	
✓ Présence des mauvaises herbes qui menace la biodiversité	Moyenne (Moyenne, Négatif Moyen, Moyenne, Permanent, Locale)
✓ Inondation des terres	Faible (Faible, Négatif Moyen, Faible, Permanent, Locale)
✓ Perte de milieu typique	Faible (Moyenne, Négatif Faible, Faible, Permanent, Locale)
Impacts sur l'occupation du sol et les usages liés à l'eau	
✓ Inondation des temples et monument (17 temples : Abou-Simbel, Philae, kalabsha, amada...)	Forte (Grande, Négatif Fort, Forte, Permanent, Locale)
Impacts liés au chantier	
✓ Pollution de l'eau par le chantier (huiles, gasoil), les déchets et la maintenance des engins	Faible (Moyenne, Négatif Moyen, Moyenne, Temporaire, Ponctuelle)
✓ Erosion du sol ✓ Destruction de la végétation	Faible (Moyenne, Négatif Moyen, Moyenne, Temporaire, Ponctuelle)
✓ Problèmes sanitaires dans le village (déchets, eaux usées)	Faible (Grande, Négatif Faible, Faible, Temporaire, Locale)
✓ Dégradation paysagère en fin de chantier (tas de terre ou e matériaux, excavations...).	Faible (Moyenne, Négatif Faible, Faible, Temporaire, Ponctuelle)

3.3 Les mesures compensatoires

Pour minimiser l'effet des impacts négatifs sur l'environnement, des mesures préalables à l'installation du réservoir ont été exécutées. Les mesures entreprises dans le cadre de ce projet sont:

- Dimensionnement d'un volume mort de 31 km³ couvrant 500 années de débit solide.
- Une étude sur l'évaporation a permis de constater une atténuation de l'évaporation dans le temps tel que :
 - ✓ les 20 premières années l'évaporation égale : 24 km³/an.
 - ✓ 10 ans après l'évaporation avoisinera : 18 km³/an.
 - ✓ après 30 ans l'évaporation serait : 17 km³/an.
- Déplacement du peuple nubien dont 55 000 habitants sont déplacés vers Kom-Ombo en Egypte et 53 000 vers Khashm-El-Girba au Soudan.
- Un programme de contrôle de la qualité de l'eau est assuré en continu par des spécialistes du ministère de l'irrigation et du ministère de la santé est effectué pour surveiller la qualité de l'eau.
- Protection des berges et mise en place des précautions pour minimiser l'érosion.
- UNESCO et les autorités égyptienne on décidés de protéger plusieurs monuments importants, en particulier les 17 temples de l'héritage et des dizaines de sites archéologiques dûment répertoriés depuis des décennies en les transférant dans des élévations plus hautes.
- Les autorités Egyptienne et le PNUD ont organisé un vaste programme pour dépister la maladie de la bilharziose.
- L'utilisation d'hélicoptères et de bateaux pour étudier les mauvaises herbes aquatiques, et développer des techniques pour contrôler les mauvaises herbes aquatiques.
- Elaboration d'une étude sismique, a dévoilé que la région d'Assouan est située dans la zone tectonique stable et par conséquent la stabilité du haut barrage d'Assouan en cas de tremblement de terre.
- Prescriptions de chantiers : travail hors d'eau, entretien des engins et dépôts éloignés des oueds.
- Prévoir des bacs de décantation pour les zones d'entretien des engins.

4. Conclusion

Le Haut barrage d'Assouan s'avère un atout important pour la prospérité de l'agriculture, de l'industrie et du bien-être socio-économique de l'Egypte. Il représente un point décisif dans l'hydrologie du Nil.

Cependant, ce haut Barrage représente un ouvrage à buts multiples, qui a changé le régime naturel du Nil, les effets bénéfiques sont très importants avec une influence positive plus importante que les conséquences négatifs. Il faut mentionner que toutes ces conséquences restent sous contrôle.

Cas d'étude 04 : Barrage de la Grande-Dixence

Le barrage de la Grande-Dixence est le plus haut barrage poids du monde, et le plus massif d'Europe. Situé dans le val des Dix sur la commune d'Hérémence en valais, il mesure 285 mètres de haut. Il fait partie d'une vaste installation hydroélectrique nommée Cleuson Dixence ou Grande Dixence d'une puissance de 2 000 MW qui l'associe notamment au barrage de Cleuson.

1. Description du projet

Le barrage de la Grande-Dixence a été construit entre 1953 à 1961, le barrage constitué de six millions de mètres-cubes de béton bloque le cours de la Dixence. Son lac d'accumulation, le lac des Dix, mesure 5 km de long.

Sur la même rivière, en amont, se situait le barrage de la Dixence, barrage voûte construit dans les années 1930. Ce barrage a été noyé lors de la mise en eau du barrage de la Grande-Dixence et peut encore être aperçu lorsque le niveau du lac est bas.



Figure IV.7 : Le barrage de la Grande-Dixence

2. Les caractéristiques du barrage

Le barrage est un immense ouvrage dont l'épaisseur atteint 193 mètres à la base et 15 mètres au couronnement. La longueur totale du couronnement se monte à 748 mètres.

Au total, ce ne sont pas moins de 5 960 000 m³ de béton parcourus par 32 kilomètres de galeries et de puits de surveillance. La poussée de l'eau provoque un déplacement du couronnement de dix centimètres en aval. Plus de 100 km de tunnels acheminent de l'eau depuis les vallées aux alentours via une quarantaine de captages et plusieurs usines de pompage. Le bassin de captage s'étend sur plus de 380 km² depuis le val d'Hérémence jusqu'au mont Rose près de Zermatt (à plus de 40 kilomètres du barrage).

Les caractéristiques de ce barrage sont recensées dans le tableau suivant :

Tableau IV.8 : Caractéristique du barrage Grande-Dixence.

Pays	Suisse
Cours d'eau	Dixence
Type	Barrage poids
Hauteur du barrage	285 m
Longueur du barrage	748 m
Epaisseur du barrage (au sommet)	15 m
Epaisseur du barrage (à la base)	195 m
Altitude du réservoir	2364 m
Volume du réservoir	400 millions de m ³
Surface du réservoir	404 ha
Longueur du réservoir	5 Km

3. Les principaux impacts et mesures compensatoires du projet

Les initiateurs du chantier de la Grande-Dixence l'ont toujours proclamé. Rêver de plus belle source d'énergie écologique paraît invraisemblable. Cependant, au-delà de cette source d'électricité propre et renouvelable, une considération toute particulière a été portée à l'environnement, alors que, dans les années cinquante, l'écologie n'était pas encore au centre des préoccupations. Les initiateurs de ce chantier ont devancé leur époque pour la préservation de la montagne. Leur effort préconisé la préservation de la nature. Les conduites d'eau, les centrales électriques, les stations de pompage, ainsi que tous aspects ont été enterrés de la surface et les zones de terrassement ont été rendues à leur état naturel.

A travers cet ouvrage, il a été recensé autant d'impacts positifs que négatifs.

3.1 Les impacts positifs

Les objectifs du Barrage Grande-Dixence sont accomplis dans le domaine de la production d'électricité, du tourisme, des loisirs et de la pêche dans le lac, de l'amélioration de la navigation, de la création d'emplois et d'une nouvelle génération d'ingénieurs, ainsi que la création d'une nouvelle infrastructure. Ce barrage représente d'une réserve naturelle d'eau autour du lac des Dix. Cette réserve permet de protéger une faune et une flore montagnarde typique. Comme résultat de tous ces objectifs, le revenu national a augmenté considérablement. Les impacts positifs du projet sont recensés dans le tableau suivant :

Tableau IV.9 : Les impacts positifs du barrage du barrage Grande Dixence

Impacts potentiels du projet	Importance de l'impact (Valeur environnementales, Degrés de l'impact, Intensité, Durée, Etendue)
✓ L'amélioration de la navigation	Forte (Moyenne, Positif Moyen, Moyenne, Permanent, Régionale)
✓ Augmentation de la production d'électricité de 1/5 du Suisse	Forte (Grande, Positif Fort, Forte, Permanent, Régionale)
✓ Création d'emplois	Forte (Grande, Positif Fort, Forte, Permanent, Régionale)
✓ L'attraction des touristes	Forte (Grande, Positif Fort, Forte, Permanent, Régionale)
✓ Création d'un bassin artificiel.	Moyenne (Moyenne, Positif Moyen, Moyenne, Permanent, Locale)
✓ Implantation d'une réserve naturelle autour du lac des Dix. Cette réserve permet de protéger une faune et une flore montagnarde typique.	Moyenne (Moyenne, Positif Moyen, Moyenne, Permanent, Locale)

3.2 Les impacts négatifs

L'ensemble de ces impacts négatifs ainsi que leur quantification sont représentés dans le tableau suivant :

- Inondation de grandes zones de végétation.
- Menace de l'environnement, plus spécialement les zones aquatique et riveraine, ainsi que tous les éléments qu'elles couvrent.
- Menace des milliers d'espèces animales
- Danger liés aux crues subites des rivières situées à l'aval des aménagements hydroélectriques. en cas de rupture
- La modification de la géomorphologie et la géochimie du fleuve se trouve perturbée à cause de la modification des débits et par conséquent l'ensemble de son écologie.
- La diminution abrupte d'oxygène dans le réservoir nuit aux poissons
- la construction implique la réinstallation des populations locales. la destruction de villages.
- La modification de la qualité des eaux, pollution.

3.3 Les mesures compensatoires

Dans un contexte de raréfaction d'énergie et de crainte d'un réchauffement de la planète, l'hydroélectricité constitue actuellement une forme d'énergie à privilégier.

La contribution du complexe de la Grande-Dixence et de tous les autres aménagements hydroélectriques en Suisse à la sécurité d'approvisionnement du pays doit être préservée. Pour ce faire, la préservation de l'environnement est essentielle.

Par la considération de la valeur de l'environnement, le projet Grande-Dixence a pris la décision de maintenir et d'améliorer ses moyens de production pour optimiser l'utilisation des ressources naturelles. Pour cela, il a été décidé de s'engager à assurer les mesures suivantes:

- ✓ Respecter les exigences légales, les dispositions inscrites dans les concessions et les autorisations.

- ✓ S'assurer que les activités d'exploitation sont exécutées de façon à limiter autant que possible les impacts sur les cours d'eau et leurs écosystèmes (purgés, etc.) et éviter toute pollution.
- ✓ Minimiser les impacts paysagers occasionnés lors de la réalisation de ses travaux et entretenir une relation constructive avec les partenaires, le public et les milieux touchés par les installations.
- ✓ Promouvoir des collaborations avec des prestataires de services et des fournisseurs soucieux de l'environnement.
- ✓ Améliorer en permanence sa performance environnementale à l'aide de programmes d'action.

Afin de mettre en œuvre sa politique environnementale, il a été élaboré un programme environnemental particulier qui porte sur quatre axes relatif à la valorisation de l'énergie, le traitement des situations d'urgence, l'élaboration de stratégie ainsi que la maintenance et exploitation. Cette politique est schématiquement décrite par la figure suivante (voir Figure 02):

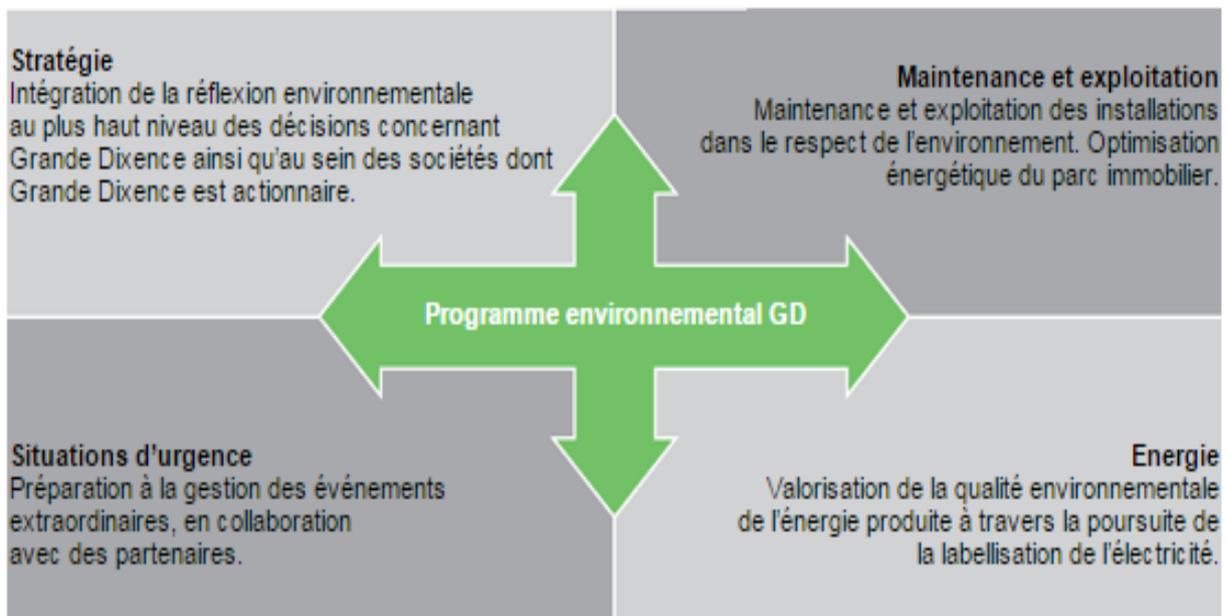


Figure IV.8 : Programme environnementale GD

4. Conclusion

La Grande-Dixence n'est pas seulement le barrage-poids le plus élevé du monde, mais aussi une légende vivante. À l'échelle des plus hautes montagnes du Valais, cet ouvrage forme un aménagement de haute technicité et d'audace dédié à l'énergie. Le respect de l'environnement représenté une priorité majeure, où la Grande-Dixence a porté une attention particulière touchant tous les aspects environnemental pendant la conception, la réalisation, l'exploitation et installations de cet ouvrage. Effectivement, cette considération est bien ressentie à travers l'évaluation des impacts recensés par une augmentation de l'importance des dimensions sociales et environnementales de barrage.

Conclusion

L'intégration du volet environnemental dans l'avenir du développement des ressources hydrauliques et énergiques est impérative. Par cette nouvelle considération, on observe une augmentation de l'importance des dimensions sociales et environnementales des barrages à un niveau réservé jusqu'à présent à la dimension économique.

De nos jours, l'étude des impacts du barrage sur l'environnement est indispensable car elle évalue des opportunités pour améliorer l'efficacité et d'aborder l'héritage des barrages existants et permettre un partage équitable des avantages relatifs au développement durable des ressources hydrauliques et énergétiques.

Au cours de ce travail nous avons traité quatre cas d'étude :

le premier cas relatif au barrage des trois gorges de la Chine, aménagé sans tenir compte de l'aspect environnemental, nous a permis de constater qu'il a donné naissance à des conséquences environnementales catastrophiques. Malgré qu'il est possible d'y remédier et d'intervenir sur certains impacts négatifs, cela reste difficile et très coûteux.

Le deuxième cas d'étude traité est le barrage d'Itaipu de Brésil, classé parmi les premiers barrages ayant élaboré un plan d'action concernant l'aspect environnemental en absence de législation rigoureuse sur l'environnement. Cette initiative a permis d'avoir des résultats satisfaisants comme une première tentative de protection environnementale.

Le troisième cas relatif à l'étude du grand barrage d'Assouan d'Égypte, s'avère un atout important pour le développement du pays. Malgré tous les efforts fournis afin de préserver l'environnement, les impacts négatifs étaient considérables mais restent sous contrôle.

Le quatrième cas porte sur l'étude du Grande-Dixence de Suisse, représente une particularité dans la protection de l'ensemble des aspects environnementaux par l'élaboration d'un programme couvrant les quatre axes principaux de l'environnement.

Enfin, le débat sur les barrages et l'environnement reste ouvert pour l'élaboration d'une plate-forme afin d'instaurer un terrain d'entente, le cadre d'une nouvelle approche sur la question des barrages et du développement a été créé la Commission Mondiale des Barrages, mais sa vigueur et son efficacité dépendront de la poursuite, en toute sincérité, des parties prenantes du processus et leur adhésion aux changements de priorités et de pratiques.

Références

Références

- [<https://www.youtube.com/watch?v=Se8iEvqoE2I>]
- Agence Internationale de l'Energie, 1998.
- Banque Africaine de Développement, 1999b, p1.
- Bulletin 35 (1980) Les barrages et l'environnement.
- CIGB, 1998.
- Cosgrove et Rijsberman, 1999, p40.
- *François Lempérière, " Assouan Haut Barrage d'Egypte"].*
- <http://www.grande-dixence.ch/>
- Journal Officielle de la République Algérienne.
- Keller et al, 2000, p6-7.
- La centrale hydroélectrique d'Itaipu binationale par Marie ferreira
- Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et l'Agence Canadienne d'Évaluation Environnementale (ACÉE, 2005).
- OECD Environmental Indicators – development, measurement and use "novembre 2003".
- Revue thématique de la CMB II.1 Les Ecosystèmes.
- Superstructures Le Barrage D'Itaipu
- *Zongxia, C. (2004). Les ressources en eau et leur gestion en Chine Géocarrefour, 79 (1), 35-40].*