

8. Recommandations pour les projets futurs de barrage souterrain

Les résultats des études menées, dans le cadre du programme portant sur le projet expérimental de lutte contre la désertification, sur l'aménagement expérimental avec la mise en place d'un barrage souterrain montrent que cette "technique de barrage souterrain" mise au point au Japon est applicable en Afrique occidentale, région affectée par la désertification.

Cependant, pour réaliser un barrage souterrain opérationnel et bien adapté aux conditions physiques et sociales de la région d'accueil, il faut porter une grande attention à ce qui suit.

8-1. Choix de l'emplacement d'un barrage souterrain

(1) Evaluation d'une "vallée fossile"

Dans le présent projet, le barrage souterrain a été construit en mettant en oeuvre la présence d'une vallée fossile. La possibilité de mettre en place un barrage à un pareil emplacement a été ainsi confirmée, malgré le problème des fuites qui s'est posé.

Dans le bassin fluvial du Niger, se trouvent, paraît-il, de nombreuses vallées fossiles et donc beaucoup de sites possibles du barrage souterrain.

A noter également que la vallée fossile est souvent accompagnée de nappes phréatiques en son sein et en général des basses terres plates d'une étendue importante. Elle est donc potentiellement favorable au développement des cultures irriguées et de l'élevage. Pour cette raison, aussi bien que pour le choix de l'emplacement d'un barrage souterrain, il est souhaitable de déterminer la répartition des vallées fossiles et leurs caractéristiques.

(2) Autres structures géologiques que la vallée fossile

La recherche de sites effectuée dans le présent projet portait également sur le "relief circulaire" et le "relief en étranglement". Mais, nous n'y avons pas trouvé de sites intéressants. Des investigations poussées permettent sans doute d'en trouver dans d'autres structures que la vallée fossile. L'effort que demandent ces investigations serait toutefois beaucoup plus énorme.

(3) Difficulté d'estimer la réserve en eau exploitable

Avant de fixer l'emplacement du barrage souterrain, il faut estimer le volume d'eau susceptible d'être retenue. Mais l'estimation de la "retenue possible" qui est relativement facile pour le barrage en surface se heurte, dans le cas du barrage souterrain, aux difficultés suivantes :

- 1) La couche-réservoir étant formé dans "le sous-sol", il est difficile de déterminer avec précision sa forme et sa capacité.
- 2) La capacité de stockage dépend de la porosité efficace des formations géologiques qui constituent le réservoir. La détermination de la porosité efficace de toutes les parties de la couche-réservoir exige un important effort d'investigation.
- 3) Il est difficile d'estimer avec précision la réalimentation des nappes phréatiques se trouvant dans la couche-réservoir.
- 4) Il est difficile de détecter des "fuites" dans la couche-réservoir et d'établir une prévision des "pertes dues aux fuites".

Dans les projets futurs de barrage souterrain, il convient d'effectuer des investigations plus

détaillées pour estimer avec plus de précision la retenue possible. Un tel effort ne permettrait pourtant pas d'éviter une erreur d'estimation non négligeable. C'est ce dont on doit toujours tenir compte, quand il s'agit de fixer l'emplacement d'un barrage souterrain et d'établir un plan d'utilisation de l'eau retenue.

(4) Choix du site du point de vue socio-économique

Dans le présent projet, compte tenu de son caractère expérimental, la priorité était donnée aux conditions hydrogéologiques pour fixer l'emplacement du barrage souterrain. Pour les barrages souterrains à construire à des fins utilitaires, les facteurs socio-économiques doivent naturellement être pris en considération.

L'utilisation de l'eau retenue par le barrage souterrain nécessite en général des "installations de pompage". Si le barrage est mis en place loin des lieux où est utilisée l'eau retenue, il faudra également des "installations d'alimentation en eau" d'une grande taille. Le coût de ces installations risque alors, dans certains cas, d'être plus élevé que celui de construction du barrage souterrain.

En vue d'un meilleur rapport coût-efficacité, le choix de l'emplacement doit donc être fait en tenant compte également des facteurs suivants :

- Nombre estimé des personnes desservies
- Développement des cultures irriguées et de l'élevage, potentiellement rendu possible par l'eau retenue

Il convient par ailleurs de souligner que dans le réservoir formé par un barrage souterrain, l'eau éventuellement polluée par des apports extérieurs tarde à s'améliorer à cause de la lenteur de sa circulation. Pour éviter une telle pollution causée par des pesticides par exemple, des précautions doivent être prises lors de la mise en valeur des terres se trouvant sur le réservoir.

8-2. Méthodes d'étude

(1) Utilisation de photographies aériennes

La zone d'étude du présent projet étant pour la plupart constitué de terrains plats, nous avons dû faire appel à des photographies aériennes pour y mener la reconnaissance du terrain. Celles-ci constituent toujours un moyen efficace pour la reconnaissance effectuée dans des régions où dominent des pénéplaines, comme en Afrique. Il est donc souhaitable de former à la photo-interprétation les ingénieurs africains participant à des études topographiques et géologiques pour répandre cette technique.

(2) Attention à porter lors de l'observation du niveau de la nappe phréatique

Les "nappes suspendues" observées dans les sédiments de la vallée fossile se trouvant à l'emplacement du barrage souterrain ont fortement influencé les résultats de l'observation du niveau de la nappe phréatique. Il faut donc tenir compte du risque de surestimation de la variation saisonnière du niveau de la nappe phréatique, causée par la présence de nappes suspendues.

A noter également que les nappes suspendues peuvent se trouver non seulement dans les sédiments de la vallée fossile, mais aussi dans le substratum.

(3) Importance des observations hydrologiques (pluviométrie, débit de rivière, niveau d'eau souterrain)

Les études et les évaluations effectuées dans le présent projet se sont heurté à des difficultés dues au manque de données hydrologiques disponibles sur la pluviométrie, le débit de rivière, le niveau d'eau souterrain.

Comme la pluviométrie présente parfois une variation extrême même entre les points relativement rapprochés, il convient d'établir un réseau pluviométrique plus serré dans des régions caractérisées par le manque de ressources en eau, comme le Sahel. D'autre part, les comportements des cours d'eau étant étroitement liés à l'exploitation de l'eau de rivière et des nappes phréatiques, il est préférable de mesurer leur débit en plusieurs de points, même si ces cours d'eau appartiennent au même réseau. Quant au niveau d'eau souterrain, les données collectées dans les puits profonds lors de leur forage étaient relativement bien conservées. Mais les données sur le niveau d'eau dans les puits peu profonds et ses variations saisonnières et intrannuelles étaient peu disponibles. Ces données sont pourtant indispensables pour toute exploitation des ressources en eau souterraine. La mise en place d'un système d'observation et de conservation des données est donc fort désirable.

(4) Etudes à effectuer sur le réservoir réalisé par un barrage souterrain

Comme on l'a vu plus haut dans la section 8-1-(3), la forme, la capacité, les caractéristiques hydrauliques et les "fuites" possibles de la couche-réservoir ne sont pas faciles à définir. Il faut donc donner de l'importance aux études permettant de les déterminer pour réaliser un barrage souterrain.

8-3. Techniques de construction d'un barrage souterrain

(1) Inconvénients du "barrage souterrain en terre"

La technique de construction adoptée pour le présent projet consiste à installer un "barrage en terre" (endiguement en terre) dans le sous-sol. Elle pose pourtant le problème des "venues d'eau" lors de l'exécution des travaux. Dans le présent projet, les venues d'eau en provenance de la fouille dans les sédiments de la vallée fossile n'étaient pas telles qu'il faille prendre des mesures spéciales. Mais si la quantité des eaux phréatiques est importante, il devient difficile d'éviter des venues d'eau et parfois impossible de poursuivre les travaux.

Le barrage souterrain, s'il est à mettre en place à une profondeur importante, nécessite une grande quantité des travaux d'excavation et de remblai et entraîne un coût d'autant plus élevé. Le risque de venues d'eau s'accroît également et exige donc des précautions.

(2) Matériaux de remblai

Dans le présent projet, le corps du barrage a été réalisé avec des matériaux extraits ailleurs. Mais les déblais provenant de la fouille pour le barrage se sont avérés plus tard utilisables.

Le réemploi des déblais, produits par l'excavation, pour exécuter le corps du barrage supprime la nécessité de zones d'emprunt et permet ainsi de diminuer les effets nuisible sur l'environnement. Un tel procédé est à envisager dans les projets futurs de barrage souterrain en terre.

(3) Introduction de la technique dite de parafouille par paroi moulé dans le sol

Dans le présent projet, nous avons retenu, comme type de l'ouvrage, le "barrage souterrain en

terre" dans un souci de mettre en oeuvre le matériel disponible au Burkina Faso. Cependant, le barrage souterrain est, dans son principe de fonctionnement, assimilable au "parafouille" tel qu'il est généralement utilisé pour les travaux de construction. Celui-ci est donc applicable au barrage souterrain. Le "parafouille par paroi moulé dans le sol" est préférable au "barrage souterrain en terre" en particulier lorsque, comme on l'a vu plus haut, une grande quantité des venues d'eau est à craindre, que le barrage est à construire à une profondeur importante ou qu'une réduction du délai est imposée par les travaux qui ne peuvent être exécutés qu'en saison sèche.

Les pays africains occidentaux dont le Burkina Faso voient ces dernières années apparaître une utilisation rationnelle de l'espace urbain limité, représentée par la construction de tours par exemple. Désormais, cet "aménagement urbain" s'étendra probablement jusqu'à l'"exploitation du sous-sol". Et c'est pour une telle "exploitation du sous-sol" que la technique de "paroi moulé dans le sol" avait été mise au point. Cette technique et le matériel de construction nécessaire seront donc introduits tôt ou tard en Afrique occidentale.

Dans cette perspective, la possibilité d'appliquer le "parafouille par paroi moulé dans le sol" sera certainement envisageable dans les projets futurs de barrage souterrain en Afrique occidentale.

8-4. Coûts

Dans le présent projet, les coûts directs de la recherche de sites, de la construction du barrage souterrain et de la mise en place des installations de pompage et d'alimentation en eau sont les suivants. (en millier yens)

- Construction du barrage souterrain 108.595
- Mise en place des installations de pompage et d'alimentation en eau 24.900 (dont une partie est une estimation)

Les coûts directs de la mise en place des installations associées sont les suivants (en millier yens) :

- Installations d'observation de la nappe phréatique 4.160
- Ecluse 16.933
- Champs d'expérience 2.570

Les frais de personnel pour les ingénieurs japonais qui ont assuré la supervision des travaux de construction du barrage souterrain ne sont pas inclus dans les coûts indiqués ci-dessus.

8-5. Système de gestion et d'entretien

Dans le présent projet, aussitôt les installations d'alimentation en eau mises en service, les habitants du village de Kombangbedo ont organisé un "comité de gestion des installations en eau" qui est chargé de percevoir des taxes d'eau. Le "service de nettoyage" des installations a été également organisé.

Quant aux installations équipées de dispositifs sophistiqués, tels que les unités photovoltaïques, leur entretien ne peut sans doute pas être assuré par les habitants à eux seuls. Il faudrait donc mettre en place une structure pour une gestion et un entretien à plus long

terme avec, par exemple, une assistance du gouvernement du Burkina Faso.

Il est à noter toutefois que les unités photovoltaïques mises en place dans le présent projet ne sont pas équipées d'"accumulateur de nuit", appareil sujet à la panne.

La gestion des ressources en eau, y compris l'entretien du barrage souterrain, nécessite une autogestion par les habitants et les autorités locales. Il est donc souhaitable d'établir, sur le principe de la participation de la communauté locale et de ses habitants, une structure d'autogestion dès le stade de l'avant-projet .

Remerciements

Le programme portant sur un projet expérimental de lutte contre la désertification, confié par le Ministère de l'Environnement du Japon, a commencé en 1995 et s'est terminé en mars 2003. Nous avons pu l'accomplir grâce à l'effort soutenu que le Ministère de l'Environnement, Taisei Corporation et tous ceux qui y ont participé ont entrepris pendant ces huit ans.

Les membres du "Comité d'étude pour le programme portant sur un projet expérimental de lutte contre la désertification" (présidé par M. Satoshi Matsumoto, professeur d'alors à la faculté d'agriculture, Université de Tokyo) ainsi que du "Comité d'évaluation du projet expérimental de lutte contre la désertification" (présidé par M. Haruo Miyata, chargé de cours à la section d'étude de la coopération internationale, cours de maîtrise à l'Université de Hiroshima) et beaucoup d'autres nous ont donné des avis et des conseils précieux.

Pour la réalisation du présent projet, différents organismes du Burkina Faso dont notamment le Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie (Ministère de l'Environnement et de l'Eau lors du lancement du projet) et le Secrétariat Permanent du Conseil National pour l'Environnement et le Développement soutenable (S. P. CONED, S. P. CONAGESE lors du lancement du projet) sous tutelle du Ministre de l'Environnement et du Cadre de Vie ainsi que les habitants du village de Naré ont apporté leur entière collaboration au présent projet, sans laquelle nous n'aurions sans doute pas pu obtenir les résultats tels que sont décrits dans le présent rapport.

Le projet étant achevé, qu'il nous soit à nouveau permis, pour terminer le présent rapport, d'exprimer tous nos remerciements à tous ces organismes et à toutes ces personnes pour le soutien qu'ils ont bien voulu nous apporter.

Centre de Coopération Outre-mer pour l'Environnement (OECC)

Le présent rapport est rédigé par :

- Toru KATAYAMA, administrateur à Overseas Environmental Cooperation Center
- Motoo FUJITA, chercheur à Overseas Environmental Cooperation Center (détaché par MU(μ) GIKEN CO., LTD)
- Naoko IWAKAMI, Overseas Environmental Cooperation Center
- Reiko HOSINO, Overseas Environmental Cooperation Center

- Yasuhiro MATSUMOTO, Sous-directeur, Division des Affaires d'Environnement, Bureau d'Environnement Global, Ministère de l'Environnement

Avec la coopération de :

- Yasushi FUJIWARA, Ingénieur en chef de recherches, Institut de recherche au génie civil, Centre technique, TAISEI CORPORATION

Pour tout renseignement adressez-vous à :

- Centre de Coopération Outre-mer pour l'Environnement (OECC) E-mail: oecc@oecc.or.jp
- Division des Affaires d'Environnement, Bureau d'Environnement Global, Ministère de l'Environnement E-mail : chikyu-hozen@env.go.jp