

# LES BARRAGES EN TERRE



Des technologies simples : tubes en PVC reliés au siphon. Photo : Orstom/TAPI.



L'irrigation en amont d'un açude, rendue possible grâce à la présence d'une ligne électrique (noter les traces d'érosion sur le champ de gauche). Photo : Orstom/TAPI.



La récolte. Photo : Orstom/TAPI.

*L'eau a toujours été un problème crucial pour le Nordeste du Brésil. Les barrages en terre de toutes tailles, appelés açudes ont été construits en grand nombre depuis le début de ce siècle. Ils constituent l'un des traits marquants du paysage du Nordeste semi-aride appelé Sertão. On en dénombre aujourd'hui environ 70 000.*

*La valorisation de ces ressources hydriques, limitée dans la plupart des cas à l'approvisionnement en eau des populations et des troupeaux, reste bien en deçà des potentialités réelles d'utilisation.*

*L'Orstom coopère dans cette région déshéritée depuis près de trente ans. Après avoir réalisé plusieurs études et recherches hydrologiques ou pédologiques de base (banques de données hydrométéorologiques, monographie hydrologique, étude du risque d'érosion ou des mécanismes générateurs d'écoulement), nos recherches ont pris un tour plus appliqué.*

**L**e programme "Gestion des petits açudes" est un programme de Recherche-Développement mené par l'Orstom et une équipe brésilienne dépendant de la Surintendance pour le Développement du Nordeste (SUDENE). En association avec une équipe de techniciens dépendant du ministère Français des Affaires Etrangères, ce programme a abouti à la mise



# DU NORDESTE BRÉSILIEN

au point de techniques simples et peu coûteuses permettant de valoriser une eau qui s'évapore en pure perte.

Ces propositions ont été réunies dans un "Manuel" en brésilien qui permet de construire, d'entretenir et de mettre en valeur les petits açudes (cf. encadré). Une méthode hydrologique inédite établit des normes précises pour le dimensionnement des réservoirs. Trois principaux axes de mise en valeur sont abordés de façon détaillée : les cultures de décrue, la pisciculture et l'irrigation. Ce dernier aspect étant particulièrement développé, ce manuel aborde de façon plus globale divers thèmes comme celui de la salinisation. Cet ouvrage constitue un outil indispensable pour tous les techniciens engagés dans le développement rural et la mise en valeur des ressources hydriques du Nordeste. Il leur permet d'éviter des erreurs techniques en répondant à de nombreuses questions concrètes.

## DES SÉCHERESSES CATASTROPHIQUES

Le Nordeste du Brésil occupe une superficie de 1 660 000 km<sup>2</sup>, soit plus de trois fois celle de la France, mais qui ne représente que 20% de celle du Brésil. Sa population est de quarante cinq millions d'habitants (le tiers du total brésilien) dont vingt millions d'entre eux vivent dans le tristement célèbre polygone des sécheresses, qui couvre près d'un million de km<sup>2</sup>. Il s'agit, en majorité, de petits propriétaires ou de paysans sans terre. Cette région, qui correspond à peu près à la partie du Nordeste appelée Sertão, reçoit une pluviométrie annuelle comprise entre 400 et 800 mm. Les aléas climatiques et donc les effets des sécheresses y sont très accentués.

## L'EAU, UNE RESSOURCE RARE ET MAL DISTRIBUÉE

D'une année à l'autre on observe une forte irrégularité des totaux annuels : 216 mm sur le bassin de Tava en 1983, 1170 mm deux ans plus tard. La variabilité des écoulements est encore plus élevée : on a observé 300 fois plus d'écoulement en 1985 qu'en 1983. L'irrégularité climatique de cette partie du continent Sud-américain est en général supérieure à celle des zones de pluviométrie annuelle comparable d'Afrique.

Les sécheresses provoquées par l'insuffisance des précipitations sont encore aggravées par leur mauvaise répartition au cours de l'année : leur interruption avant la fin du cycle végétatif provoque trop souvent la perte des récoltes; les écoulements surviennent en quelques jours, puis les rivières s'assèchent à nouveau et le paysage reprend sa couleur grise et poussiéreuse. Il faudra attendre un an pour espérer récolter quelque chose. Les populations sont forcées à l'exil et vont grossir la périphérie des centres urbains.

La grande sécheresse de 1877-78, au cours de laquelle auraient péri plus de 500.000 personnes (soit la moitié de la population de l'Etat du Ceara) reste marquée dans les mémoires. Plus récemment les années 1979-83 et surtout l'année 1983 furent dramatiques.

La construction des açudes permet aux habitants de ces régions d'atténuer les rigueurs de ces fléaux en emmagasinant un peu d'eau.

## UN PEU D'HISTOIRE

Le nom d'*açude* dérive du mot arabe *as'sadd*, qui signifie barrage. Les premiers açudes du Nordeste ont été construits pour fournir de l'énergie aux moulins à sucre de la zone côtière au début de la présence portugaise. La colonisation de l'intérieur du pays, plus sec et inhospitalier, s'effectua plus tard. Les açudes apparurent rapidement comme un remède au problème des sécheresses.

Celles de 1825, 1827, 1830 marquèrent le début du développement de ces barrages dans le Nordeste. En 1832, le Conseil de la Province du Ceara commença à attribuer des primes pour leur construction tandis que la grande sécheresse de 1877 incite le gouvernement à étudier la construction

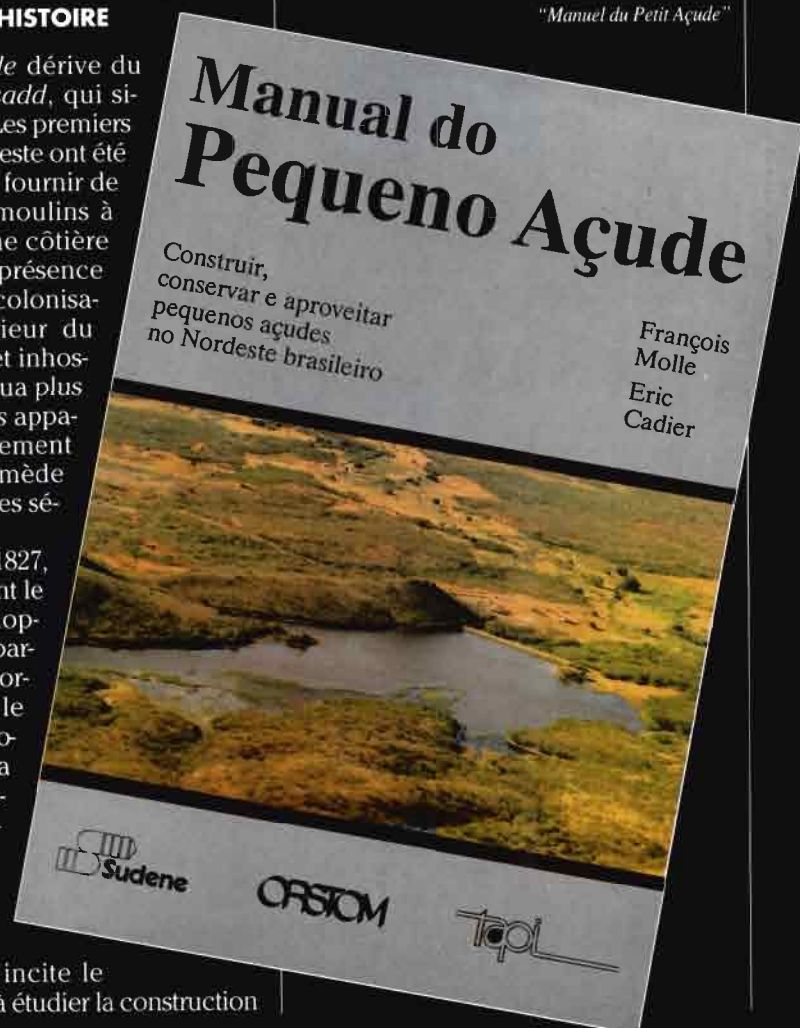
de grands açudes.

Le premier d'entre eux, l'*açude Cedro*, a été mis en eau en 1906. Il existait déjà à cette époque 6000 barrages.

Aujourd'hui, on estime le nombre de retenues de plus de 1000 m<sup>2</sup> de miroir d'eau à 70 000, mais seuls 500 d'entre eux ont une capacité supérieure à 1 000 000 m<sup>3</sup>. C'est dans les trois Etats septentrionaux du Ceara, de la Paraíba et du Rio Grande do Norte que l'on rencontre les plus fortes densités. Celles-ci peuvent atteindre un açude pour 1,5 km<sup>2</sup>. On estime que dans ces Etats, le volume total des açudes est de 70 % du volume moyen écoulé. Ces barrages en terre retiennent en moyenne la moitié de l'écoulement naturel. Le plus grand d'entre eux, l'*açude Oros*, a un volume de 1,2 milliards de m<sup>3</sup>, une profondeur de 40 m et régule les eaux d'un bassin de 24 000 km<sup>2</sup>.

Les plus fortes concentrations de barrages sont situées dans les régions de formations géologiques du socle cris-

"Manuel du Petit Açude"





tallin, qui sont en général imperméables. Trois raisons expliquent ceci :

- les écoulements des régions cristallines sont plus élevés;
- le socle cristallin assure une bonne étanchéité des retenues, si le barrage est bien construit;
- l'eau souterraine y est rare. Les petits barrages constituent donc la seule solution.

On ne connaît de telles densités de petits barrages que dans certaines parties de l'Inde.

### UN POTENTIEL SOUS-EXPLOITÉ

L'immense potentiel que constituent ces innombrables petits barrages est malheureusement sous-utilisé. Leurs propriétaires ne tolèrent qu'une utilisation domestique et l'alimentation du bétail. L'évaporation inflige cependant à leurs réserves d'énormes pertes. Ainsi, un *açude* d'un hectare de surface peut perdre plus de 80 000 litres par jour, soit la consommation de plus de 2000 têtes de bétail ! Souvent 50 ou 100 fois le troupeau réel. Les *açudes* perdent ainsi une lame de près de 3 mètres d'eau par an. En cas de sécheresse, au bout de deux ans, tous les barrages de moins de 6 m de profondeur se seront asséchés, au bout de trois ans, tous ceux de moins de 9 m etc. Il est donc vital d'adopter la politique de gestion des ressources en eau suivante :

- constitution de réserves d'eau capables de résister à plusieurs années de sécheresse : *açudes* très profonds ou réserves d'eau souterraines;
- utilisation rapide (en quelques mois) de l'eau accumulée dans les petits *açudes* avant qu'elle ne s'évapore.

### L'IRRIGATION : UN DÉVELOPPEMENT RÉCENT

On a observé ces dix dernières années, un développement important de l'irrigation à partir des *açudes* qui était pratiquement inexistante dans les années 1970. Les paysans, souvent incités à cela par des programmes de développement du Gouvernement, adaptent des techniques et des matériels d'irrigation conçus pour de plus grands périmètres. L'irrigation à partir des *açudes* présente l'énorme avantage, dans ces campagnes souvent dépourvues de lignes électriques, d'être gravitaire : elle peut s'effectuer sans source d'énergie, puisque l'eau peut s'écouler en empruntant des tuyaux, des siphons et des canaux, pour irriguer les zones situées en aval du barrage.

*Pêche à l'épervier. Photo : Orstom/TAPI.*  
*Transport d'eau. Les tonneaux sont fabriqués avec de vieux pneus. Photo : Orstom/TAPI.*



## DES PERSPECTIVES

La pisciculture peut fournir une production de protéines de une à cinq tonnes à l'hectare, soit vingt fois plus que celle que peut assurer l'élevage. Et cela avec un risque de perte et des besoins en main-d'oeuvre plus faibles que pour l'irrigation. De plus, l'élevage des poissons peut s'effectuer dans des eaux saumâtres, impropres aux autres usages. Le manuel réunit les indications nécessaires pour se lancer dans cette aventure. De la même façon, le potentiel constitué par les cultures de décrue, appelées en brésilien *cultivos de vazante*, sur les bords de la retenue dont le niveau s'abaisse régulièrement au cours de la saison sèche n'est lui aussi que trop rarement utilisé.

On peut planter, soit par repiquage dans l'eau de plantes fourragères, soit hors de l'eau des cultures de cycle court dont la croissance des racines soit assez rapide pour accompagner le rabaissement de l'eau : le haricot, la patate douce, le melon, la pastèque et la citrouille. Dans les deux cas, on obtiendra une production importante, de bonne rentabilité, en contre-saison, pour un travail relativement modeste, en ne consommant pas d'eau supplémentaire, tout en profitant des limons fertiles déposés par les eaux. Enfin, l'utilisation traditionnelle et la plus répandue des açudes reste toujours l'alimentation humaine et animale, ainsi que les cultures plantées sur les zones humides situées en aval de la retenue, dont l'humidité provient des infiltrations sous le barrage.

Ce manuel, est un ouvrage pratique, qui met à la portée de la communauté technique brésilienne les résultats de nos recherches ■

Eric Cadier, Alain Laraque  
Orstom - Département Eaux  
Continental - UR "Etude et gestion  
des ressources en eau".

François Molle, Rémy Courcier,  
Eric Sabourin

Projet Technologies Appropriées  
à la Petite Irrigation (TAPI)

Benedito Seraphim, Roberto  
Doherty, Carlos Henrique de  
Albuquerque, Maria do Carmo  
C. Duarte

(KARMINHA) - SUDENE Recife

### "Manual do Pequeno Açude"

Ce manuel réunit les éléments nécessaires à la construction et à l'utilisation des petits açudes.

Dimensionnement

Choisir le site, la taille du barrage et de

son déversoir constitue le premier pas de tout projet de construction de barrage.

Si l'açude est peu profond (4 à 5 m), on recommande que son volume maximal soit de l'ordre de 50 à 60% du volume écoulé annuel moyen. Dans ce cas l'utilisation de l'eau doit s'effectuer dans les mois qui suivent la saison des pluies;

Si l'açude est plus profond et qu'il est utilisé pour alimenter une culture permanente ou pour l'alimentation humaine, son volume peut atteindre celui de l'écoulement annuel moyen.

Une méthode hydrologique inédite permet de calculer le volume moyen écoulé en fonction de la superficie, du type de sol, de la végétation et du nombre d'açudes présents dans le bassin versant situé en amont, ainsi que de la pluviosité annuelle.

### Construction de l'açude

La construction s'effectue aujourd'hui avec des engins de terrassement (tracteurs ou bulldozer). On estime à 70 heures de machine pour 1000 m<sup>3</sup> de remblai. Ainsi, un petit açude pouvant stocker 50 000 m<sup>3</sup> d'eau nécessitera, en moyenne, une digue de 6 000 m<sup>3</sup> de terre, soit 400 heures de machine qui coûteront 11.000 US \$. Il faudra choisir avec soin la terre qui sera utilisée pour la construction du barrage, la compacter et creuser sous le futur barrage, une tranchée d'imperméabilisation que l'on remplira d'argile. Le Manuel fournit toutes les indications pratiques nécessaires pour la conception de l'ouvrage (type, prix, dimensionnement de la digue et du déversoir) et la réalisation des travaux, qui seront faits avec des moyens relativement rustiques.

## Os açudes do Nordeste do Brazil Como utilizar a água dos pequenos açudes nas zonas semi-áridas ?

**A** água sempre foi um problema crucial para o Nordeste do Brasil. As barragens de terra de todo tamanho, chamadas "açudes", foram construídas em grande número desde o início do século e constituem um dos traços marcantes da paisagem do Nordeste semi-árido chamado Sertão : contando-se, atualmente, cerca de 70.000 reservatórios. A valorização desses recursos hídricos, limitada, na maior parte dos casos, ao abastecimento d'água das populações e dos rebanhos, permanece bastante aquém das suas potencialidades reais de utilização.

O Orstom coopera nessa região deserdada há cerca de trinta anos. Após haver realizado vários estudos e pesquisas hidrologicas ou pedológicas de base (Banco de dados hidrometeorológicos. Monografia Hidrológica, estudo do risco de erosão ou dos mecanismos geradores de escoamento), nossas pesquisas tomaram um rumo mais prático.

O programa "Manejo dos pequenos açudes" é um programa de pesquisa-desenvolvimento levado a efeito pelo Departamento das Águas Continentais (DEC) do Orstom, em associação com uma

equipe de técnicos do Ministerio Frances dos Negocios Estrangeiros e uma equipe brasileira pertencente à Superintendencia do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Esse programa se definiu pela utilização de técnicas simples e pouco custosas, permitindo, assim, aproveitar a água que se esvai em pura perda.

Todas essas proposições foram reunidas em um "Manual", que diz como construir, conservar e aproveitar os pequenos "açudes". Um método hidrologico inédito estabelece as normas precisas para o dimensionamento dos reservatórios. Três eixos principais de valorização foram abordados de modo detalhado : as culturas de vazante, a piscicultura e a irrigação, este ultimo aspecto sendo particularmente desenvolvido, antes de abordar, de maneira mais global, diversos temas como a da salinização, por exemplo. Essa obra constitui ferramenta indispensável para todos os técnicos engajados no desenvolvimento rural e na valorização dos recursos hídricos do Nordeste, permitindo assim que sejam evitados erros técnicos e respondendo a muitas questões concretas.



Avant l'arrivée du bulldozer on utilisait des ânes et des mulets pour transporter la terre. La construction de l'açude ITANS ne mobilisa pas moins de 2000 animaux...

**Utilisation de l'açude**

On pourra choisir une ou plusieurs des utilisations suivantes:

- l'irrigation
  - la pisciculture et/ou l'élevage de porc et de canards
  - des cultures de décrue (sur les bords de la retenue au fur et à mesure de son rabaissement)
  - les cultures qui utilisent les zones humides dues aux infiltrations sous le barrage
  - l'alimentation humaine ou animale
- Certaines utilisations sont complémentaires.

**Pour en savoir plus**

Bret B. (1989) "Les hommes face aux sécheresses - Nordeste brésilien, Sahel africain". IHEAL & EST - Samuel Tastet Ed. Mayenne. 422 p.

Brunet S. (1986) Le Nordeste brésilien. Les véritables enjeux. Fondation Liberté sans Frontières. Paris.

Cadier E. (1991) Hydrologie des petits bassins du Nordeste brésilien semi-aride : Transposition hydrologique, thèse de doctorat USTL, Montpellier, 414 p.

Cadier E., Molle F., Albuquerque C.H.C. de, Doherty F.R., Montgaillard M. (1990) Dimensionnement de petits barrages dans le Nordeste Brésilien. Journées hydr. Montpellier.

Cadier E.; Dubrueil P. (1986). Influence de la taille et du nombre de retenues sur le régime hydrologique de petits bassins du Nordeste du Brésil. XIXe Journées de l'Hydraulique de la Société Hydrotechnique de France, Paris.

Castro J. (1965) Une zone explosive, le Nordeste du Brésil. Ed. Esprit Seuil. Paris. 225 p.

Dubrueil P., Girard G., Herbaud J.M. (1968) Monographie Hydrologique du Bassin du Jaguaribe (Ceará-Brésil). ORSTOM, Paris, 385 p.

Jaccon G., Sechet P. (1980) Base de données hydrologiques du nord-est brésilien. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., v. 17, n° 3/4 pp. 177-219.

Laraque A. (1991) Comportements hydrochimiques des "Açudes" du Nordeste brésilien semi-aride. Evolutions et prévisions pour un usage en irrigation. Thèse de doctorat, USTL, Montpellier, 324 p

Leprun J.C. (1984-1985) La conservation et la gestion des sols dans le Nordeste brésilien. Particularités, bilan et perspectives. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., v.21, n°4, pp. 257-284.

Molinier M., Audry P., Desconnets J.C., Leprun J.C. (1989) ATP-PIREN : Dynamique de l'eau et des matières dans un écosystème représentatif du Nordeste brésilien. Conditions d'extrapolation spatiale à l'échelle régionale" Rapport final - ORSTOM Recife, Brésil. 25 p.

Molinier M., Cadier E. (1984-85) Les sécheresses du Nordeste brésilien. In : Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. XXI(4) pp. 23-49.

Molinier M.; Albuquerque C.H.; Cadier E. (1992). Análise da pluviometria e isoietas homogeneizadas do Nordeste Brasileiro . Recife, SUDENE 55 p. ill. (Brasil SUDENE Hidrologia, n° 32). "Convênio SUDENE/ORSTOM".

Molle F. (1989) Perdas por evaporação e infiltração em pequenos açudes. Recife, SUDENE-DPG-PRN-GT.HME, 172 p. (Brasil. SUDENE. Hidrologia, 25). "Convênio SUDENE/ ORSTOM".

Molle F. (1991a) Geometria dos pequenos açudes. Recife. SUDENE-PRN, 126 p. (Brasil, SUDENE, Hidrologia, 29) "Convênio SUDENE/ORSTOM".

Molle F. (1991b) Marcos históricos e reflexoes sobre a açudagem e seu apro-

veitamento. Col. Mossoroense, Série C, v. 653, 171 p.

Molle F. (1991c) Caractéristiques et potentialités des "Açudes" du Nordeste brésilien, thèse de doctorat USTL, Montpellier, 381 p.

Molle F., Cadier E. (1992) Manual do pequeno açude. SUDENE, Coopération Française, ORSTOM, ill. 521 p.

Molle F., Courcier R., Cadier E. (1988) Quelques aspects de la petite irrigation dans le Nordeste Brésilien. In : Les Cahiers de la Recherche Développement, n. 19, sept.

Rebouças A. da C., (1973) Le problème de l'eau dans la zone semi-aride du Brésil. Evaluation des ressources. Orientations pour la mise en valeur. Thèse de Doctorat d'Etat et Sciences. Université Louis Pasteur de Strasbourg. 291 p.

Seraphim B.J.Z.; Cadier E.(1992) Sintese dos trabalhos e publicacoes elaborados através da cooperação técnica Brasil/França (SUDENE/ORSTOM/TAPI). Recife, SUDENE- 70 p. il. (Brasil SUDENE Hidrologia, n° 33). "Convênio SUDENE/ORSTOM".



Des technologies simples : L'eau arrive par un petit canal. Photo : Orstom/TAPI

Cadier Eric, Laraque Alain, Molle François, Courcier R.,  
Sabourin E., Seraphin B., Doherty R., Albuquerque C.H. de,  
Do Carno M., Duarte C.

Les açudes du Nordeste du Brésil

ORSTOM Actualités, 1993, (38), p. 5-10. ISSN 0758-833-X