

**CARACTERISTIQUES ET UTILISATION DES PETITS AÇUDES  
DU NORDESTE BRÉSILIEN<sup>1</sup>**

Communication présentée au Séminaire  
Franco-Brésilien sur la Petite  
Irrigation - Recherche et Dévelop-  
pement. Centre de Formation de la  
SUDENE. 11 - 13 décembre 1990.

**François MOLLE<sup>2</sup>**

---

<sup>1</sup> Ce travail correspond au résumé, traduit du portugais, de quelques réflexions développées dans le document  
"Marcos históricos e reflexões sobre a açudagem e seu aproveitamento".

<sup>2</sup> IGRF, Coopération Française/SUDENE

## CARACTERISTIQUES ET UTILISATION DES PETITS AÇUDES DU NORDESTE BRÉSILIEN

### 1. INTRODUCTION

Miroir d'eau et de vie au milieu de la nature desséchée, l'"açude" constitue un élément vital pour le nordestin du Sertão brûlé par les sécheresses; un miroir d'espoir face à l'incertitude qui accompagne le rythme des saisons. Son étymologie<sup>3</sup> révèle son origine arabe et rappelle que cette technique, utilisée de longue date en Afrique du Nord, a été introduite dans la péninsule ibérique lors de sa conquête par les Maures.

Assimilée par les portugais, la technique de construction de petits barrages en terre fut utilisée au Brésil dès le début de la conquête, quoique de façon encore rudimentaire, pour dévier de petits cours d'eau susceptibles de fournir de l'énergie mécanique aux \*moulins des plantations de canne à sucre.

Confrontés au problème de l'approvisionnement en eau, de la population comme du bétail, les premiers colons du Sertão eurent parfois recours au petit açude. Il fallut attendre la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle pour que la croissance de la population (développement de la culture du coton), l'apparition des premiers villages et la fixation des principales exploitations dans le Sertão, conduisent à une première diffusion des petites retenues d'eau.

Les sécheresses de 1825-1827-1830 furent à l'origine des premiers efforts des pouvoirs publics en matière d'açude dans la région semi-aride. On enregistra la construction de nombreux réservoirs dans les petites villes avec le premier régime d'aide à la construction, établi par la Province du Ceará en 1832. La relative régularité des pluies durant la période 1850-1876 ralentit le rythme des constructions de telle façon que, lors de la grande sécheresse de 1877, la plupart des réservoirs se trouvait dans un état de conservation désastreux. Le retour de la sécheresse provoqua la réaction du Gouvernement Impérial qui donna la priorité aux projets de construction de grands açudes. Cette détermination ne fut cependant concrétisée que 30 ans plus tard avec la création de l'Inspection des Travaux de Lutte contre les Sécheresses (IOCS); le premier grand açude public fut celui du Cedro à Quixada, dans l'État du Ceará, finalement inauguré en 1906.

<sup>3</sup> "açude", de l'arabe as-sadd (barrage), nom brésilien donné aux retenues collinaires.

Parallèlement à l'odyssée des "grands açudes" qui devait évoluer entre des phases de marasme et des périodes de grands investissements, la construction de "petits açudes" connut un développement ininterrompu, donnant des preuves plus que suffisantes de son importance et de sa valeur dans le cadre de l'agriculture du Sertão.

## 2. DEVELOPPEMENT DES AÇUDES ET INVENTAIRE

Le fonds de carte au 1/1000.000 élaboré par la SUDENE permet de réaliser un comptage des açudes existants dans le Nordeste en 1965 (année de base moyenne) et la carte de densité (figure 1).

Selon le projet PLIRHINE, près de 17.000 réservoirs de superficie supérieure à 8.000 km<sup>2</sup>, ont été localisés et l'on estime à 10.000 (en 1980) les açudes dont la superficie est inférieure à cette valeur. La carte indique une forte concentration de réservoirs dans les vallées du Jaguaribe, Apodi et Piranhas, zones de géologie cristalline, forte densité démographique et haut risque de sécheresse.

L'actualisation du PLIRHINE pour l'année 1980 fait état de 37.385 açudes, nombre estimé à partir des taux de croissance observés au niveau de petites régions très limitées.

L'analyse de photos satellite de l'Etat de Pernambouc, du moyen Jaguaribe et de la région de Caicó (RN), révèle une croissance du nombre des açudes extrêmement différenciée selon les cas. Entre 1965 et 1985, la densité moyenne dans le Pernambouc fut multipliée par 8.8, totalisant près de 11.000 açudes et ce, principalement à la suite de la multiplication des petits açudes dans la région de l'Agreste. Dans le Moyen Jaguaribe, on observe des facteurs de croissance entre 5 et 8, alors que dans le Seridó, la progression est limitée à 37%, ceci à cause de la forte densité d'açudes déjà existante: la figure 2 donne un exemple d'une densité de 1,5 km<sup>2</sup>/açude, valeur qui peut-être considérée comme proche d'un seuil de saturation. A partir de ces observations, on peut avancer l'estimation, avec les réserves qui s'imposent vu les informations fragmentaires dont on dispose, de 70.000 açudes dans le Nordeste brésilien.

### 3. CARACTERISTIQUES DES AÇUDES

#### 3.1 CONSTRUCTION

On trouve la mention, au XIX siècle, de petits açudes construits de pierre et de chaux, atteignant jusqu'à 10 mètres de hauteur, sur le modèle des "tanks" de l'Inde. De manière générale, la construction de la plupart des açudes, dès l'origine, reposait sur un procédé assez original: La terre était transportée dans une bâche de cuir appelée "couro de arraste", traînée par une paire de boeufs; les sabots des animaux assuraient ainsi un compactage partiel de la digue. Au début du siècle, les mules vinrent substituer les boeufs et, progressivement furent équipées de caisses latérales à fond escamotable qui améliorèrent nettement l'efficacité du travail.

En 1934, lors de la construction de l'açude ITANS, près de la ville de Caicó, on compta 2 000 mules transportant la terre. C'est durant cette même période que sont apparues les machines modernes qui, peu à peu, allaient supplanter les mules, pour assurer aujourd'hui la plupart des constructions.

La qualité de la construction, principalement jusqu'aux années 20, était relativement médiocre, occasionnant de nombreuses destructions et un préjudice notoire pour le Nordeste. La diffusion des techniques de compactage et de fondation contribua à augmenter sensiblement la résistance des barrages alors que les aspects hydrologiques, essentiellement le dimensionnement des digues et du déversoir, continuaient à poser problème.

#### 3.2 DIMENSIONNEMENT

Le problème du dimensionnement des barrages est assez complexe dans la mesure où l'importance de l'écoulement et des crues est extrêmement variable, surtout pour de petits bassins hydrographiques de quelques km<sup>2</sup>.

Les normes hydrologiques établies dans les années 30 par Aguiar, basées sur les observations fluviométriques réalisées depuis 1910 par le DNOCS, sur de grands bassins, constituent une référence jusqu'à nos jours.

Les observations réalisées depuis 15 ans par le Programme de Bassins Représentatifs de la SUDENE ont permis de mettre en évidence, tant qualitativement que quantitativement, le rôle des principales caractéristiques des bassins (sols, pente, végétation..) ainsi que de la pluviométrie (total annuel, typologie des pluies journalières..). Les écoulements annuels moyens, dans un bassin donné, correspondent à environ 5 à 15 % de

la pluviométrie moyenne. On dispose maintenant d'une méthode hydrologique qui permet de dimensionner les açudes et leurs déversoirs, tout en prenant en compte l'usage prévu et les données économiques<sup>4</sup>.

### 3.3 GEOMETRIE DES RESERVOIRS

Les conditions topographiques des régions de nature géologique cristalline sont généralement très favorables à la construction d'açudes. Pour les grands travaux, le Gouvernement Impérial faisait inspecter les fameux "boqueirões", gorges naturelles qui fascinèrent les ingénieurs du DNOCS au point de devenir parfois le principal justificatif au choix d'un site. Cependant la géométrie de ces réservoirs est très variable; pour un même volume de terre de la digue, le volume d'eau retenu peut varier de 1 à 10 et plus encore.

Le rapport moyen entre le volume retenu et le volume de terre est de l'ordre de 12 pour les açudes de volume inférieur à 120.000m<sup>3</sup>, mais il augmente sensiblement pour des réservoirs plus importants. On a trouvé le rapport statistique suivant entre le volume d'eau ( $V_a$ ) et le volume de terre ( $V_t$ ):  $V_a = 0,77 V_t^{1.59}$ . Le besoin d'évaluer rapidement et avec précision le volume retenu conduit à une réflexion plus approfondie sur la forme des açudes: pour une même profondeur, la superficie et le volume retenus peuvent varier dans un rapport de 1 à 50 selon le réservoir.

Chaque açude peut être caractérisé par deux coefficients géométriques,  $\alpha$  et  $K$ , appelés respectivement coefficient de forme et coefficient d'ouverture, lesquels interviennent dans le rapport  $V = K.H^\alpha$  qui relie la profondeur  $H$  au volume  $V$ . En plus de caractériser la géométrie de n'importe quel açude, cette formule analytique est extrêmement utile à la résolution de divers problèmes liés aux açudes (dimensionnement, salinisation, etc ...).

Le coefficient d'ouverture  $K$  représente le caractère plus ou moins encaissé de la vallée barrée par l'açude et varie généralement entre 500 et 1.500, mais peut atteindre plusieurs dizaines de mille pour de grands açudes. Le coefficient de forme ( $\alpha$ ) dépend de la forme (concavité) des versants du barrage; la moyenne régionale est de 2.70, avec des variations entre 2.20 et 3.40<sup>5</sup>. La géométrie des açudes a son importance, entre autre, en ce qui concerne l'utilisation du réservoir :

<sup>4</sup> CADIER E. "Dimensionamento de pequenas barragens no Nordeste semi-árido".

<sup>5</sup> MOLLE F. "Geometria dos pequenos açudes"

- Pour l'alimentation, le facteur principal est la profondeur (les coefficients géométriques n'interviennent pas directement);
- Les açudes ayant une valeur de  $\alpha$  élevée se prêtent mieux aux cultures de décrue (aire inondable importante et rapidement découverte par la baisse du niveau des eaux);
- La pisciculture peut-être développée de préférence dans des açudes ayant une valeur de  $\alpha$  très basse (pour lesquels la superficie de la nappe d'eau varie très peu.)
- L'irrigation suppose un volume le plus important possible, et une superficie du miroir d'eau limitée afin de réduire les pertes...

En ce qui concerne, par exemple, le processus de concentration saline, les valeurs élevées de  $\alpha$  (versants concaves) sont très préjudiciables car le rôle de l'évaporation s'en trouve accru.

Le volume retenu peut-être évalué rapidement par

$V = H.S/2,68$  ( $H$  = profondeur,  $S$  = superficie) avec une marge d'erreur de  $\pm 31\%$ . Un relevé topographique simplifié de l'açude (deux miroirs d'eau) permet d'évaluer  $\alpha$ ,  $K$  et le volume emmagasiné avec une marge d'erreur de  $\pm 17\%$ . Enfin un relevé classique, complet, réduit cette marge à  $2,5\%$  (pour plus de détails voir les autres travaux techniques<sup>6</sup>).

### 3.4 L'EVAPORATION ET LES INFILTRATIONS

L'évaporation de l'eau des açudes est un phénomène qui revêt une grande importance; dans le Sertão, la perte annuelle d'une nappe d'eau varie entre 2,10 et 2,70 m. L'évaporation dépend des conditions climatiques de chaque site (insolation, vents, humidité de l'air,...). En second lieu, elle varie selon la nature du milieu environnant (sol nu, végétation...) qui détermine l'humidité et la vitesse du vent qui balaie la superficie de l'açude, augmentant l'évaporation (advection). Enfin l'évaporation dépend de la taille de la retenue. Les açudes dont le volume et la superficie sont les plus importants ont une évaporation moindre, parce qu'ils constituent un volant thermique plus important et parce que l'effet advectif diminue avec l'étendue de la nappe d'eau. Les grands barrages (plus de 50 ha) évaporent environ 70% de la valeur du bac de référence classe A,

<sup>6</sup> MOLLE F. "Geometria dos pequenos açudes"

alors que l'évaporation des petits açudes ( $S < 2000 \text{ m}^2$ ) atteint 90% de cette valeur.

Il n'existe pas de moyen simple pour éviter l'évaporation. L'influence des plantes aquatiques qui recouvrent, parfois, la nappe d'eau n'est pas très significative, et ne modifie l'évaporation que dans un intervalle de  $\pm 15\%$ , selon la résistance stomatique et de la résistance aérodynamique de la plante. La jacinthe d'eau, par exemple, augmente l'évaporation. En tout cas, les effets biologiques négatifs quant à la qualité de l'eau sont, de loin, plus importants que l'éventuel et minime gain sur l'évaporation. Ces plantes aquatiques sont toujours très néfastes pour la pisciculture.

A l'évaporation il faut ajouter les pertes par infiltrations qui, si elles restent négligeables pour la plupart des grands açudes, peuvent être très importantes pour les plus petits, devenant, dans des cas extrêmes, aussi importantes que celles dues à l'évaporation. Pour les petits açudes, il a été démontré que les infiltrations représentaient, en moyenne, une augmentation des pertes de 34% par rapport à l'évaporation, avec une grande variabilité en fonction, principalement, de la qualité de construction de la fondation de la digue<sup>6</sup>.

Rappelons, enfin que ces infiltrations, souvent utilisés pour les plantations en aval des retenues<sup>7</sup>, sont très souvent souhaitées. De plus, l'alimentation d'une nappe souterraine constitue parfois un bénéfice notable, comme le remarque F. GUERRA: "Il arrive souvent qu'un ruisseau qui ne laisse pas filtrer assez d'eau pour pouvoir alimenter un puisard en saison sèche, bénéficie, après la construction d'un açude, d'infiltrations à l'aval de celui-ci, capables d'alimenter un puisard, y compris après la disparition de l'eau dans le réservoir<sup>8</sup>."

### 3.5 ENSABLEMENT

L'ensablement du bassin hydraulique est un autre danger qui menace l'açude. Il faut, cependant, se garder des généralisations trop hâtives car ce phénomène, dans la pratique, n'est pas aussi fréquent qu'on le dit parfois.

Les ensablements sont plus fréquents dans certaines régions, en général à proximité de montagnes, mais sans que cela constitue

<sup>6</sup> MOLLE F. "Perdas por evaporação e infiltração em pequenos açudes"

<sup>7</sup> "Plantações de sítio" en portugais, ce sont les cultures implantées au pied du barrage, des arbres fruitiers en général, afin de profiter des eaux d'infiltrations.

<sup>8</sup> GUERRA Ph., Cartas in 12. Livro das Secas

une règle. Nous avons observé le cas d'un açude dans la région de São José do Seridó, totalement ensablé et utilisé avec d'excellents résultats pour les cultures de décrue. De tels cas extrêmes sont généralement le fait d'un déboisement excessif dans un bassin hydrographique présentant des sols fragiles et de fortes pentes.

### 3.6 QUALITE DE L'EAU ET SALINISATION

Il existe, sans nul doute, un grave problème de qualité de l'eau dans les açudes, tant au niveau chimique que sanitaire. De fait, l'utilisation encore fréquente des açudes tant pour l'abreuvement des animaux que pour les usages domestiques, entraîne des problèmes sanitaires évidents. A cette situation il faut ajouter des problèmes de bilharziose, difficiles à quantifier. Il n'existe pas une conscience très aiguë de ces problèmes dans la mesure où ils ne constituent souvent qu'un aspect d'un état sanitaire et d'hygiène général très médiocre.

La salinisation des açudes a deux causes bien distinctes : la première dépend de la nature des sols et des roches du bassin hydrographique. On sait, par exemple, que les solonetz et planossols engendrent des écoulements très salinisés, à l'inverse des latossols et des podzols. De manière générale, les sols qui produisent des écoulements souterrains et donc des flux de plus grande durée dans les cours d'eau, donnent de l'eau de plus mauvaise qualité.

La seconde cause dépend du dimensionnement de la retenue et plus précisément du rapport entre son volume maximum ( $V_x$ ) et le volume écoulé annuel moyen ( $V_{sc}$ ). Pour de petits açudes bien dimensionnés,  $V_x/V_{sc}$  est de l'ordre de 0.5, alors que, pour des açudes plus grands, assurant une réserve d'eau permanente, ce rapport, selon les indications du DNOCS, est de l'ordre de 2. La répercussion sur le régime de déversement de l'açude est importante: le déversement "lave" l'açude et joue un rôle identique à celui du lessivage du sol dans les périmètres irrigués. Des açudes surdimensionnés fonctionnent comme de véritables pièges à sel; il y a rabaissement du niveau sous l'effet de l'évaporation et, en conséquence, concentration des sels qui restent dans l'açude.

Enfin, il faut mentionner l'influence de la profondeur de l'açude qui détermine l'importance relative de la perte par évaporation par rapport au volume d'eau retenu, ainsi que le coefficient de forme ( $\alpha$ ) de l'açude. De fait, le facteur de concentration saline durant la saison sèche et pour une évaporation  $EVP(m)$  est donné par  $[H/(H-EVP)]^\alpha$ ,  $H$  étant la profondeur initiale de l'açude.

La meilleure façon de lutter contre ce type de phénomène est d'utiliser l'açude : de fait en retirant l'eau pour irriguer (ou tout autre usage) on retire également les sels qu'elle contient. La figure 3 montre l'évolution de la concentration saline d'un açude de 4 m de profondeur utilisé après l'hiver pour irriguer une culture de tomates (120 jours), en fonction du degré d'utilisation: L'utilisation maximale correspond à l'irrigation d'une superficie telle que l'açude se trouve vidé au dernier jour d'arrosage<sup>8</sup>.

Il est important de souligner que, dans le Nordeste, il existe une division bien nette entre les régions sujettes aux problèmes de salinisation (Borborema, parties des vallées de l'Ipojuca (PE) ou de l'Itapicuru (BA), etc...) et les autres, où l'eau est de bonne qualité. De petits açudes bien dimensionnés, avec une eau présentant une conductivité inférieure à 750  $\mu$ mhos, ne posent pas de problèmes, surtout s'ils sont utilisés.

---

<sup>8</sup> MOLLE F. "Aspectos do processo de salinização dos açudes"

#### 4. L'UTILISATION DES PETITS ET MOYENS AÇUDES<sup>10</sup>

"Sans les açudes, l'économie du Ceará ne serait pas viable<sup>11</sup>."

-----

"L'açude, dans les conditions climatiques du Nordeste est, de par ses fonctions intrinsèques, une source d'approvisionnement en eau pour les hommes et le bétail, une réserve de pêche, un terroir de culture de décrue, un réservoir d'eau pour l'irrigation systématique<sup>12</sup>."

-----

"Il n'y a pas dans le Nordeste de meilleur placement qu'un açude. Nous avons déjà fait référence, et il convient de le répéter, à des açudes ayant coûté dix à vingt contos qui, dès la première ou deuxième année d'utilisation, avaient produit la même somme, couvrant ainsi en si peu de temps le coût de leur construction<sup>13</sup>."

-----

"J'ai vu beaucoup d'agriculteurs du Sertão vendre la moitié de leurs vaches pour construire des açudes qui leur assurent de l'eau et un peu de fourrage pour leur troupeau durant les années sèches<sup>14</sup>."

-----

"Il est certain que si chaque municipalité de la zone sèche disposait de quelques petits et moyens açudes, cette région serait à même de résister aux sécheresses de une ou deux années,

<sup>10</sup> On retiendra la classification suivante:

**Barreiro:** le "barreiro", est une petite retenue en terre avec un évacuateur de crue latéral rudimentaire, qui sèche chaque année et sert principalement d'abreuvoir temporaire pour le bétail. Selon la conception du CPATSA, il peut aussi être destiné à l'irrigation de complément de cultures pluviales.

**le petit açude:** C'est le type d'açude le plus courant; il sert essentiellement à assurer l'approvisionnement en eau durant la saison sèche, de manière à faire la transition entre deux périodes pluvieuses; il n'est pas en mesure d'affronter des sécheresses prolongées et la probabilité de rester sans eau (ou avec une eau boueuse, non potable) est trop forte pour qu'il puisse constituer la seule source d'eau disponible.

**L'açude moyen:** De par sa capacité sa probabilité d'assèchement est bien moindre que celle des petits açudes. Il permet de passer au moins une année sèche (une année sans écoulement, ce qui correspond à 20 mois sans recevoir d'eau) ce qui fait qu'il constitue, souvent, la principale source d'approvisionnement de la propriété.

**le grand açude:** Il s'agit d'un réservoir pérenne (quand non utilisé) et généralement public.

<sup>11</sup> GOUVEIO A., "A Açudagem no Ceará"

<sup>12</sup> BERREDO V., "Obras contra as secas"

<sup>13</sup> GUERRA F., "Seccas contra as seccas"

<sup>14</sup> LAMARTINE J. in GUERRA O., Vigésimo Livro das secas"

qui sont les plus communes. On dit qu' à cause de leur capacité limitée, ces açudes sont de peu d'utilité; mais si, d'une part, ils permettent généralement d'affronter des périodes sèches d'au moins deux ans, il convient de signaler que rares sont les sécheresses qui excèdent cette période. Et même ainsi les açudes permettent de réduire les sécheresses de trois à deux ans et de deux à un an<sup>15</sup>."

Ainsi illustrés, les bénéfices retirés des açudes dans le Sertão brésilien sont aussi démontrés par l'extraordinaire dynamique de leur diffusion. "il (l'açude privé) n'entraîne pas de dépenses d'expropriation, ni de charge administrative. Enfin il dispense du "service public: La différence entre service public et service particulier, à la charge du propriétaire, est supérieure à 50% en faveur de ce dernier - les faits le démontrent chaque jour. Les exceptions sont très rares<sup>16</sup>."

Les options offertes par la mise en valeur des petits et moyens açudes du Nordeste méritent une attention particulière, ne serait-ce que par le nombre et la diffusion des multiples retenues d'eau concernées. Contrairement à l'opinion couramment répandue selon laquelle un petit açude est de peu d'utilité car il sèche fréquemment, il nous paraît important d'examiner et commenter ici les différentes formes d'utilisation envisageables.

\* Alimentation en eau : Il s'agit généralement de l'utilisation principale de l'açude, celle qui motive, le plus souvent, sa construction: Abreuvement du bétail, approvisionnement humain (qui malheureusement cohabitent trop souvent), lavage du linge, etc...une étude réalisée par ASSUNÇÃO<sup>17</sup>, démontre que, dans les régions concernées par son enquête, 40% des petites exploitations utilisent des petits açudes pour leur approvisionnement.

En ce qui concerne l'abreuvement du bétail, les petits açudes sont fondamentaux : disséminés dans la propriété, ils permettent l'approvisionnement en eau durant la période sèche, réduisant ainsi les distances de parcours des animaux. Il faut rappeler que la quantité d'eau consommée par le bétail, hormis dans le cas de petits "barreiros", est pratiquement insignifiante en terme volumétrique : une nappe d'eau d'un hectare évapore durant la saison sèche, l'équivalent de la ration en eau consommée par 2 000 bovins.

\* Cultures de décrue: "Ce sont les cultures que l'agriculteur du Sertão pratique dans le lit des rivières et sur les berges des açudes, à mesure que le niveau d'eau diminue,

<sup>15</sup> ALMEIDA J. A. de, "O ciclo revolucionario do Ministro da Viação"

<sup>16</sup> GUERRA Ph. "Velhos problemas sempre atuais"

<sup>17</sup> LIVINGSTONE E ASSUNÇÃO, "O investimento em água e o impacto das secas no Nordeste do Brasil".

profitant non seulement de l'humidité profonde du sol, mais aussi des limons fertiles déposés par les eaux<sup>18</sup>."

La culture de décrue est une pratique qui est née dans la région de Seridó (RN), à l'occasion de la sécheresse de 1823 et qui s'est développée initialement dans le lit des rivières à sec. La technique fut ensuite appliquée aux lacs naturels (Piató, Apodi) et, avec le temps, aux açudes toujours plus nombreux.

Les cultures de décrue présentent plusieurs avantages: les surfaces cultivées, longtemps submergées, se trouvent à la fois emplies de mauvaises herbes et enrichies par le limon accumulé; elles sont économiques en terme de main d'œuvre et permettent la production de contre-saison. On sème, de préférence, des cultures de cycle court et présentant une bonne croissance cavaire (de manière à pouvoir accompagner la baisse du niveau d'eau), généralement haricot, patate douce, melon, potiron, stèque, maxixe, etc ...

Par ailleurs, le fourrage de décrue est très intéressant comme le démontre la région de Seridó, où il constitue la base de l'élevage en période sèche. R. CRANDALL témoigne, en 1910: "Le développement agricole du Seridó tient à deux facteurs: Les éleveurs clotent leurs exploitations, divisent leurs pâturages en conservant une partie pour chaque année, résolvant ainsi en partie les problèmes de la sécheresse; de plus c'est la seule région que nous ayons connue, durant plusieurs années de voyages dans le Sertão Nord, où l'on peut se procurer du beurre et du fromage toute l'année. Ceci est dû très certainement aux petits açudes qui fournissent aux vaches des pâturages très nourrissants, quand tout est sec dans le reste du voisinage<sup>19</sup>."

Cette observation met en évidence le rôle essentiel de l'açude comme réserve de fourrage, faisant ainsi office de "silo vert" sans lequel cette région, de faible pluviométrie et dotée de sols de mauvaise qualité, n'aurait aucune possibilité de développer l'élevage. Le fourrage andrequicê (*Echinochloa colonum*), par exemple, se plante dans l'eau, à une profondeur de 40-50 cm, et donne une production de 30 t/hectare/coupe. avec une première coupe après 60 jours.

\* "Résurgence" des eaux d'infiltration : "l'açude, permet également la plantation "de sitio", à savoir la culture d'arbres fruitiers: manguiers, cocotiers, anacardiens, anones, goyaviers, bananiers, etc...dont les fruits sont de commercialisation aisée à des prix rémunérateurs et qui, sans la protection des açudes, seraient condamnés à chaque sécheresse<sup>20</sup>." La plantation au pied

<sup>18</sup> LISBOA A., conférence de 1913 in DNOCS "Pensamentos e diretrizes"

<sup>19</sup> CRANDALL R., "Geografia, geologia, suprimento d'água, transporte e açudagem"

<sup>20</sup> GUERRA Ph., "Seccas contra as secças"

du barrage, dans ce qu'on appelle la "revencia" (infiltration) de l'açude, est tellement appréciée que l'agriculteur du Sertão a l'habitude de protester quand le "maître d'oeuvre" ou l'ingénieur, en soignant trop la fondation, le prive d'infiltrations. Nous avons pu observer une bananeraie de 500 mètres de long, plantée dans un bas-fonds étroit, alimentée de cette manière.

\* Pisciculture: Il est probable que la pêche est aussi ancienne que les premiers açudes: "Ici dans le Seridó, il y a déjà eu des gens qui se proposaient de construire à leurs frais l'açude d'un tiers, demandant en rémunération le poisson qu'ils pêcheraient dans ce même açude durant dix années consécutives (...). On connaît le cas d'un açude qui a produit en une seule année dix mille reis avec la vente du poisson, somme à peine inférieure au coût total de sa construction<sup>22</sup>."

Contrairement à ce que l'on pense généralement, les petits et moyens açudes sont bien mieux adaptés à la pisciculture que les grands. Les dimensions limitées de leur réservoir permettent le contrôle de l'empoisonnement et de la pêche, une surveillance meilleure des espèces prédatrices, l'accompagnement de la croissance des poissons, la fertilisation de l'eau et la distribution d'alimentation complémentaire, bref, tous les éléments d'une pisciculture semi-intensive qui multiplie par 10 ou 20 les rendements de la pêche extensive des grands açudes.

L'açude peut-être empoisonné, comme un vivier, chaque année quand les pluies permettent son remplissage, de préférence avec des espèces à croissance rapide comme la carpe ou le tambaqui. Des alevins de ce dernier, de 2-3 mois, peuvent atteindre 1 kg après à peine 4 mois de culture! Ce poisson rustique, omnivore, de chair excellente et bien accepté sur le marché, devrait contribuer à révolutionner la pisciculture (sa distribution est encore très récente).

Dans ces conditions, un petit açude d'un ha d'eau, même en réduisant cette surface de moitié en trois mois, pourra permettre la production de deux tonnes de poisson, avec un investissement faible et un risque pratiquement nul, ce qui présente un véritable contraste avec une agriculture hautement aléatoire. Il faut ajouter que les perspectives de marché sont très favorables, d'autant plus que la consommation de poisson est devenue courante et que le Nordeste importe 50% du poisson consommé dans la région (voire même 75% dans le cas du Pernambouc). Il existe près de 35 stations de pisciculture où l'on peut se procurer des alevins.

La principale difficulté, (mis à part le vol des poissons) vient du contrôle des espèces à haute prolificité (tilapia,

<sup>22</sup> GUERRA Ph., "Seccas contra as seccas"

piabas,..) ainsi que des espèces carnivores, principalement la traira (*Hoplias malabaricus*).

"De nombreuses et rigoureuses observations ont montré qu'un hectare de retenue d'eau dans le Nordeste pouvait garantir un rendement moyen annuel de 2.000 kg de poisson, alors que la même surface de paturage, produit rarement un rendement supérieur à 100kg de viande de boeuf<sup>21</sup>."

Cette observation nous invite à approfondir la comparaison entre la pisciculture et l'élevage. Même en conservant la moyenne de 2t/ha/an, laquelle peut-être, avec les moyens actuels et dans de bonnes conditions, facilement doublée, le rapport entre les deux productions se passe de commentaire. On peut aussi ajouter que la teneur en protéine d'un kilo de chair de poisson (frit ou salé) est le double de celle d'un kilo de viande de boeuf ou de porc. Le miroir d'eau du Nordeste peut être évalué à 1.500.000 ha, ce qui donne une idée du potentiel valorisable (lequel peut être comparé à une production annuelle de viande bovine de l'ordre de 400.000 t).

\* Irrigation : Dans toutes les régions arides du monde, le barrage est un régulateur du climat, permettant tout d'abord, l'irrigation "de complément", ou "contre-aléatoire" durant la saison des pluies, car on sait que l'irrégularité pluviométrique est proportionnelle à l'aridité. Le petit açude, en fonction de sa capacité limitée, ne permet pas l'irrigation de cultures pérennes. Sa mise en valeur la mieux adaptée consiste à irriguer une culture de cycle court aussitôt la fin de la saison des pluies, ou bien jusqu'à deux cultures successives, quand l'açude le permet. L'açude moyen, quant à lui, peut permettre parfois, l'irrigation d'une culture pérenne, comme une bananeraie, à condition que le périmètre soit bien dimensionné.

On sait que le climat du Sertão permet d'obtenir, à partir du moment où l'on dispose d'eau, deux ou trois récoltes par an, ce qui n'est pas possible dans les régions tempérées où l'hiver limite l'agriculture à une seule campagne par an. Le climat sec de la région devient même un facteur positif en limitant l'apparition de problèmes phyto-sanitaires.

Il convient de souligner que, très souvent, les açudes sont associés à de petites zones d'alluvions situés dans le lit des ruisseaux, juxtaposition d'ailleurs très bénéfique: les alluvions constituent des terres privilégiés, fertiles, et peuvent généralement être irrigués par gravité, au moyen d'un siphon, procédé peu coûteux, simple et fonctionnant sans énergie. Ces alluvions représentent près de 5% de la superficie des terrains

<sup>21</sup> VIEIRA L., "Conferência 1940" in "DNOCS, Pensamentos e diretrizes"

alluvions représentent près de 5% de la superficie des terrains de géologie cristalline, soit 3,5 millions d'ha<sup>23</sup>.

L'agriculteur du Sertão oppose une sorte de résistance naturelle à l'utilisation intensive de son açude, à cause de l'importance de sa fonction d'approvisionnement en eau. A cette restriction indéniable et fondamentale, on peut opposer les observations suivantes.

- Le petit açude, tel que nous l'avons défini, constitue rarement la seule source d'eau. Il en existe généralement une autre, plus "résistante" à la sécheresse, même si d'accès moins aisé, comme par exemple, la "cacimba" (puisard). Quand il peut y avoir séparation des sources et des besoins, le petit açude peut être intégralement utilisé pour l'irrigation d'une culture de cycle court au début de la saison sèche. ("puisque l'açude doit sécher, il vaut mieux utiliser l'eau avant qu'elle ne s'évapore"); cet aspect, en plus de la mauvaise qualité des eaux des mares où boit le bétail, renforce la nécessité de diversifier au maximum les sources d'eau potable ; la citerne avec utilisation du toit de la maison comme impluvium représentant une des meilleures solutions, encore insuffisamment diffusée.
- L'açude moyen peut être utilisé pour irriguer sans grande répercussion sur le niveau d'eau (et sur la garantie de l'approvisionnement), à partir du moment où on l'utilise dès le début de la saison sèche, quand le niveau de l'eau est encore assez haut. On trouvera les détails techniques dans d'autres travaux sur cet aspect<sup>24</sup>.
- La résistance psychologique mentionnée précédemment est en train de se modifier depuis cinq ans, à partir de l'exemple donné par quelques uns, dans le contexte général de développement de la petite irrigation. Des régions comme le Haut Pajeu, la serra de Teixeira ou les alentours de Catolé da Rocha montrent les premières initiatives récentes en matière d'utilisation productive des petits açudes.
- Il existe, enfin, quelques açudes construits spécialement pour l'irrigation et l'utilisation intégrale de l'eau stockée comme nous avons pu l'observer dans le Haut Paieu, dans la Paraíba et la Bahia.
- Il convient de signaler, à propos de cette dernière possibilité, l'énorme potentiel que représente les régions qui disposent déjà d'un système d'approvisionnement

<sup>23</sup> REBOUÇAS e GASPARY "As águas subterrâneas do Nordeste"

<sup>24</sup> MOLLE F., "observações básicas a respeito do uso dos pequenos açudes"

traditionnel (citerne ou puits par exemple.) et où il existe encore peu d'açudes. Ceux-ci pourraient être construits sans interférence avec l'approvisionnement en eau, et donc utilisés intensivement.

La petite irrigation à partir des petits açudes permet une valorisation beaucoup plus efficace de l'eau, que dans le cas des grands açudes. Un hectare de cultures de cycle court peut être irrigué, en début de saison sèche, avec un volume d'eau initial de l'ordre de 12.000 m<sup>3</sup>.

## **CONCLUSIONS**

Notre propos ne prétend en aucune façon démontrer que les açudes constituent une "solution" miracle aux problèmes du Nordeste. Il s'agit à peine de souligner l'énorme potentiel qu'ils représentent, potentiel sans nul doute encore peu valorisé si l'on considère les perspectives de développement qu'ils offrent. Il convient enfin de rappeler qu'il n'existe pas de concurrence entre les différents types de mise en valeur mentionnés.

Il ne nous semble pas, par ailleurs, qu'il ait été constructif, ni logique, d'opposer l'irrigation à ce que l'on a appelé "la cohabitation avec la sécheresse", comme si la maîtrise de l'eau ne constituait pas le meilleur exemple d'une telle cohabitation.

On ne peut nier, cependant, que la priorité actuelle donnée à l'irrigation tend à faire oublier les autres aspects de la réalité du Nordeste, qui devraient également faire l'objet d'autant d'efforts prioritaires. Par contre, il n'y a pas de raison de condamner l'irrigation sous prétexte qu'elle se limite aux zones disposant de ressources en eau et/ou de sols de meilleure qualité (on ne fait alors que remarquer ses limitations), dans la mesure où aucune proposition de développement ne peut évidemment prétendre être adaptée à toutes les situations.

On peut indiquer quelques orientations pour des programmes de mise en valeur des açudes, lesquels pourraient être développés au niveau des Etats ou, plus spécifiquement, au niveau de microrégions.

- Application des normes hydrologiques de la SUDENE (dimensionnement du barrage et de l'évacuateur de crue) de façon à réduire au maximum les coûts de construction des petits açudes.
- Programme de diffusion d'alevins dans les petits açudes et de formation et sensibilisation des conseillers agricoles et des producteurs aux avantages et Caractéristiques de la pisciculture semi-intensive.
- Diffusion des espèces de fourrage adaptées aux cultures de décrue, surtout dans les régions où elles sont inconnues.
- Construction d'açudes, particulièrement dans les régions de faible densité comme la Bahia ou le Sud du Pernambouc.
- Investissement en matière de petits açudes de 15 à 25.000 m<sup>3</sup>

pour l'usage intensif selon la disponibilité en force de travail et la capacité d'investissement et de chargement annuel du petit agriculteur.

- Diffusion des systèmes d'irrigation, particulièrement des systèmes gravitaires avec siphon dont le coût est très réduit.
- Formation des techniciens, surtout des EMATER, à l'élaboration de projet de valorisation des petits et moyens açudes.
- Diffusion du manuel technique complet sur la méthodologie correspondante, actuellement en voie d'achèvement à la SUDENE.
- Elaboration d'inventaires par Etat (à partir de photos satellite) comme l'ont entrepris le Ceará et le Rio Grande do Norte, mais en prenant en considération les petits açudes.
- Diffusion de petits programmes d'appui pour micro-ordinateurs développés à la SUDENE, aux équipes techniques des Etats, en vue de l'élaboration rapide de projets.
- Articulation avec les autres modalités d'intervention des Etats: Crédit, développement de petites industries de transformation, réforme foncière, disponibilité en intrants, etc...qui sont indispensables pour le succès d'un programme d'une certaine envergure.

La mise en valeur des petits açudes doit s'accompagner d'une diffusion très large des autres sources d'approvisionnement en eau, plus adaptées, en particulier des citernes, de façon à libérer l'utilisation des petits barrages à des fins productives.

En construisant des petits barrages en vue d'une utilisation intensive et en valorisant les açudes déjà existants, on peut contribuer de façon efficace à la fixation des producteurs sur leurs terres et à la stabilisation de la petite propriété.

## BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- ALMEIDA, José Américo de. O ciclo revolucionário do Ministério da Viação. 2. ed. s. 1., 1982. 462p. (Col. Mossoroense, 178; série C).
- ALVARGONZALEZ, R. O Desenvolvimento do Nordeste Árido, DNOCS, Fortaleza, 1986, 462p.
- BERREDO, V. Obras contra a Seca, in Pensamentos e Diretrizes, DNOCS, Fortaleza, 1984 p. 41-88
- CADIER, E. Dimensionamento de pequenas barragens no Nordeste Semi-árido. Recife, SUDENE-DRN-HME, 1990 93 p. il. "Convênio SUDENE/ ORSTOM".
- CRANDALL, Roderic. Geografia, Geologia, suprimento d'água, transporte e açudagem nos Estados orientais do Norte do Brasil: Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba. 4 ed. Mossoró, F.G.D., 1982. 131p. (Col. Mossoroense, 201; série C).
- GOUVEIO A. "Açudagem no Ceará", DNOCS, Fortaleza, 1980, 20p.
- GUERRA, Otto. Org. Vigésimo livro das secas. Mossoró, ESAM/ FGD, 1989, 104p. (Col. Mossoroense, 472; série C).
- GUERRA, Phelippe & GUERRA, Theophilo. Seccas contra as seccas. Mossoró, 1980. 313p. (Col. Mossoroense, 29; série C).
- LEPRUN, J.C. Manejo e conservação de solos do Nordeste, Convênio SUDENE/ORSTOM, Recife, 1983, 271p.
- LISBOA, M. A. O problema das Secas, Anais da Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro, Volume XXXV, 1913 in DNOCS "Pensamentos e diretrizes"
- LIVINGSTONE, I; ASSUNCAO L.M. O investimento em Água e o impacto das secas no Nordeste Brasileiro. University of East Anglia, 1987, 227p.
- MOLLE, F. "Observações básicas a respeito do uso dos pequenos açudes", SUDENE, 1987, Apostilha (não publicada)
- MOLLE, F. Alguns aspectos do processo de salinização dos açudes. SUDENE, RECIFE, 1990, 27p.
- MOLLE, F. Geometria dos pequenos açudes. Recife, SUDENE-DPP-DPG, 1990. 100p. (Brasil. SUDENE. Hidrologia, 27). "Convênio SUDENE/ COOPERAÇÃO FRANCESA".
- MOLLE, F. Marcos históricos e reflexões sobre a açudagem e sua valorização. "Convênio SUDENE/ COOPERAÇÃO FRANCESA, SUDENE, Recife, 1990, 140p.
- MOLLE, F. Perdas por evaporação e infiltração em pequenos açudes. Recife, SUDENE-DPG-PRN-GT.HME, 1989. 172p. (Brasil. SUDENE. Hidrologia, 25). "Convênio SUDENE/ COOPERAÇÃO FRANCESA".
- REBOUÇAS, A.da Cunha. "As águas subterrâneas do Nordeste. Estimativas preliminares", SUDENE, Recife, 1966, 25p.
- ROSADO, Vingt-un. org. Livros da Seca , Nº12 (in Coleção Mossoroense, Série C)

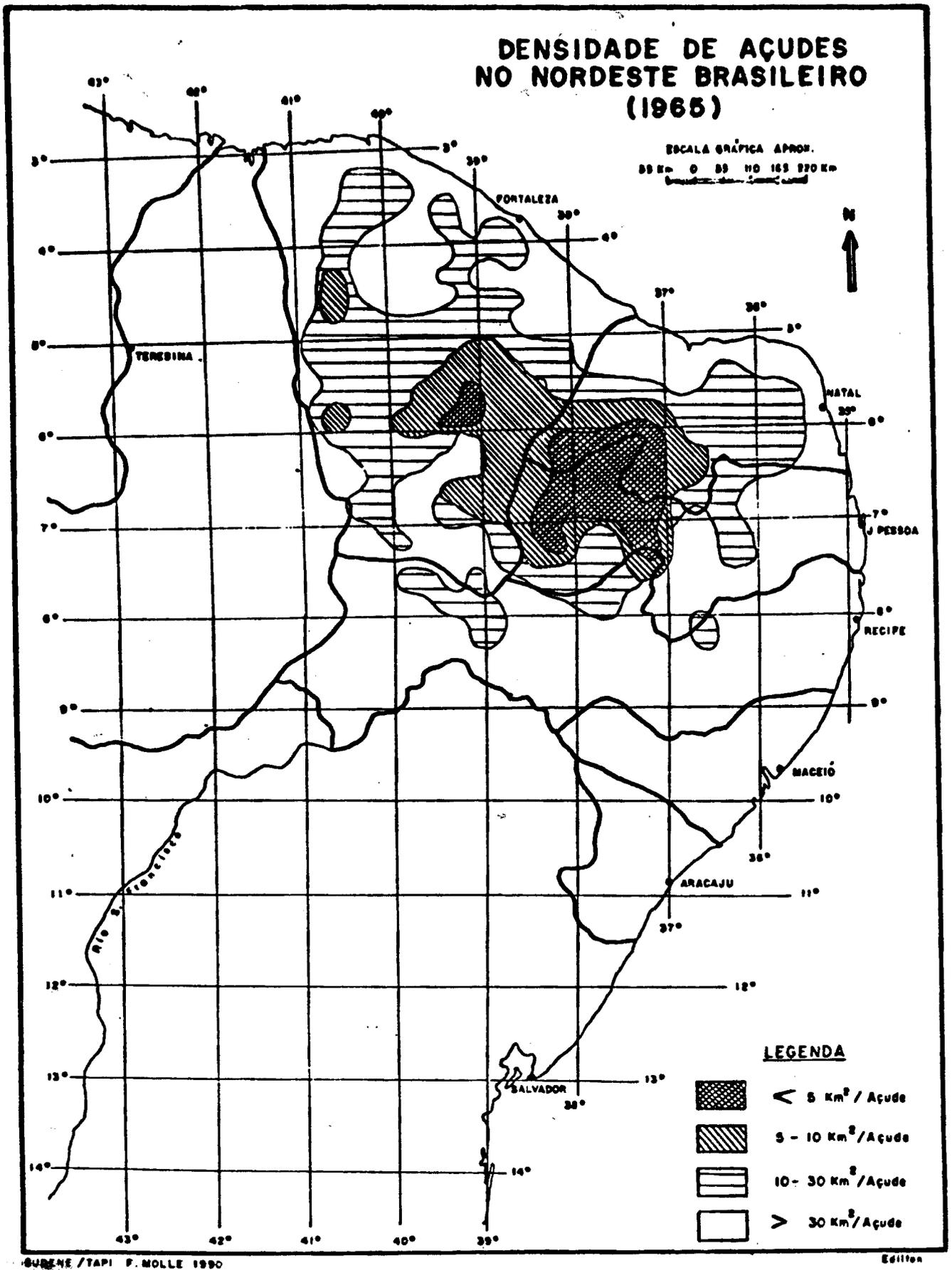


FIG. 1 DENSITÉ D'AÇUDES DANS LE NORDESTE BRÉSILIEN (1965)



# EVOLUCAO DOS FATORES DE CONCENTRACAO PARA UM ACUDE UTILIZADO COM IRRIGACAO

(CULTIVO DE TOMATE NO PERIODO SECO)

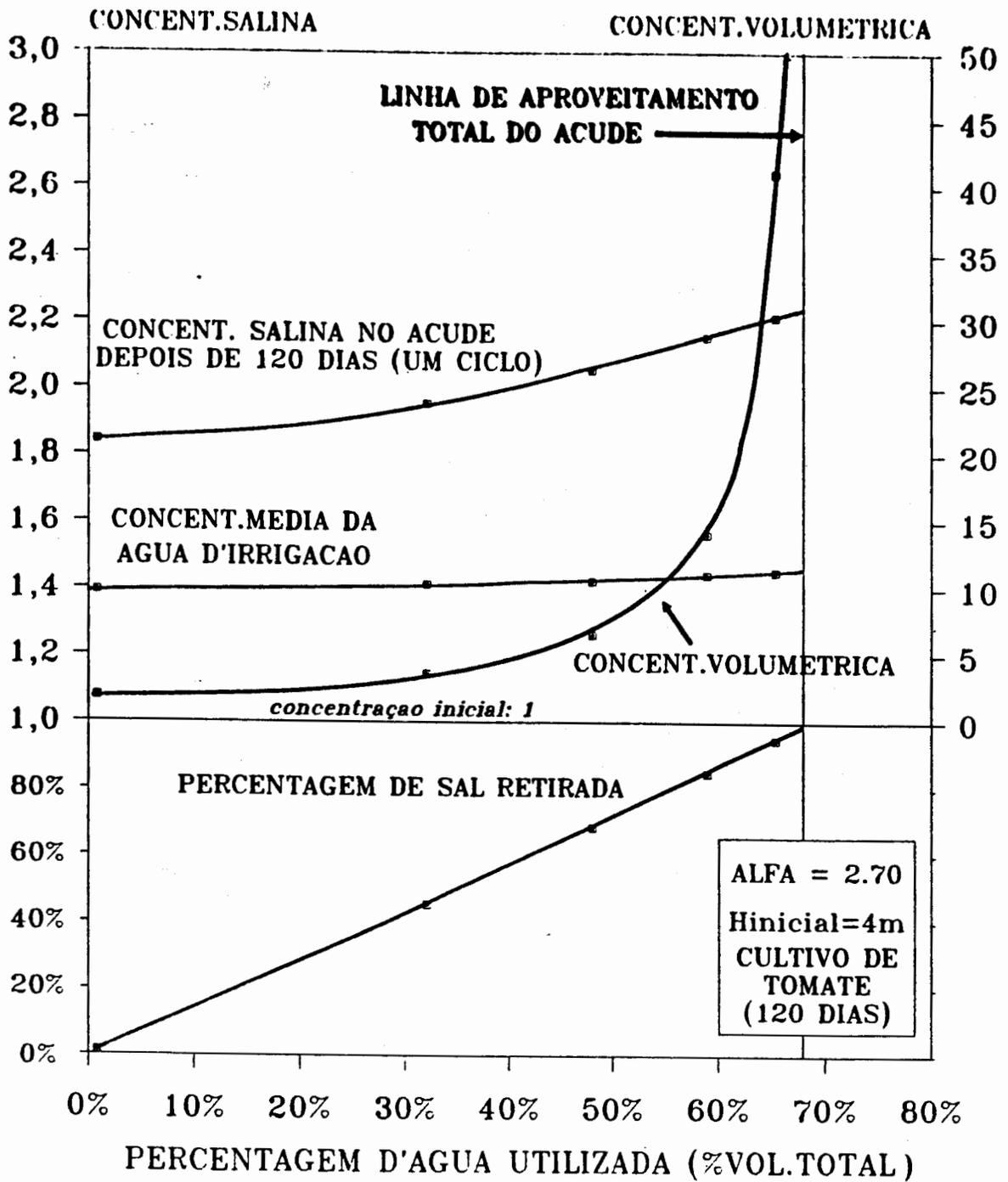


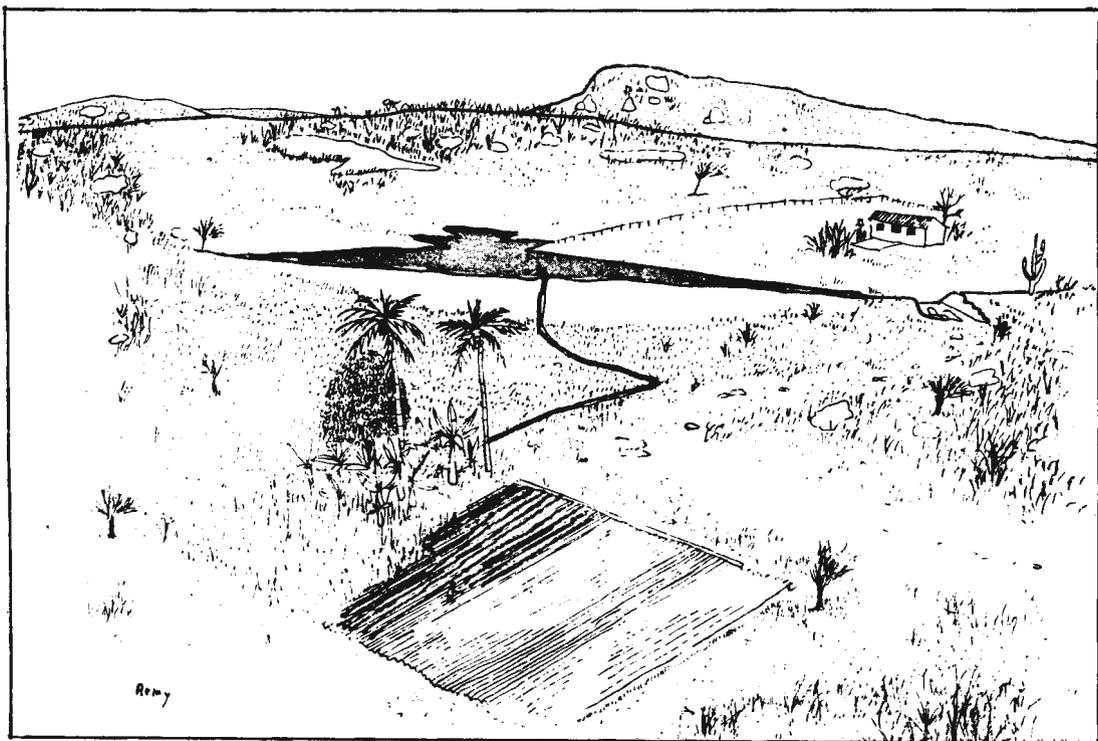
Fig.3

RFSCON.CHT

EVOLUTION DES FACTEURS DE CONCENTRATION SALINE (CAS D'UN ACUDE UTILISÉ POUR L'IRRIGATION).

# SEMINAIRE FRANCO-BRESILIEN SUR LA PETITE IRRIGATION - RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT -

*Communications présentées par les équipes françaises*



RECIFE 11-13 DECEMBRE 1990

Organisé à la SUDENE (Surintendance de développement du Nordeste) avec l'appui de l'AMBASSADE DE FRANCE (Service Culturel Scientifique et de Coopération).